

만성기 편마비 환자에서 상지 운동기능 회복에 대한 기능적 전기자극 치료의 효과

김정화*, 윤용순**, 정복희***

*전주예수병원 재활의학과 작업치료실

**전주예수병원 재활의학과

***호원대학교 보건복지대학 작업치료학과

국문초록

목적 : 만성기 편마비 환자에서 상지 운동기능 회복을 위한 기능적 전기자극의 효과를 알아보고자 하였다.

연구방법 : 신경학적으로 더 이상의 회복을 기대할 수 없는 발병 후 12개월 이상이 경과된 만성기 편마비 환자 18명을 대상으로 하였다. 편마비측에 4주 동안 전기자극 치료의 적용 없이 기능의 변화를 평가하였고, 이후 4주간은 전기자극 치료를 1회 20분, 1일 1회, 주 5일간 마비측 상지에 적용하여 기능의 변화, 동작을 분석하였다. 전기자극은 수지의 파악, 주관절의 굴곡, 주관절의 신전, 수지의 이완 등의 순서로 식사동작을 모방하여 작동되도록 조작하였다. 상지의 기능회복정도를 측정하기 위하여 수지 근력, 상지의 근력 측정과 Fugl-Meyer 운동기능 평가를 실시하였고, 인지 및 지각능력을 평가하였으며, 정량 분석을 위하여 삼차원 동작 분석기(CMS10 measuring system)를 이용하여 상지의 동작을 분석하였다.

결과 : 전기자극을 적용하기 전에서는 편마비측 수지 및 상지의 근력과 Fugl-Meyer 운동기능에서 유의한 변화가 없었으며, 기능적 전기자극을 적용한 경우에 치료 전에 비해 치료 후에 편마비측 견관절과 주관절의 굴곡, 완관절의 신전 근력이 증가하였으며, 수지 근력, Fugl-Meyer 운동기능 평가에서 유의한 호전이 관찰되었다($p<.05$). 삼차원 동작 분석기를 이용한 상지 기능의 평가에서 회내-회외운동 동작에서 진폭과 진동수의 유의한 증가가 보였으며, 변이도의 유의한 감소가 관찰되었다. 검지 두드리기와 손바닥 두드리기 동작에서는 진동수의 유의한 증가와 변이도의 유의한 감소가 관찰되었다($p<.05$).

결론 : 발병 후 12개월 이상이 경과된 만성기 편마비 환자에서 마비측 상지에 대한 기능적 전기자극 치료는 상지 운동기능의 호전에 유의한 효과를 보였다.

주제어 : 기능적 전기자극, 동작분석, 만성기 뇌졸중, 상지 기능

I. 서 론

뇌경색이나 뇌출혈 후 상지 기능의 자발적 회복은 발생 후 3개월 이내에 가장 빠르고, 6개월 이후부터는 회복의 속도가 느려지며, 1년이 경과 되면 신경학적 회복

은 정체기(plateau)에 이르게 된다. 회복이 정점에 이르렀지만 뇌졸중 환자의 약 55~80%에서는 상지 기능 장애를 지속적으로 갖게 된다(Nakayama, Jorgensen, Raaschou, & Olsen, 1994).

상지 기능은 마비에서 견관절과 주관절의 근위부 근

본 연구는 호원대학교 학술연구비로 수행되었습니다.

교신저자 : 정복희 (idnabi@empal.com)

|| 접수일: 2008. 10. 30

|| 게재승인일: 2008. 12. 10

력이 회복되더라도 수지관절과 수부의 기능이 회복되지 않으면 상지를 이용한 일상생활활동 수행에 제한이 따른다. 그러므로 만성기 편마비 환자의 상지 기능의 회복에서 수지관절과 수지의 신전기능 회복은 중요한 회복과정이다(Cauraugh, Light, Kim, Thigpen, & Behrman, 2000).

지금까지 편마비 환자의 상지 기능의 향상을 위해서 Electrical Muscle Stimulation(EMS)의 적용, 능동적 근수축을 동반한 전기자극 치료(양충용과 신용일, 2006), 생체 되먹이 기법, 동작연상(motor image), 강제유도운동치료(박수현과 유은영, 2004), 자극을 이용하는 촉진기법(Logigian, Samuels, Falconer, & Zagar, 1983; Wagenaar et al., 1990), 근전도를 통한 전기자극(이경무, 한태륜과 성덕현, 1990), 경두개 직류 전기자극, 대립연합 전기자극(paired associated stimulation), 로봇을 이용한 재활치료 등 다양한 방법들이 시도되고 있다. 이러한 여러 치료방법들은 급성기에 비해 발병 후 6개월 이상이 경과한 만성기 환자의 경우 상지 기능에 대한 회복효과가 불분명하며(Basemajian, 1989; Basemajian et al., 1987), 그로 인하여 더 나은 치료방법을 찾기 위하여 많은 연구가 진행되고 있다.

위의 여러 가지 치료에 비하여 전기자극기가 연결된 표면전극을 이용하여 마비된 사지의 신경-근육을 자극하여 움직임을 이끌어내는 기능적 전기자극(Functional Electrical Stimulation : FES)은 급성기 환자뿐만 아니라 만성기 환자들에 있어서도 기능의 증진을 위하여 광범위하게 사용되고 있다.

