

# 기능적 전기자극이 뇌성마비 환자의 족저굴곡근 경직에 미치는 영향

대구대학교 재활과학대학원 물리치료전공

김 영 지

대구 보건 학교

김 태 숙

대구대학교 대학원 물리치료전공

김 재 윤

대구대학교 재활과학대학원 물리치료전공

오 정 립

대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

박 래 준

The effect of Functional Electrical Stimulation on the Ankle  
Plantar Flexor Spasticity in Cerebral Palsy.

**Kim, Young-Ji, P.T.**

*Dept. of Physical Therapy, Graduate School of Rehabilitation Science, Daegu University*

**Kim, Tae-Sook, P.T., M.S.**

*Taegu Bogun School for the Physically Handicapped*

**Kim, Jae Yoon, P.T.**

*Major in Physical Therapy, Graduate school of Daegu university*

**Oh, Jung Lim, P.T.**

*Dept. of Physical Therapy, Graduate School of Rehabilitation Science, Daegu University*

**Park, Rae Joon P.T., Ph.D.**

*Department of Physical therapy, College of Rehabilitation, Daegu university*

## <Abstract>

Spasticity is the most troublesome problems in the management in cerebral palsy. The purpose of this study was to observe the effect of FES to spasticity. 8 cerebral palsy children were selected for this study. Assessment was carried out before treatment for obtain baseline measurement of spasticity and reassessment were carried out at after 10th., 20th. treatment sessions and 24hours after treatment.

The results of this study were as following that MAS scores were significantly reduced after 10th and 20th after treatment compared with pre-treatment. MAS scores were significantly reduced after 20th compared with pre-treatment. These results indicated that FES appears to reduce significantly MAS scores and maintained 24hours after treatment compared with pre-treatment.

## I. 서 론

뇌성마비는 고유한 단일질환이 아니라 다양한 원인에 의해서 오는 일종의 증후군이므로 손상원인보다 손상된 해부학적 부위가 임상증상을 결정한다. Crother와 Paine(1964)는 64.6%가 경직형이고, 22.0%가 무정위형이라고 하였으며, Rosen등(1960)은 70-80%가 경직형, 10-15%가 무정위형이라고 하여 경직형이 뇌성마비 환자 중 가장 많은 비율을 차지하고 있다. 일반적으로 뇌손상 후 사지의 경직은 환자에게 흔하게 나타나며, 경직은 주로 신장반사의 항진에 의해 발생하게 된다(Davidoff, 1985; Devir 과 Panturin, 1993; Katz 과 Rymer, 1989). 즉 경직은 심부건 반사의 항진, 근긴장도의 증가, 상위 운동신경의 병변으로 수동운동에 대한 저항 증가, 척수 및 뇌간 반사의 항진 및 근육의 신장반사의 항진으로 인해 근신장 속도에 따라 근긴장이 증가하여 건반사의 항진을 동반한 운동장애로 표현된다(Katz 와 Rymer, 1989; Bishop, 1977). 이러한 정의는 주로 신경생리학적인 관점에서 관찰된 결과이지만 (어환, 1988), 근래 연구에서는 경직을 다원적인 면에서 설명하고 있으며, 그 원인을 불안, 우울, 피로, 주위환경의 변화, 온도차이, 요로감염, 변비, 약물 등으로 보고 있다(Desouza 와 Musa, 1987). 이는 보행장애를 포함한 기능장애 및 종적 근육의 성장장애를 초래하고 나아가 골 변형을 일으킬 수 있다. 경직이 있으면 관절가동 범위 감소, 수의적 운동기능의 상실 등과 같은 기능장애와 동통, 경련을 초래하므로 재활치료에 있어서 해결해야 할 과제 중 하나이며, 반복적인 관절가동범위 또는 신장운동이 임상적으로 경직을 감소시키기 위하여 사용되어져 왔다(Abramson, 1984; Edberg, 1977; McGibbon, 1985). 기능적인 전기자극(functional electrical stimulation, FES)이 경련완화의 목적으로 많이 사용되고 있다. 손영식(2001)은 뇌졸중으로 인한 족저굴곡근 경직 환자에게 FES를 이용하여 주5회 4주간 족배굴근을 자극한 결과 치료전보다 굴곡경직의 감소를 보였다고 하였으며, 손과 손가락에 굴곡경직이 있는 편마비 환자에게 FES를 적용한 Baker(1979)의 연구에서도 굴곡경직의 감소와 함께 능동적인 신전범위가 증가되었다고 하였다. 또한 장순자 등(1999)은 유각기시 단하지 보조기와 FES가 과도한 족저굴곡근 경직에 효과가 있다고 하였으며, 박창일 등(1996)은 뇌성마비 환자의 족저굴곡근 경직에 하루 20분씩 주5회 6주간의 FES 적용으로 족저굴곡근의 개선 효과가 있다고 보고하였다. 기능적 전기자극이 발전하게 된 배경에는 살아있는 조직에 전기를 가하면 신경세포에 활동전위(action potential)를 유발하는 등 다양한 효과를 미치는데 있다(강곤, 1995). 가령 전기에 의하여 유발된 자극은 신경계의 가치를 따라 퍼져나가는 방법을 사용하여 인체의 거의 대부분의 장기에 영향을 줄 수 있다. Hodgkin과 Juxley(1945)가