일반적으로 FES는 보행기능의 향상을 위하여 하지에 적용되고 있으며, 이는 상지에서는 복잡한 일상생활활동을 유도해야 하는 어려움에 비해 하지에서는 보행 동작이 단순하고 보행도중 적용하기가 용이하기 때문이다. 그러므로 상지에 대한 FES의 치료는 보통 견관절 아탈구 진행 방지나 완관절의 신전 움직임을 유도하는 단순화된 동작에 대한 치료가 일반적으로 행해지고 있다.

지금껏 만성기 편마비 환자의 상지 기능에 대한 FES의 효과에 대한 연구는 제한적이다. Cauraugh 등(2000)은 발병 후 12개월이 경과된 7명의 뇌졸중 환자를 대상으로 수근관절과 수부의 신전을 유도하는 근전도유발 전기자극을 시행하여 수부기능의 호전을 보고하였으나 객관적이고 정량적인 평가는 부족하였다. 상지에서 단일관절이 아닌 두 개 이상의 관절에 대한 FES의 적용은

수부의 신전과 견관절의 굴곡을 유발하는 근력-보조 FES(power-assisted FES)을 가정치료에 적용하여 근력의 증가와 관절가동범위의 증가, 경직의 호전을 보고하였으나 수부 기능에 대한 평가는 없다(Hara, Ogawa, Tsujiuchi, & Muraoka, 2008).

이에 저자들은 뇌병변 발병 후 12개월 이상이 경과된 만성기 편마비 환자에서 마비측 상지에 FES를 적용하여 마비측 수지, 완관절, 주관절, 견관절의 상지 관절에서 상지 근력, 운동기능의 평가, 삼차원 동작 분석의 객관적이고 정량적 방법을 통해 상지 운동기능의 회복에 대한 FES의 효과를 알아보고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

연구 대상은 2007년 7월부터 2008년 3월까지 지역병원에 입원하였던 뇌졸중과 뇌손상의 진단 후 12개월이 경과된 만성기 편마비 환자 18명을 대상으로 하였다. 환자에게 연구 방법과 부작용 등을 설명하였고, 사전 동의를 구한 지원자를 대상으로 하였다.

연구에 참여 기준은 이환된 상지의 견관절, 주관절, 완관절에서 도수근력 검사 상 1/5 이상 3/5 이하의 근력을 보이는 경우, 견관절, 주관절, 완관절의 수동적 혹은 능동적 운동수행 시 통증 없이 가동운동의 수행이 가능한 경우, 수정 애쉬워스 척도(Modified Ashworth Scale : MAS) 평가에서 0단계에서 2단계 사이의 중등도 이하의 경직이 있는 경우, 전일 교육하고 지시한 내용을 수행할 수 있는 경우를 대상으로 하였다.

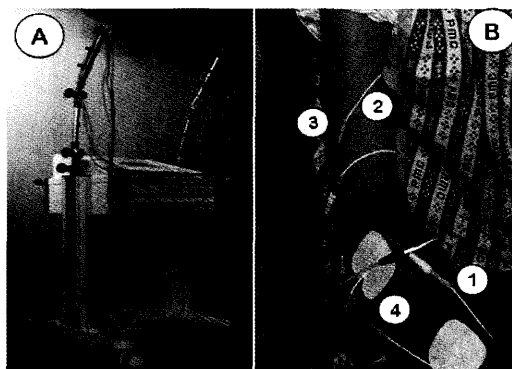
최대 강도의 전기자극에도 상지 관절의 움직임을 나타내지 않는 경우, 인지기능 저하로 검사자의 지시에 협조하지 못하는 경우, 상지 관절운동 범위의 제한이나 구축이 발생된 경우, 이환된 상지의 외상이나 골절이 있는 경우, 이전의 뇌졸중 병력이 있었거나 신경근육계 질환이 있었던 경우, 최근 12개월 이내에 수술적 처치나 보툴리눔 독소를 이용한 화학적 탈신경치료를 편마비측 상지에 받은 경우, 전기자극 부위에 심한 피부병이나 심혈관 질환이 있었거나 간질의 기왕력 등의 전기자극 치료의 금기 사항을 가진 경우(박창일과 문재호, 2007) 등은 대상에서 제외하였다.

2. 연구 방법

신경학적 검사, 영상학적 검사 및 전기생리적 검사에 의해 신경학적으로 더 이상의 회복을 기대할 수 없는 발병 후 12개월 이상이 경과된 만성기 편마비 환자 18명을 대상으로 하였다. 연구방법은 전기자극 치료를 적용하기 전의 4주간의 상지 기능의 변화를 평가한 후(A-실험방식), 동일한 환자에서 전기자극 치료를 4주간 적용하여 상지 기능의 변화를 평가(B-실험방식)하는 A-B 실험방법을 사용하였다. 질환의 특성상 만성기 환자에서 전기자극을 치료를 시행하지 않는 대조군 연구는 대상 환자 모두가 전기자극 치료를 받기를 원하며, 전기자극기를 적용한 후 전기자극을 가하지 않는 방식으로는 맹검성 대조군의 성립이 불가능하여, 본 연구에서는 동일한 환자에서 동일기간 동안 마비측 상지에 전기자극 치료를 가하지 않았을 때와 이후 전기자극을 가했을 때에 상지에서의 기능적 변화를 추적하여 평가하였다. 구체적으로는 편마비측 상지에 FES 치료의 적용이 없을 때는 상지의 기능적 호전이 없을 것이라는 가정하에 연구시작 4주 후 상지 기능의 변화를 평가하였고(A-실험방식), 이후 4주간은 FES 치료를 1회 20분, 1일 1회, 주 5일간 마비측 상지에 적용하여 기능의 변화, 동작을 분석하였다(B-실험방식). A-실험방식과 B-실험방식이 진행되는 총 8주 동안 대상 환자에게 기존의 재활운동 치료를 적용하였다. 재활운동 치료는 신경발달 치료에 근거한 치료로써 1일 1회, 주 5회, 20분간 실시하였다. B-실험방식이 진행되는 기간에는 FES치료를 추가하였다. 연구기간 동안 재활 치

료 횟수 및 약물의 용량 변경은 없도록 하였다.

전기자극은 수지의 파악, 주관절의 굴곡, 주관절의 신전, 수지의 이완 등의 순서로 식사동작을 모방하여 작동되도록 조작하였다. 연구에 사용된 FES 치료기는 CMMX-001A[®] (Cybermedic Inc., Iksan, Korea)를 이용하였고, 4 채널방식으로 4×4 cm의 표면전극을 이용하여 채널 1은 이완된 상지의 요측수근굴근(flexor carpi radialis)부위, 채널 2는 상완이두근(biceps brachii)부위, 채널 3은 상완삼두근(triceps brachii)부위, 채널 4는 요측수근신근(extensor carpi radialis)부위에 부착하였다(그림 1). 파형은 이상성파(biphasic wave)를 이용하여 자극 빈도는 35 Hz, 자극 폭(pulse width)은 200 μ sec, 치료 파형의 전체 시간은 12 초로 설정하였으며, 채널 1부터 채널 4까지 순차적으로 전기자극이 가해지도록 하였고, 채널 1은 채널 3의 자극이 끝날 때까지 자극하고 채널 4가 자극을 시작하면 중단되도록 하여 수부와 수지의 굴곡 후 주관절의 굴곡, 주관절의 신전을 순차적으로 유발하고, 그 다음에 수부와 수지의 이완을 유발하였다. 자극 강도는 근수축에 의해 각 관절에서 관절 운동이 일어나는 강도를 사용하였으며, 전기자극 치료 적용 동안 불편감과 통증, 근육의 경련, 근피로가 일어나지 않는 범위의 강도로써 평균 15 mA에서 35 mA의 강도를 적용하였다. 전기자극으로 인해 환자의 상지 근육에 수축이 일어나는 동안 환자에게 능동적 힘을 가해서 전기자극과 능동적 관절 운동이 함께 발생되도록 훈련하였으며, 전기자극 동안 일상생활 동작 특히 식사 동작 등을 수행하여 FES 치료가 이뤄지도록 치료기간 동안 치료사에 의해 지속적인 독려와 관찰이 있도록 하였다.



그림은 FES 치료기 (CMMX-001A[®])와 이완된 상지의 요측수근굴근 부위(1, 채널 1), 상완이두근 부위(2, 채널 2), 상완삼두근 부위(3, 채널 3), 요측수근신근 부위(4, 채널 4)에 부착된 표면 전극을 보여주고 있음.

그림 1. FES 치료기(A)와 편마비측 상지에 대한 표면전극의 부착(B)

3. 평가 방법 및 분석

상지의 기능회복 정도를 측정하기 위하여 상지의 기능을 전반적으로 반영하며 객관적이고 정량적 평가가 포함되도록 연구목적에 맞는 평가 방법이 선택되도록 하여 신뢰도를 높였다. 따라서 상지의 근력 측정, 수지의 파악력과 측면 집기력 측정, 상지의 운동 기능, 인지 및 지각 능력을 평가하였으며, 정량 분석을 위하여 삼차원 동작 분석기를 이용하여 상지의 동작을 분석하였다. 모든 평가는 평가의 일치성을 위하여 본 연구과제를 충분히 이해한 한 명의 작업 치료사가 시행하였다.

1) 상지의 도수근력 평가

상지의 움직임 중에서 일상생활활동 수행시 많이 사용되는 견관절의 굴곡근과 주관절의 굴곡근, 완관절의 신전근에 대한 근력을 도수근력 평가 방법을 이용하여 치료 전과 후에 평가하였다.

2) 수지의 파악력과 측면 집기력 평가

치료 전과 치료 후의 수지의 근력평가로 파악력(JAMAR hydraulic hand dynamometer[®]), 측면 집기력(pinch gauge)을 측정하였다. 수지의 근력을 평가하기 위한 자세는 어깨에서 내전 및 중립자세를, 팔꿈치에서 90도 굴곡, 전완에서 중립, 손목에서 0도 신전자세로 평가를 시행하였고, 악력과 측면 집기력의 최대 근력을 각 손마다 3회 측정하여 측정값의 평균값을 기록하였다. 파악력은 최대 등척성 악력을 측정하였으며, 악력기 손잡이를 가법계 전 상태에서 최대 악력으로 힘을 가해 평가하였고, 측면 집기력은 엄지의 바닥과 검지 중간지절의 측면을 이용하여 최대 등척성 측면 집기력을 측정하였다.