제안한 모델을 사용하면 활동전위가 전파되는 과정을 이론적으로 설명할 수 있다. 1950년대 이미 여러 종류의 전기자극기를 개발하고 그에 따른 특허를 얻었다(Reswick, 1973). 전자공학이 발달해 감에 따라 Liberson(1965)은 전기자극기를 만들어 편마비환자의 족하수를 교정하는데 사용하였다. 이러한 생각이 발전되어 기능적 전기자극이라는 새로운 치료분야가 탄생하였다. 1967년에 기능적 전기자극을 “더 이상 자발적으로 제어하지 못하게 된 근육에 전기자극을 가하여 근육수축을 유발하고 기능적으로 유용한 움직임을 만들어 내는 작용”이라고 정의하였다(Gracanic 등, 1967). 기능적 전기자극은 신경근 전기자극의 형태로 말초신경 손상 없이 환자의 근육강화(Godfrey, 1979; Laughun, 1983), 근위축방지(박래준, 1994; Eriksson 과 Maggmaga 1983; Gould 등, 1982), 관절 가동범위 향상 및 유지(Baker 등, 1979), 근재교육(Bowman, 1981), 부종감소(박래준, 1995; Dooley, 1976) 등의 다양한 분야에서 응용되고 있다. 뇌손상으로 인한 운동장애의 치료 시 전기자극치료에서 장시간 전극을 부착하고 기능적 전기자극을 하는 것은 치료부위에 혈액순환의 저하를 가져 올 수 있다. 따라서 본 연구의 목적은 기능적 전기자극치료에 의한 뇌성마비의 경직 감소 효과를 분석하고, 전기자극을 적용함으로써 치료효과를 알아보고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

대구시내 지체부자유아 특수학교 1개학교 재학생 중 뇌성마비로 인하여 족저굴곡근 경직이 있는 환자를 대상으로 하였다. 대상자는 의사소통이 가능하고 간질이 없으며, 경직완화를 위해 약물치료를 받지 않는 환자들로 제한하였고 14~21세의 남자 6명, 여자 2명, 총 8명을 대상으로 실시하였다.

### 2. 실험기간

실험기간은 2001년 6월 29일부터 7월 27일까지 4주간 주 5회씩 실시하였다.

### 3. 실험과 측정의 도구 및 방법

#### 1) 실험 및 측정도구

경직이 있는 족저굴곡근의 길항근인 족배굴곡근에 기능적 전기자극치료기 Neuromuscular Stimulation System(Models 6800s, USA)를 사용하였다. 치료 전후의 경직 정도의 측정은 Modified Ashworth scale(MAS)을 이용하였다.

#### 2) 실험 및 측정방법

실험 대상에 기능적 전기자극치료기를 족배굴곡근을 자극하였다. 대상자는 치

료매트 위에 바로 누운 자세에서 베개 밑에 두 무릎을 엮고, 전기자극시 운동의 마찰을 피하기 위해 환측 족저면에 수건을 깔았다. 기능적 전기자극치료기는 경직된 환측 족저굴곡근의 길항근인 전경골근의 근위부에 비활성 전극을 배치하고 활성전극은 원위부에 각각 배치하였다.

과형을 단상파형으로, 치료강도는 30-70mA를 넘지 않게 환자가 참을 수 있는 범위에서 환자의 족배굴곡이 최대로 일어나도록 하고, 20분간 적용하며, 주 5회 4주간 실시하였다. 원적외선 치료기는 경직된 환측 족저굴곡근인 비복근의 근위부와 원위부에 각각 배치하고, 온도는 45℃ 이내로 환자가 따뜻하다고 느끼는 범위 내에서 20분간 적용하며, 주 5회 4주간 실시하였다.

측정방법은 MAS를 이용하여, 치료 후 5분간의 휴식을 취한 후 치료 시와 같은 자세에서 측정하였으며, 치료 전, 주1회, 치료종료 24시간 후로 총 6회 측정하였다. MAS는 부록1과 같다. 측정은 검사자간의 차이를 없애기 위해 본 연구자만이 실시하였다.