3) 상지의 운동 기능 평가

상지 운동 기능을 평가하기 위하여 Fugl-Meyer 운동 기능 평가(Fugl-Meyer Assessment of motor function, FMA)를 이용하여 상지 기능의 정도를 파악하였다. FMA는 뇌졸중 이후의 운동기능 등을 평가하기 위해 고안되었으며, 운동기능과 균형, 감각, 수동 관절가동 범위와 관절 통증 등의 세부부분으로 구성되어있다(Fugl-Meyer, Jaasko, & Leyman, 1975). Brunnstrom의 편마비 분류를 적용하였으며 뇌졸중 후의 실제적인 운동회복과 일치한

다(Fugl-Meyer et al., 1975). 상지 운동기능의 최고점수는 66점이다.

4) 인지 및 지각 검사

FES 치료 후 수지 및 상지 기능의 회복이 있는 경우 인지 및 지각 능력의 호전에 의해 상지 기능 회복이 영향을 받았는지를 조사하기 위하여 치료 전과 치료 후에 운동성 배제 시지각 검사(Motor-Free Visual Perception Test : MVPT)와 한국판 간이 정신상태 검사(Mini-Mental State Exam-Korea version : MMSE-K)를 실시하였다. MVPT는 시지각 영역을 평가하는 표준화된 도구로써 모든 문제는 4지 선다형으로 구성되어 1점씩 계산되어 최대점수는 36점이다. 각 항목은 시각적 구분, 전경-배경 구분, 대상 항상성(형태 항구성), 시각적 기억, 시각적 폐쇄, 공간관계 지각 등의 6가지 영역으로 구성된다(Bouska & Kwantny, 1983). MMSE-K는 단시간내 환자의 전반적인 인지기능을 평가하는 도구로써 최대 점수는 30점이다. 세부항목은 지남력, 기억등록, 기억회상, 주의집중 및 계산, 언어기능, 이해 및 판단 등의 6가지 항목으로 구성되어있다(권용철과 박종한, 1989; Folstein, Folstein, & McHugh, 1975).

5) 삼차원 동작 분석기를 이용한 상지 기능의 정량적 평가

상지 운동 분석을 위하여 초음파를 이용한 삼차원 동작측정 장비인 CMS10 Measuring System[®](Zebis Medical GmbH, Isny, Germany)을 사용하여 수부 및 상지의 정량적 변화를 구하였다(Budzianowska & Honeczarenko, 2008). 상지 동작 분석은 3가지의 동작을 수행하고, 매 10회 이상 측정하여 자료를 얻었다. 이는 손바닥 두드리기(hand tap), 검지 두드리기(finger tap), 수부의 회내-회외반복운동(pronation-supination repetition movement)의 세가지 동작으로 구성되었으며, 동작 수행시는 최대 속도로 실시하여 측정하였다(그림 2).

4. 통계 분석

통계학적 분석은 SPSS 10.0프로그램을 이용하였으며, 치료의 효과에 대하여 A-실험방식은 실험 시작 전(첫번째 평가)과 4주 후(두번째 평가)에, 이후 B-실험방식은

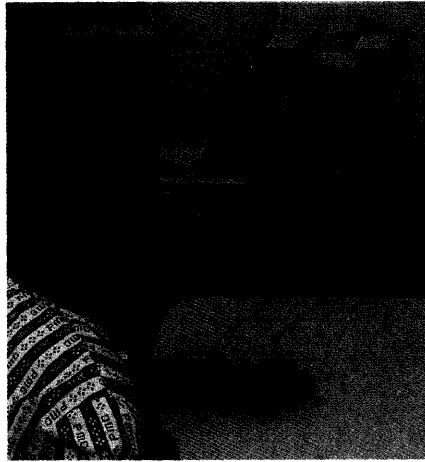


그림 2. 삼차원 운동 동작 측정 장비를 이용한 검지 두드리기 동작 검사

FES 치료를 4주간 가한 치료 후(3번째 평가)와 B-실험 방식의 실험전 평가인 A-실험방식의 4주 후의 평가결과(2번째 평가)를 서로 비교하여 치료효과에 대한 유의성을 평가하였다.

통계의 분석은 치료 전과 치료 후의 근력변화, FMA, MVPT, MMSE-K, 동작 분석의 각 운동의 변화 대해 Wilcoxon signed rank test을 이용하여 분석하였다. 통계 분석 결과의 유의확률은 p 값이 .05 이하인 경우를 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 판정하였다.

III. 연구 결과

1. 일반적 특성

발병 후 12개월이 경과된 만성기 편마비 환자 18명을 대상으로 하였으며, 남자는 8명, 여자는 10명이었고, 평균 연령은 62.8세였다. 대상의 구성은 발병원인에 따라 뇌출혈 8명, 뇌경색 9명, 외상성 뇌손상 1명이었으며, 우측 편마비가 10명, 좌측 편마비가 8명이었다. 평균 유병 기간은 14.1개월이었다(표 1).

2. 상지의 도수근력 평가

편마비측 견관절 굴곡근, 주관절 굴곡근, 완관절 신전근에 대한 상지의 도수근력평가를 시행하였다.