### 3) 자료분석

자료분석은 통계처리 프로그램인 SPSS Ver 10.0 windows를 사용하였다. 대상자의 일반적 특성은 빈도분석을 하였고, 실험군 A, B, C에 대한 치료후 시간 경과에 따른 경직감소를 알아보기 위해 비모수검정방법인 Willcoxon signed rank test를 실시하였으며, 집단간의 비교는 Kruskal -wallis test를 실시하였다. 모든 통계의 유의수준  $\alpha$ 는 0.05로 하였다.

## III. 연구결과

### 1.연구 대상자의 일반적인 특성 및 상태

본 연구의 대상자는 뇌성마비로 인해 족저굴곡근 강직을 보이는 환자로, 대상자의 일반적인 특성은 나이는 평균연령이 16.67세, 평균신장은 156.19cm, 평균체중은 55.04Kg이다(표 1).

연구대상자의 상태는 남자가 50% 여자가 50%(표 2), 마비는 사지마비가 50% 양마비가 50% (표 3), 보행은 완전독립보행 50% 부분독립보행 50%로 나타났다(표 4).

표 1. 대상자의 일반적인 특성

	N	나 이	신 장	체 중
		평균±표준편차	평균±표준편차	평균±표준편차
FES적용	8	18.50±1.60	167.25±7.05	66.13±17.29

표 2. 연구대상자의 성별

	성 별		합 계
	남(%)	여(%)	
FES적용	4(50)	4(50)	8(100)

표 3. 연구대상자의 부위별 마비유형

	성 별(%)				합 계
	사지마비	양지마비	오른쪽 편마비	왼쪽 편마비	
FES적용	4(50)	4(50)	0	0	8(100)

표 4. 연구대상자의 보행상태

	성 별		합 계
	완전독립(%)	부분독립(%)	
FES적용	4(50)	4(50)	8(100)

#### 4. 치료군의 시간경과에 따른 MAS의 비교

MAS를 이용한 치료 전 평균 점수는 3.25이었고 10회 치료 후 평균 점수는 2.5이었으며 20회 치료 후 평균 점수는 2.25이었고 경과 관찰 후에 평균 점수는 2.25로 치료 10회 20회 경과 관찰 후에 통계적으로 유의하게 감소하였다 ( $p < .05$ )(표 5; 그림1; 그림2).

표 5. 치료동안 MAS평균점수

	평균	표준편차	최소값	최대값	P-value
사전검사	3.25	.89	2	4	
10회치료	2.5	1.20	1	4	.014
20회치료	2.25	.89	1	3	.005
경과관찰	2.25	.89	1	3	.005