A-실험방식에 의해 4주 후에 상지의 근력 평가시 모든

항목에서 유의한 호전을 관찰할 수 없었다($p > .05$)(표 2).

이후 FES를 적용한 B-실험방식에 의해 4주 후에 상지의 근력 평가시 실험전에 비해 상지의 견관절 굴곡근, 주관절 굴곡근, 완관절 신전근의 근력이 유의하게 증가되었다($p < .05$)(표 2).

3. 수지의 파악력과 측면 집기력 평가

편마비측 수지의 파악력, 측면 집기력에 대한 수지 근력 평가를 시행하였다.

A-실험방식에 의해 4주 후에 수지의 파악력과 측면 집기력 평가시 수지의 모든 항목에서 유의한 호전을 관찰할 수 없었다($p > .05$)(표 2).

이후 FES를 적용한 B-실험방식에 의해 4주 후에 수지의 근력 평가시 파악력과 측면 집기력도 FES치료 4주 후에 실험전에 비해 유의하게 증가되었다($p < .05$)(표 2).

4. 상지의 운동 기능 평가

편마비측 상지 기능을 평가하기 위하여 FMA를 이용하여 상지 기능의 정도를 파악하였다.

A-실험방식에 의해 4주 후에 FMA 평가시 유의한 호전을 관찰할 수 없었다($p > .05$)(표 2).

이후 FES를 적용한 B-실험방식에 의해 4주후에 근력 평가시 실험전에 비해 FMA에서 유의하게 호전되었다($p < .05$)(표 2).

표 1. 대상자의 일반적 특성

특 성	N(%)
대상자의 수	18(100)
성별	
여	10(55.56)
남	8(44.44)
나이 (년)	62.78±15.14
발병원인	
뇌출혈	8(44.44)
뇌경색	9(50.00)
외상성 뇌손상	1(5.56)
유병기간 (개월)	14.11±4.55
마비부위	
우측마비	10(55.56)
좌측마비	8(44.44)

표 2. 상지의 근력, 수지의 근력, 상지 운동 기능 평가, 인지-지각 검사

(단위: M ± SD)

평가 항목	A-실험방식			B-실험방식		
	실험 전	실험 후	p value	실험 전	실험 후	p value
상지 도수근력평가						
견관절 굴곡	2.20±1.22	2.22±1.23	.961	2.22±1.23	2.53±0.78	.046*
주관절 굴곡	2.13±0.98	2.15±1.15	.956	2.15±1.15	2.48±1.34	.048*
완관절 신전	1.67±1.22	1.70±1.32	.944	1.70±1.32	2.28±1.45	.021*
수지 근력 평가						
파악력 (lbs)	12.15±3.98	12.34±4.01	.887	12.34±4.01	21.15±7.25	.009*
측면집기력 (lbs)	7.49±3.21	7.54±3.12	.963	7.54±3.12	10.00±9.24	.034*
상지 운동 기능 평가						
Fugl-Meyer 검사	18.09±5.68	18.12±6.55	.705	18.12±6.55	22.71±6.52	.024*
인지, 지각 검사						
MMSE-K	19.12±8.24	19.00±8.57	.966	19.00±8.57	19.23±7.85	.895
MVPT	26.79±8.21	26.88±8.32	.974	26.88±8.32	28.12±9.10	.783

*p<.05 by Wilcoxon signed rank test

MMSE-K: Mini-Mental State Exam-Korea version

MVPT: Motor free Visual Perception Test

표 3. 수부와 상지의 동작 분석 (B-실험방식)

(단위: M $\pm$ SD)

평가 항목	실험 전	실험 후	p value
회내-회외반복 운동			
진폭(각도)	119.17 $\pm$ 85.23	144.58 $\pm$ 95.58	.008*
변이도(%)	15.90 $\pm$ 11.23	5.81 $\pm$ 1.34	.002*
진동수(Hz)	1.99 $\pm$ 1.11	2.12 $\pm$ 1.28	.025
손바닥 두드리기			
진폭(각도)	23.24 $\pm$ 10.11	21.25 $\pm$ 10.58	.729
변이도(%)	41.02 $\pm$ 38.12	10.46 $\pm$ 8.89	.000*
진동수(Hz)	2.20 $\pm$ 1.51	2.68 $\pm$ 1.13	.009*
검지 두드리기			
진폭(각도)	25.82 $\pm$ 10.52	24.58 $\pm$ 9.89	.759
변이도(%)	17.52 $\pm$ 7.34	8.58 $\pm$ 5.06	.001*
진동수(Hz)	2.38 $\pm$ 3.23	3.23 $\pm$ 1.25	.012*

*p<.05 by Wilcoxon signed rank test

5. 인지 및 지각 검사

상지 기능 회복에 대한 인지 및 지각 기능의 영향을 조사하기 위하여 MVPT와 MMSE-K를 실시하였다.

A-실험방식에 의해 4주후에 MVPT와 MMSE-K 평가시 유의한 호전을 관찰할 수 없었다(p>.05)(표 2).

이후 FES를 적용한 B-실험방식에 의해 4주후에 MVPT와 MMSE-K 평가시 실험전에 비해 두 평가 모두에서 유의한 호전을 관찰할 수 없었다(p>.05)(표 2).

6. 삼차원 동작 분석기를 이용한 상지 기능의 정량적 평가

상지 운동 분석을 위하여 CMS10 Measuring System®을 사용하여 동작 분석을 시행하였으며, 동작 분석은 FES를 적용한 B-실험방식에 경우에만 적용하였다.

회내-회외운동 반복 동작에서 진폭(amplitude)과 진동수(frequency) 유의한 증가가 보였으며, 변이도(variability)의 유의한 감소가 관찰되었다(p<.05)(표 3). 검지 두드리기와 손바닥 두드리기 동작에서는 진동수의 유의한 증가와 변이도의 유의한 감소가 관찰되었다(p<.05)(표 3).

IV. 고 찰

본 연구는 발병 후 12개월 이상이 경과된 만성기 편마비 환자에서 수지와 완관절, 주관절, 견관절의 상지 운동 기능 회복에 대한 FES의 효과를 상지 근력 및 운동기능의 평가, 삼차원 동작 분석을 통해 알아본 최초의 연구이다.

FES 치료는 Liberson, Holmquest, Scott와 Dow(1961)이 뇌졸중 환자의 보행훈련을 위하여 비골신경에 적용한 연구를 처음 보고 하였다. 이후 많은 연구와 개발과정을 통해서 FES는 마비된 근육에 전기자극을 주어 근력을 증진시키는 협의의 FES과 운동범위의 개선, 기능에 필요한 근육의 선택적 강화(이명예, 2004; 진미령, 박창일과 박은숙, 1995), 경직의 조절(박창일 등, 1996)은 일상 생활 활동의 향상에 필요한 기능의 호전을 통하여 일상 생활의 개선을 유도하는 광의의 FES으로 발전하였다.

FES의 실제적인 효과는 운동 신경원 대한 직접적인 자극으로 근육의 수축을 유발하여 발생하는 근력의 강화, 구심성 자극에 의한 경직의 감소, 고유수용감각 자극이 체성감각피질에 전달되어 형성되는 감각운동회로에 의한 대뇌피질의 재조직화로 인한 기능개선, 시각적 효과에 의한 뇌먹임 작용과 수의적 운동을 위한 인지기능

의 개입 등에 의해 일어나게 된다(Chae, Fang, Walker, & Pourmehdi, 2001; Kraft, Fitts, & Hammond, 1992).

FES의 상지에 대한 적용은 하지보다 효과가 적은 것으로 알려져 있다. 이는 상지 기능의 회복과정에서 나타나는 굴근협력작용(flexion synergy)이 상지의 기능을 수행하는 동안에 손목과 손가락의 신전을 어렵게 하는데, 손목과 손가락의 신전은 일상생활 동작에서 매우 중요한 요인이다(Cauraugh et al., 2000), 또한 FES가 하지에 많이 적용되는 보행 동작은 자세의 유지와 한 방향으로의 동작에 적용되는 반면 상지의 경우 기능의 수행에 있어서 매우 복잡하여 여러 방향의 운동과 미세한 운동의 조절 및 협응력과 민첩성, 다양한 감각기능이 요구되기 때문이다(김진호, 한태륜과 이시욱, 1993).

편마비 환자의 상지 기능의 회복을 위하여 시행하는 FES에 있어 윤용순, 강지영과 김정화(2008)는 아급성기 환자를 대상으로 한 FES는 하나의 관절에 적용하는 것 보다는 다중관절에 적용하는 것이 더 나은 기능호전을 보인다고 보고 하였으며, 김덕용, 박창일과 나상일(2001)은 뇌졸중 발병 후 FES로 견관절 아탈구 수직거리가 감소함을 보고하였는데, FES가 위약한 어깨 근육의 회복을 촉진하여 근육의 긴장도를 증가시켜서 견관절 아탈구를 줄인다고 하였다. 양충용, 주민철, 길은영, 김현수와 신용일(2006)은, 환자의 능동적 운동에 의해 자극이 시작되는 근전도유발 전기자극치료가 급성기 뇌졸중 환자의 견관절 아탈구를 호전시킴을 보고하여 전기자극 치료에서 능동적 참여의 중요성을 보고하였다. 그러나 위의 연구들에서는 대부분 급성기와 아급성기의 환자들을 대상으로 하였으며, 만성기 환자들에 대한 연구는 Cauraugh 등(2000)이 발병 후 12개월이 지난 환자들을 대상으로 손목과 손가락 신전에 근전도유발 전기자극치료를 적용하여 상지와 블록 검사결과 등척성 운동에서 호전된 결과를 얻었으나 연구 대상의 수가 적었고 전반적인 상지 기능에 대한 평가는 없었다.

본 연구에서는 신경학적 검사, 영상학적 검사, 전기생리학적 검사에 기초하여 신경학적으로 더 이상의 회복을 기대할 수 없는 발병 후 12개월 이상이 경과된 만성기 편마비 환자를 대상으로 하였으며, 이는 4주간의 고식적인 재활운동 치료 후에 수지 파악력 및 측면 집기력, 상지 근력, FMA를 통한 상지 기능 평가에서 유의한 변화가 관찰되지 않아 신경학적 회복의 정체를 확인하였다(A-

실험방식). 이후 이러한 만성기 환자에서 4주간의 FES 치료를 적용하였을 때(B-실험방식), 근력 평가에서 견관절, 주관절, 완관절, 수지 파악력, 측면 집기력, FMA를 통한 상지 기능 평가 등의 모든 항목에서 호전되었는데, 이는 비록 만성기 환자에서도 FES 치료와 동시에 환자의 능동적 동작 조작 노력에 의해 근력과 기능의 호전을 기대할 수 있을 것으로 생각한다. 또한 동작의 정량적 측정을 위해 시행한 동작 분석에서도 회내-회외운동 반복 동작, 검지 두드리기와 손바닥 두드리기 동작 등에서 규칙적이고 빠른 동작이 이뤄져서 유의한 동작의 질적 호전이 관찰되었다.