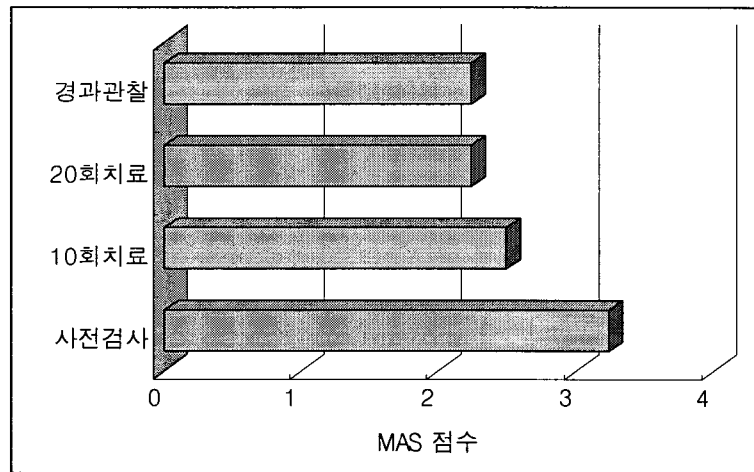


그림 1. 치료기간동안 MAS 평균점수

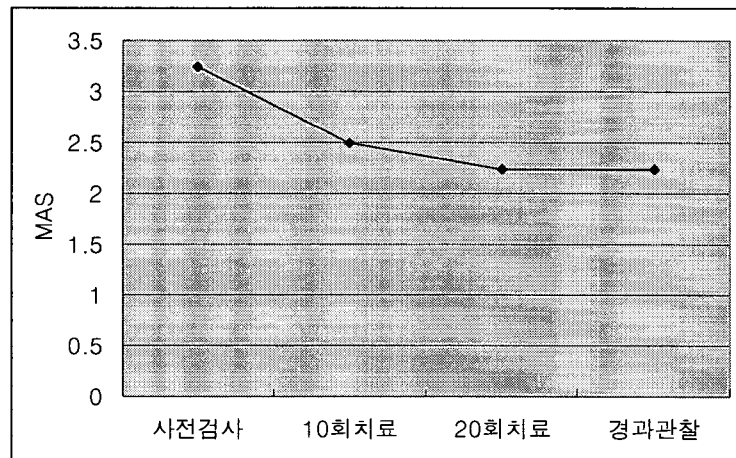


그림 2. 전 치료기간동안의 MAS 평균점수

#### IV. 고 찰

경직은 중추신경계의 손상범위와 그 위치에 따라 다양한 형태가 나타나고 모든 환자들이 동일한 병리생리학적 이상을 가지고 있지 않으므로 하나의 치료가 모든 환자들에게 효과적일 수 없다(Davidoff, 1985). 경직은 결코 한 근육군만 침범하지 않고, 항상 굴곡패턴 전체 또는 신전패턴 전체에 침범한다(Cash, 1977).

또한 중추신경계 손상 환자들은 자세유지와 수의운동 시나 흥분, 불안, 불쾌 등과 같은 정서적인 요인에 의해 경직이 증가하며, 근수용기, 방광 등의 말초 자극에 의해서도 경직이 증가한다(Swash 와 Oxbury, 1991). 경직은 중추신경계 질환에서 나타나는 주요 증상으로 비정상적으로 증가한 근긴장도, 신장반사의 증가, 심부건반사의 항진으로 수의적인 운동조절 능력에 장애를 받을 뿐만 아니라 기능적이고 독립적 일상생활을 영위해 나가는데 제한을 하게 된다. 이로 인해 관절구축과 같은 이차적인 문제가 발생하여 생활활동 범위가 좁아지게 되고 심호흡기계와 비뇨기계 장애를 일으킬 수도 있다. O'Sullivan 과 Schmitz(1988)는 경직을 상위운동신경원의 병변으로 인해 근긴장도와 수축이 증가한 것으로 딱딱하고 서투른 운동을 야기시킨다고 하였고, 심부건 반사의 항진, 근긴장도의 증가, 상위운동신경원의 병변으로 수동운동에 대한 저항 증가, 척수 및 뇌간반사의 항진과 근육신장반사의 항진으로 인해 근신장속도에 따라 근긴장이 증가하여 건반사의 항진을 동반한 운동장애로도 표현된다(Katz 와 Rymer, 1989). 추체외로의 억제기능이 상실되면 근긴장도가 비정상적으로 증가하여 경직이 발생된다고 했다. 또한, 중추신경계 손상으로 알파운동신경원의 활성도가 비정상적으로 증가하거나 근방추내 추내근 섬유를 지배하는 운동신경원의 흥분성이 증가하여 신장에 반응하는 근방추의 구심성 감각신경 흥분성이 증가함으로 경직이 나타난다고 했다. 즉, 감마운동신경원의 과활동으로 근방추 수용기의 감수성이 증가하거나 감마운동신경원의 활성도가 비정상적으로 증가할 경우에도 경직이 발생된다고 했다(Duus, 1990; Katz 와 Rymer, 1989). 경직의 평가방법에는 객관적인 방법과 주관적인 방법으로 나눌 수 있다. 객관적인 방법은 진자검사와 전도검사 등이 있는데, 초기에는 카메라를 이용하였으나 근래에는 등속성 역량계(isokinetic dynamometer)나 전기측각기 등을 사용하고 있다(Baid와 Bowman, 1985; Bohannon 1987). 근전도 검사는 보행 동안 각 근육의 전기적 활동도를 분석하여 경직이 보행에 미치는 영향 등을 평가하는 방법으로 이용된다(Wolf 와 Binder - Macleod, 1983). 전기생리학적 인 평가는 H 반사, F 파 등을 측정하여 경직의 척도로 삼고자 하는 시도인데(Urbscheit 등, 1971), H 반사는 근방추의 I a 구심성 운동신경 섬유의 단일연접반사의 활성도를 나타내는 것으로 경직성 환자의 진폭은 정상보다 크게 나타날 것이라는 가정 하에서 시행되는 방법이며 H진폭, H파와 M파의 진폭비 등이 척도로 사용되고 있다. 마찬가지로 F파의 진폭, F파와 M파의 진폭비, F파의 지속시간 등을 이용하고 있다(한태륜 등, 1993). 이상의 평가법은 객관적인 자료를 산출할 수 있지만 설치절차가 복잡하고 고가의 장비와 숙련된 검사

자가 필요하여 임상에서 손쉽게 접하기 어려운 실정이다. 이에 임상에서 특별한 기구를 사용하지 않고 간단하게 경직 정도를 계량화하여 표시할 수 있는 방법이 본 실험에 사용한 Modified Ashworth scale이다. Ashworth scale는 주관적 판정에 따른 정량화 방법으로 초기에 5등급으로 분류되었으나 Bahannon과 Smith(1987)가 수정하여 6등급으로 나누어 Modified Ashworth scale(MAS)로 개정하였다. 본 연구에서는 이처럼 임상에서 간단하게 사용되는 MAS 측정 방법을 이용하여 8명의 뇌성마비환자에서 기능적 전기자극(FES)의 족저굴곡근 경직에 대한 효과를 알아보았다. 경직의 근본적인 치료는 현재 불가능하여 단지 어느 정도 경직을 완화시켜 수의적인 운동능력을 촉진시키는데 치료의 목적이 있다. 이에 경직의 감소는 물리치료학적 측면에서 중요한데, Rood(1962)는 경직감소를 위해 중온(neutral warmth)을 사용하였고 Mooney 등(1969)의 연구에서는 편마비 환자의 환측 비골신경을 하루 3번 15분간 전기자극한 결과 하퇴삼두근의 경직이 감소하였고, 3주 후 환자의 보행과 수의적인 조절이 향상되었다고 하였다. Sullivan 등(1991)은 하퇴삼두근에 마사지를 적용하여 알파운동신경원의 흥분성을 관찰한 결과 알파운동신경원의 흥분성이 감소하였다고 보고하였다. 그 외에도 경직이 있는 근육의 길항근에 진동자극을 적용한 결과 길항근 근방추의 일차종말에서 활성화된 자극이 척수에서 상호억제를 통해 과흥분된 주동근의 운동신경원 흥분이 감소되었고(Bishop, 1974, 1975) 탄력붕대, 석고고정, 보조기 등을 이용하기도 하였다(Booth 등, 1983; Wolf, 1983; Twist, 1985). 그 외에도 경직이 있는 근육의 길항근에 진동자극을 적용한 결과 길항근 근방추의 일차종말에서 활성화된 자극이 척수에서 상호억제를 통해 과흥분된 주동근의 운동신경원 흥분이 감소되었고(Bishop, 1974, 1975) 탄력붕대, 석고고정, 보조기 등을 이용하기도 하였다(Booth 등, 1983; Wolf, 1983; Twist, 1985). 전기자극을 이용하여 질병을 치료하고자 하는 노력은 수세기 동안 지속되었다. Galvani는 개구리 근육을 지배하는 신경에 전기자극을 주어 근육의 수축을 유발하는 실험결과를 보고하여 전기자극을 통해 근육의 수축을 유발할 수 있다는 사실을 밝혀낸 후(McNeal, 1977) 현재 척수손상, 뇌성마비 등의 상부운동신경원 질환에서 서기, 보행 등의 기능적 향상뿐만 아니라 근력 강화, 관절구축의 감소, 자발적 근육수축 유발, 신경인성 방광치료, 욕창의 예방 및 치료, 심부정맥혈전증의 예방, 동통의 감소 및 경직의 감소 등 많은 분야에서 광범위한 연구가 지속되고 있다(Yarkony GM 등, 1992). 길항근 전기자극을 적용한 연구들을 살펴보면, Cranstram 등(1977)은 길항근의 전기자극으로 경직이 감소하여 수의적 조절능력이 증진되었다고 보고하였고 Baker 등(1979)은 손목과 손가락에 굴곡경직이 있는 편마비 환자의 손목의 신전근에 기능적 전기자극(Functional Electrical Stimulation)을 실시한 결과 치료 전보다 굴곡 경직이 감소하여 손목과 손가락의 능동적 신전범위가 증가하였다고 보고하였다. Vodovnik 등(1981)은 대퇴사두근에 경직이 있는 편마비환자의 슬관절굴곡근에 매일 2회씩 30분간 전기자극을 한 결과, 1개월 후 보행이 향상되었다고 보고하였다. Cranstram 등(1977)도 경직이 있는 길항근인 전경골근에 맥동기간은