본 연구의 결과를 기초로 하여 향후 신경학적으로 더 이상의 회복을 기대할 수 없는 발병 후 12개월 이상이 경과된 만성기 뇌질환 환자에서 연하 FES 치료를 적용하여 효과적인 기능 회복을 도모할 수 있을 것으로 생각하며, 따라서 뇌졸중 후 만성기 연하장애 환자에서도 연하 FES 치료, 구강 운동성 강화 훈련 등의 적극적인 작업치료적 중재(intervention)가 필요할 것으로 생각한다.

FES 치료 후 이러한 수부 및 상지 기능의 회복에 인지 및 지각기능의 영향을 조사하였을 때 비록 운동기능 회복에 수의적 운동을 위한 인지기능의 개입 등이 관여될 수 있으나(Chae et al., 2001; Kraft et al., 1992), A-실험방식과 B-실험방식 모두에서 유의한 변화가 관찰되지 않아 이미 어느 정도로 인지 및 지각 능력이 회복된 만성기의 경우에서 추가적인 인지 및 지각 능력의 호전이 수부 및 상지 기능의 회복에 절대적인 필요조건은 아님을 추정할 수 있었다.

그러나 본 연구는 대조군을 이용한 비교 연구가 아닌 단일 대상군의 A-B 방식의 단일 다리(bridge)연구로써 향후에는 보다 대단위의 참여자를 대상으로 한 대조연구가 필요할 것으로 생각한다. 또한 FES 치료 종료 후의 장기간(carry over) 효과의 지속을 평가하기 위한 잘 디자인된 연구가 필요하며, 근력의 향상에 대한 전기생리학적 측정과 영상의학적 평가 등을 이용한 추가적 정량적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 발병 후 12개월 이상이 경과된 만성기 편마비 환자에서 수지와 완관절, 주관절, 견관절의 상지 운동

기능 회복에 대한 FES의 효과를 상지 근력 및 운동기능의 평가, 삼차원 동작 분석을 통해 알아보하고자 하였다. 전기자극 치료를 적용하기 전 고식적 재활운동 치료를 4주간 작용하였을 때는 수지, 상지의 근력 및 상지 운동기능에서 호전이 관찰 되지 않았으며, 고식적 재활운동 치료와 FES를 4주간 편마비측 상지에 적용하였을 때, 편마비측 견관절 굴곡, 주관절 굴곡, 완관절 신전의 근력, 파악력 및 측면 집기력이 유의하게 증가하였고, 운동기능 평가 및 상지 동작 분석에서 운동기능 및 운동의 질적 변화에서 유의한 호전을 보였다.

따라서, 만성기 편마비 환자에서 마비측 상지에 대한 FES 치료는 상지 운동기능의 호전에 유의한 효과를 유도하였다.

참 고 문 헌

- 권용철, 박종한. (1989). 노인용 한국판 Mini-Mental State Examination (MMSE-K)의 표준화 연구- 제2편: 구분점 및 진단적 타당도. *신경정신의학*, 28, 508-513.
- 김덕용, 박창일, 나상일. (2001). 뇌졸중 후 편마비 환자의 견관절 아탈구에서 기능적전기자극의 효과. *대한뇌졸중학회지*, 3, 158-163.
- 김진호, 한태륜, 이시욱. (1993). 근전도를 통한 근육 전기자극 요법에 의한 수부기능 향상의 효과에 관한 연구. *대한재활의학회지*, 17, 632-641.
- 이경무, 한태륜, 성덕현. (1990). 뇌졸중 환자에서 근전도를 통한 근육전기자극요법에 관한 연구. *대한재활의학회지*, 14, 53-58.
- 이명예. (2004). 만성 편마비 환자의 피부분절 전기자극이 손기능에 미치는 영향. *대한작업치료학회지*, 12(2), 29-37.
- 박수현, 유은영. (2004). 만성기 편마비 환자에서 상지 운동기능에 대한 기능적 전기자극 치료 효과. *대한작업치료학회지*, 12(1), 123-135.
- 박창일, 신지철, 김유철, 김성우, 김덕용, 서혜정. (1996). 뇌성마비 환자에서 전기자극이 족저굴곡근 경직에 미치는 영향. *대한재활의학회지*, 20, 848-857.
- 박창일, 문재호. (2007). *재활의학*. 서울: 한미의학.
- 양충용, 신용일. (2006). 초기 뇌졸중 후 견관절 아탈구 감소를 위한 전기자극 치료에서 능동적 근수축의 효과. *원광의과학*, 21(1), 159-167.
- 양충용, 주민철, 길은영, 김현수, 신용일. (2006). 뇌졸중 후 견관절 아탈구에 대한 근전도 유발 전기자극 치료의 유용성. *노인병*, 10(1), 28-34.
- 윤용순, 강지영, 김정화. (2008). 편마비환자의 상지 기능 증진을 위한 다중관절 기능적 전기자극-협응성 수의운동과 단일 관절 근육전기자극 치료의 비교. *노인병*, 12(2), 74-81.
- 진미령, 박창일, 박은숙. (1995). 흉수 손상 환자에서 기능적 전기자극에 의한 근력의 변화. *대한재활의학회지*, 19, 620-628.
- Basemajian, J. V. (1989). The winter of our discontent: Breaking intolerable time locks for stroke survivors. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*, 70, 92-94.
- Basemajian, J. V., Gowland, C., Finlayson, A. J., Hall, A. L., Swanson, L. R., Stratford, P. W., et al. (1987). Stroke treatment: Comparison of integrated behavioral-physical therapy vs traditional physical therapy programs. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*, 68, 267-272.
- Bouska, M. J., & Kwatny, E. (1983). *Manual for application of Motor Free Visual Perception Test to the adult population*. Philadelphia: Academic therapy publication.
- Budzianowska, A., & Honczarenko, K. (2008). Assessment of rest tremor in Parkinson's disease. *Neurologia I Neurochirurgia Polska*, 42(1), 12-21.
- Cauraugh, J., Light, K., Kim, S., Thigpen, 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., Fang, Z. P., Walker, M., & Pourmehdi, S. (2001). Intramuscular electromyographically controlled neuromuscular electrical stimulation for upper limb recovery in chronic hemiplegia. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 80(12), 935-941.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). "Mini-Mental state". A practical method for grad-