30pps로 하고 맥동기간은 50ms로 하여 10분 동안 적용한 후에 아킬레스건 반사의 진폭이 감소되어 족저굴곡근 경직감소를 보고했다. 경직이 있는 길항근의 전기자극으로 경직이 감소되는 기전을 살펴보면, Jack 등(1983)은 신경활동전위는 대뇌 운동피질에서 시작하는 명령에 의해 유발될 수 있고 말초에서 전기적인 자극에 의해 발생할 수도 있다고 했다. 이 두 가지 경우에, 활동전위 발생의 기전과 시냅스 전달물질이 같고 또한 자극이 약한 주동근에 직접 가해지면 기능회복을 촉진시킬 수 있다고 하였다. Levine 등(1952)은 경직근의 길항근에 단극성 배치로 100pps의 연속성 감응전류로 자극하여 경직감소를 보고하면서, 자극이 길항근의 말초신경에 적용됨에 따라 근육에서 시작되는 직경이 큰 Ia 근방추 구심성 섬유가 흥분되어 그 섬유에서 발생된 활동전위는 척수에 전달되어 경직근의 운동뉴런 활동을 교대로 억제시키는 척수 게제신경원을 흥분시킨다고 했다. Libersen(1965)는 연구에서 정상인 주동근에 전기자극에 의해 유발된 길항근의 상호억제에 관한 실험에서 어떤 근육의 전기자극은 그 근육의 수축뿐만 아니라 그 근육의 길항근 억제를 유발할 수 있다고 했다. 이 억제는 대상자가 전기적으로 유발된 수축을 극복하려고 시도할 때 길항근의 수의적 수축을 방해한다고 했다.

경직에 대한 경피적 전기자극의 연구에서 Bajd 등(1985)과 Shindo 과 Jones(1987)는 경직감소를 보고하였으나, Barr 등(1989)은 대퇴사두근에 전기자극을 주었을 때 경직을 악화시킨다는 보고를 하였으며, Vodovnik 등(1984)은 경직의 tonic component는 감소하나 phasic component는 오히려 증가한다는 보고를 하였다.

실험군에서는 뇌성마비로 인한 족저굴곡근경직 환자에 대해 길항근인 족저굴곡근에 기능적 전기자극치료기만을 적용시킨 결과 Edel 등(1973)이 1973년 15명의 뇌성마비 환자를 대상으로 0.75Hz의 저주파수의 전기자극후 경직의 감소를 보고하였고, 1987년 Logan은 TENS을 시행하여 생리적 비용지수(physiological cost index)의 감소가 나타남을 관찰하여 전기자극이 경직 감소에 효과가 있다고 하였고, 1994년 Hazle-wood 등은 전경골근에 전기자극후 족부관절 운동범위의 향상을 보고한 결과와 방법상 직접적인 비교에는 어려움이 있으나, 치료 후에 호전된 MAS의 유의있는 증가를 보인 본 연구와 일치된 결과를 보였다.

전기자극치료 후 경직의 감소는 전기자극 후 신경전달물질의 고갈(Lee WJ 등, 1950), 굴곡반사의 감소(Dimitrijevic 과 Nathan , 1970), Ia fiber의 지속된 과분극(Buchwald 등, 1965), 척수내 억제성 기전의 활성화(Liberson , 1965) 등 저자에 따라 다양한 기전으로 설명하고 있는데 본 연구에서는 전기자극 치료기간이 길어짐에 따라 경직의 감소가 더욱 증가하였다는 점, 치료종료 후 1일 후에도 치료 전에 비해 유의있게 경직이 감소된 점을 미루어 상운동원내에서 억제성 신경원의 활성화 또는 재조합에 의한 것으로 사료된다.

위의 결과들을 종합해 볼 때, 뇌성마비 환자에게 전기자극치료는 경직의 감소에 도움을 주며, 향후 이러한 이월 효과(carry-over effect)가 1일 후 언제까지

지 지속되는 지에 대한 연구가 필요하다. 또한 이 실험결과에서 10회 치료에서 급격하게 평균점수가 낮아지는 것을 관찰할 수 있었는데, 좀더 기간을 세분화하여 치료시작과 10회사이의 결과 값을 도출하면 더 유의한 결과치를 얻을 수 있을 것이다.

## V. 결 론

본 연구의 목적은 뇌성마비 환자의 족저굴곡근 경련감소를 위하여 실시되었다. 본 연구의 대상자는 2001년 6월 29일부터 7월 27일까지 대구시내 지체부자유아 특수학교 1개학교 재학생 중 뇌성마비로 인한 족저굴곡근 경직이 있는 환자 8명을 대상으로 하였다. 실험군의 치료전과 치료기간에 따른 경직감소효과 그리고 치료후 경과관찰에 따른 효과를 알아보고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 치료 전 MAS 평균점수가 3.25에서 10회 치료 후 2.5, 20회 치료 후 2.25, 경과 관찰 후 2.25로 감소하여 치료 10회, 20회, 경과관찰 후에 통계적으로 유의한 감소가 있었다( $p < 0.05$ ).

2. 치료회수가 증가함에 따라 그에 비례하여 MAS 평균점수가 낮아지는 양상을 나타내었는데, 10회에서 급격하게 감소되었다가, 20회에서 MAS평균점수가 다소 낮아지는 것을 관찰할 수 있었다.

3. 경과관찰결과는 치료를 실시한 후 지속적으로 MAS평균점수가 낮은 상태로 유지되는 것이 관찰되었다.

## VI. 참고문헌

- 강곤. (1995). 기능적 전기자극, 여문각, 한국학술재단, p1.
- 박창일 외. (1996). 뇌성마비 환아에서 전기자극이 족저굴곡근 경직에 미치는 영향, *대학재활의학회지*, 20(4), 848-856.
- 박래준. (1994). 전기자극이 흰쥐의 정상 가자미근 형태에 미치는 영향, *대한물리치료학회지*, 6(1), 61-69.
- 박래준. (1995). 전기자극이 개구리 뒷다리 부종형성이 미치는 영향, *대한물리치료학회지* 7(1), 1-8.
- 손영식. (2001). 기능적 전기자극이 뇌졸중환자의 족저굴곡근 긴장도

에 미치는 영향, 미간행 석사학위 청구논문 : 대구대학교 재활과  
학대학원.

어환. (1998). 경련성의 치료, *인간과학*, 12(9), 21-27.

장순자, 김범준, 강민경, 김병식. (1999). 편마비 환자에서 단하지 보조  
기 및 기능적 전기자극 적용 후 보행 양상 변화, *대한재활의학회지*  
23(4), 853-860.

한태륜, 김진호, 전민호, 김상범. (1983). 편마비 환자에서의 경직의 평  
가, *대한재활의학회지*, 17(1), 18-25.

Crothers B. & Paine R. S. (1959). The natural history of cerebral  
palsy. *Harvard University Press. Combridge*, 174.

Rosen M. G., & Dickinson J. C. (1960). The incidence of cerebral  
palsy. *Am J obstet & gynecol.* 167, 417-423.

Davidoff, R. A. (1985). Antispasticity drugs : Mechanism of action.  
*Ann Neuro* 17(2), 107-116.

Dever, Z., & Panturin, E. (1993). Measurement of spasticity and  
associated reactions in stroke patients before and after  
physiotherapeutic intervention. *Clin Rehabil.* 7, 15-21

Katz, R. T., & Rymer, W. Z. (1989). Spastic hypertonia: mechanism  
and measurement. *Arch Phys Med Rehabil.* 70, 144-155.

Bishop, B. (1977). Vibratory Stimulation III. Possible Applications of  
Vibration in Treatment of Motor Dysfunctions. *Phys Ther*, 55,  
139-143.

Desouza, L. H., & Musa, I. M. (1987). The measurement and  
assessment of spasticity. *Clin Rehabil.* 1, 89-96.

Abramson, A. S. (1984). Exercise in paraplegia. in Basmjian  
JV(ed): *Therapeutic Exercise*. Ed4. Baltimore, Williams &  
Wilkins 344-345.

Edberg. (1977). Physical therapy for thoracic and Lumbar paraplegia.  
In Pierce, D.S, Nickel, V.H. (eds). *The total care of spinal cord  
injuries*. Bostone, Little Brown Co, 225-236.

McGibbon, F. (1985). Physical Therapy. In Book GM(ed): *Life  
time care of the paraplegic patient*. New York, Churchhil  
Livingstone, 195-197.

Baker, L. L., Wilson, D., & Waers, R. L. (1979). Electrical  
stimulation of wrist and fingers for hemiplegic patients. *Phys*

*Ther*, 9(12), 1495-1499.