- ing the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12, 189-198.
- Fugl-Meyer, A. R., Jaasko, L., Leyman, L., Olsson, S., & Steglind, S. (1975). The post-stroke hemiplegic patient. 1. a method for evaluation of physical performance. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 7(1), 13-31.
- Hara, Y., Ogawa, S., Tsujiuchi, K., & Muraoka, Y. (2008). A home-based rehabilitation program for the hemiplegic upper extremity by power-assisted functional electrical stimulation. *Disability and Rehabilitation*, 30(4), 296-304.
- Kraft, G. H., Fitts, S. S., & Hammond, M. C. (1992). Techniques to improve function of the arm and hand in chronic hemiplegia. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 73(3), 220-227.
- Liberson, W. T., Holmquest, H. J., Scot, D., & Dow, M. (1961). Functional electrotherapy: Stimulation of peroneal nerve synchronized with the swing phase of the gait of hemiplegic patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 42, 101-105.
- Logigian, M. K., Samuels, M. A., Falconer, J., & Zagar, R. (1983). Clinical exercise trial for stroke patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 64(8), 364-367.
- Nakayama, H., Jorgensen, H. S., Raaschou, H. O., & Olsen, T. S. (1994). Compensation in recovery of upper extremity function after stroke: The Copenhagen Stroke Study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 75(8), 852-857.
- Wagenaar, R. C., Meijer, O. G., van Wieringen, P. C., Kuik, D. J., Hazenberg, G. J., Lindeboom, J., et al. (1990). The functional recovery of stroke: A comparison between neuro-developmental treatment and the Brunnstrom method. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 2(1), 1-8.

Abstract

The Effects of Functional Electrical Stimulation on Arm Motor Function in Patients With Chronic Hemiplegia

*Kim, Jeoung-Hwa, M.P.H., O.T.,

**Yoon, Yong-Soon, M.S., M.D.,

***Chong, Bok-Hee, M.P.T., O.T.

*Dept. of Occupational Therapy, Presbyterian Medical Center

**Dept. of Physical Medicine and Rehabilitation, Presbyterian Medical Center

***Dept. of Occupational Therapy, College of Heath & Welfare, Howon University

Objective : The purpose of this study was to determine the effects of functional electrical stimulation(FES) on arm motor function in patients with chronic hemiplegia.

Methods : Eighteen consecutive patients who had chronic hemiplegia over 12 months after a stroke attack were included. They received conventional rehabilitation treatment without FES for 4 weeks, and then undertook FES on a hemiplegic arm daily for 20 minutes a session, five days a week, for an additional 4 subsequent weeks. Four channels of FES worked sequentially for such motions as eating. The outcome was assessed using a manual muscle test for arm strength, dynamometer, and pinch gauge for grip and pinch power; the upper extremity subset of the Fugl-Meyer motor Assessment (FMA) for hand function; and CMS10 measuring system for motion analysis at baseline, after 4 weeks and then again after an additional 4 weeks of post-treatment.

Results : In a conventional rehabilitation treatment session without FES, there were no significant changes on finger or arm strength, and FMA ($p>.05$). In the FES session, there was significant increase of arm strength, finger strength, and motor function by FMA after 4 weeks of treatment ($p<.05$). Furthermore, motion analysis showed significantly improved movement qualities on most parameters of pronation-supination movement, hand tapping, and finger tapping motions after 4 weeks ($p<.05$).

Conclusion : FES is an effective treatment method for arm motor function in patients with chronic hemiplegia over 12 months after a stroke attack.

Key Words : Chronic stroke, Functional Electric Stimulation, Hemiplegia, Motion analysis Upper extremity function