- Hodgkin, A. L., & Huxley, A. F. (1945). Resting and action potentials in single nerve fibers. *J Physiol(London)*, 104, 176.
- Reswick, J. B. (1973). A brief history of functional electrical stimulation. In : *Neural Organization and Its relevance to prosthetics*. Field WS and Leavitt LA, eds., Intercont. Med Book Corp, New York.
- Liberson, W. T. (1975). Experiment concening reciprocal inhibition of antagonists elicited by electrical stimulation of agonists in a normal individuals. *Am J Phys Med*, 44, 306-308.
- Gracanin, F., Prevec, T., & Trontelj, J. (1967). Evaluation of use of functional electrical peroneal brace in hemiplegic patients, int. Symp. *External Control Human Extremities*. Dubrovnil, Yugoslavia, 198.
- Godfrey, C. M., Jayawardena, H., & Quance, T. A. (1979). Comparison of electro stimulation and isometric exercise in strengthening the quadriceps muscle. *Phys Ther*, 31, 365-367.
- Laughun, R. K., Youdas, J. W., & Garrett, T. R. (1983). Strength changes in the normal quadriceps femoris muscle as a result of electrical stimulation. *Phys Ther*, 63, 494-499.
- Eriksson, E., & Haggmark, T. (1979). Comparison of isometric muscle training in the recovery after major knee ligament surgery. *Am J Sports Med*, 17, 169-171.
- Gould, N., Donnemeyer, D., & Pope M. (1982). Cutaneous muscle stimulation as a method to retard disuse atrophy. *Clin Orthop*, 164, 215-220.
- Bowman, B., & Bajd, T. (1981). Influence of electrical stimulation on skeletal muscle spasticity. In *proceedings of the international Yugoslav committee for electronics and automation*, 561-576.
- Dooley, D. M., & Kasprak, M. (1976). Modification of blood flow to the extremity by electrical stimulation of the nervous system. *South Med J*, 69, 1309-1311.
- Cash, J. E. (1977). Neurology for Physiotherapists. *J. B. Lippincott Company*, 54-71.
- Bishop, B. (1975). Vibratory Stimulation. Part II. Vibratory Stimulation as an Evaluation Tool. *Phys Ther*, 55, 28-34.
- Rood M (1962). *The Use of Sensory Receptor to Activate, Facilitate,*

- and Inhibit Motor Response, Autonomic and Somatic Developmental Sequence.* Wm C Brown, 26-37.
- Mooney, V., Wileman, E., & Mcneal, D. R. (1969). Stimulator reduces spastic activity. *JAMA* 207 , 2199-2200.
- Sullivan S. J., Williams L R. T., Seaborne D.E., & Morelli M. (1991). Effects of Massage on Alpha Motoneuron Excitability. *Phys Ther*, 71, 555-560.
- Booth, B. J., Doyle, M., & Montgomery, J. (1983). Serial Casting for the Management of Spasticity in the Head-Injury Adult. *Phys Ther*, 63, 1960-1966.
- Wolf, S., & Binder-Macleod, S. A. (1983). Electromyographic Biofeedback Applications to the Hemiplegic Patient. *Phys Ther*, 63, 1404-1413.
- Wolf, S. L. (1983). Electromyographic Biofeedback Applications to Stroke Patients. *Phys Ther*, 63, 1445-1448.
- Twist D. J. (1985). Effects of a Wrapping Technique on Passive Range of Motion in a Spastic Upper Extremity. *Phys Ther*, 65, 299-304.
- McNeal, D. R. (1977). 2000 year of electrical stimulation. In: *Functional electrical stimulation: Application in Neural Prosthesis*, editet by FT Hambrecht and JB Reswick, Newyork: Marcel Dekker, 3-35l
- Yarkony, G. M., Roth, E. J., Cybulski, G. I., & Jaeger, R. J. (1992). Neuro muscular stimulation in spinal cord injury II: Prevention of secondary complications. *Arch Phys Med Rehabili*, 73, 195-200
- Vodonik, L., Bajd, T., & Kralj, A. (1981). *Functional electrical stimulation for control of locomotor system.* CRC Crit Rev Bjoeng, 6, 63-131.
- Vodovnik, L., Bowman, B. R., & Hufford, P. (1984). Effects of electrical stimulation on spinal spasticity. *Scand J Rehabil Med*, 16, 29-34.
- Vodonik, L., & Reversek, A. (1973). Improvements in voluntary control of paretic muscle due to electrical stimulation. In Fields WS, Leavitt LA(eds): *Neural Organization and Its Relevance to Prosthetics.* New York, NY, Intercontinental Medical Book Corp, 101-116.
- Jack, J. B., Noble, D., Tsien, R. W. (1983). *Electric current flow in excitable Cells.* Clarendon Press, Oxford.
- Levine, M. G., Knott, M., & Kabat, H. (1952). Relaxation of

- spasticity by electrical stimulation of antagonist muscles. *Arch Phys Med Rehabil*, 33, 668-673.
- Swash M. & Oxbury J. (1991). *Clinical Neurology*. Churchill Livinstone, 781-785.
- Bajd, T., & Bowman, B. (1985). Testing and Modelling of spasticity. *J Biomed Eng.* 4, 90-96.
- Bohannon, R. W. (1987). Variability and Reliability of the Pendulum the for Spasticity Using a Cybex II Isokinetic Dynamometer. *Phys Ther*, 67, 659-661.
- Urbscheit N., Johnston R. & Bishop B. (1971). Effects of Cooling on the Ankle Jerk and H-Response in Hemiplegic Patients. *Phys Ther*, 51, 983-988.
- Shindo N., & Jones R. (1987). Reciprocal patterned electrical stimulation of the lower limbs in severe spasticity. *Physiotherapy*, 73, 579-581.