

## 기능적 전기자극이 경직성 뇌성마비 아동의 상지 기능에 미치는 영향

방현수\*, 김동현\*\*

\*김천대학교 물리치료학과, \*\*김천대학교 작업치료학과

### 국문초록

**목적** : 본 연구는 목적은 기능적 전기자극이 경직성 뇌성마비 아동의 상지 기능에 미치는 영향을 알아보는 것이었다.

**연구방법** : 11세에서 16세 사이의 경직성 뇌성마비 아동 20명을 대상으로 실험을 실시하였다. 기능적 전기자극은 1회 20분, 주당 3회, 총 8주를 실시하였고, 기능적 전기자극이 상지 기능에 미치는 영향을 알아보기 위해 Jebsen Hand Function Test, 수정된 Ashworth 척도, 3차원 동작분석을 실시하였다. Jebsen Hand Function Test, 수정된 Ashworth 척도는 실험 전부터 8주간 각 2주마다 측정을 실시하였고 3차원 동작분석은 실험 전과 8주 후에 측정을 실시하였다.

**결과** : 기능적 전기자극 후, Jebsen Hand Function Test에서 6개의 하위 검사 모두에서 각 과제의 수행을 위한 경과 시간의 유의한 감소가 나타났고( $p < .05$ ), 수정된 Ashworth 척도에서도 통계학적으로 유의한 상지의 경직도의 감소가 나타났고( $p < .05$ ). 3차원 동작 분석 결과 기능적 전기자극 적용 전에 비해 적용 8주의 경과 후 손바닥 두드리기와 검지 두드리기에서는 통계학적으로 유의한 감소를 나타내었고( $p < .05$ ), 아래팔의 회내-회외 운동에서는 기능적 전기자극 적용 전에 비해 적용 8주의 경과 후에는 통계학적으로도 유의한 증가를 나타내었다.

**결론** : 본 연구의 결과를 통해, 기능적 전기자극은 경직성 뇌성마비 아동의 상지 기능 향상을 위한 효과적인 치료 방법임을 알 수 있었다. 그리고 향후 기능적 전기자극을 위한 다양한 방법과 장기간의 적용에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

**주제어** : 기능적 전기 자극, 경직성 뇌성마비, 상지 기능

### I. 서론

뇌성마비란 완전히 발달되지 않은 뇌신경 조직의 병변이나 손상, 감염 등으로 인해 비정상적인 반사, 근 긴장, 연합반응 등의 비정상적 운동발달과 자세이상을 나타내는 비진행성 장애로 근육의 마비나 약화, 협응 운동의 장애로 인한 운동 장애와 함께 감각장애가 초래될 수 있다. 또한 정신지체나 시각장애, 언어장애, 지각장애, 지능저

하, 정서장애, 발작 등이 수반될 수 있다. 이러한 뇌성마비는 고유한 단일질환이 아니라 다양한 원인에 의해서 오는 일종의 증후군으로 손상원인보다 손상된 해부학적 부위가 임상증상을 결정한다(Farmer, 2003; Farmer, Pearce, & Stewart, 2008; Schendel, Schuchat, & Thorsen, 2002). 뇌성마비의 신경운동학적 분류의 경우 경직형(spastic type), 무정위형(athetoid type), 실조형(ataxic type), 진전형(tremor type), 강직형(regidity type), 혼

교신저자: 김동현(dreamk2@hanmail.net) || \* 이 연구는 2015년도 김천대학교 교내학술 연구비지원에 의해 이루어졌음.  
접수일: 2016.11.04. || 심사일: (1차: 2016.11.17. / 2차: 2016.12.15.) || 게재확정일: 2016.12.15.

합형(mixed type)으로 나눌 수 있는데, 이러한 분류에 있어 60~70%가 경직형이고, 20~25%가 무정위형으로 경직형이 뇌성마비 환자 중 가장 많은 비율을 차지하고 있다.

경직성 뇌성마비 아동은 일반적으로 발달 초기, 상지가 하지보다 높은 기능을 나타내고, 몸통의 안정성과 균형능력의 결여가 나타난다. 균형 능력의 결여로 인해 경직성 뇌성마비 아동은 자세변화에 대한 두려움과 함께 균형 유지를 위한 움직임들이 근긴장도를 증가시키고 상지를 이용한 체간 자세의 유지로 인해 상지의 움직임의 제한과 함께 손 기능의 발달 지연이 나타나게 된다(Yoo, Chang, Yoon, & Kim, 1999). 상지의 움직임의 제한과 손 기능의 발달 지연은 점차적으로 상지의 높은 경직성을 나타내게 된다. 상지 기능 발달의 지연 및 증가된 경직성과 같은 요소들은 글쓰기, 물건 잡기와 같은 기본적인 기능 수행에서부터 식사하기, 옷 입고 벗기, 신변처리와 같은 일상생활동작을 수행하는 데 있어 가장 큰 장애의 원인으로 작용하게 된다. 특히 중추신경계 장애를 가진 환자들의 경우 경직과 함께 나타나는 상지 굽힘근의 협력 작용(flexor synergy)은 위팔과 아래팔, 손목과 손가락의 독립된 움직임을 제한하게 되고, 이는 손의 작용에 있어 일상생활동작시 펴는 움직임을 제한하는 요인으로 작용하게 된다(Cauraugh, Light, Kim, Thigpen & Behrman, 2000; Lee, Chung, O, & Lee, 1998; Yoo et al., 1999).

Lee(2004)는 뇌성마비의 치료 특히 경직에 대한 치료법으로 운동치료, 전기치료, 약물치료, 수술, 보조기 등의 방법이 사용되고 있고, 특히 이러한 치료 방법을 이용하여 경직을 이완시키면서 능동적이고 반복적인 활동을 실시하는 것이 기능 회복에 큰 효과를 가져 온다고 보고하였다. 그리고 뇌성마비 환자나 뇌졸중으로 인한 편마비 환자와 같은 대부분의 중추신경계 환자의 경우, 경직으로 인해 능동적이고 반복적인 운동을 실시할 수 없기 때문에 전기 치료를 통해 경직을 이완시킨 후, 기능적인 활동을 시행하는 것이 치료에 효과적이라 보고하였다.

기능적 전기자극(functional electrical stimulation: FES)은 경직 완화를 위한 전기치료의 한 방법으로 위운동신경세포 손상으로 마비 증상을 나타내는 환자들의 말초신경을 전기자극하여 뼈대근육의 수축을 유발시키는 치료법이다(Kim, Oh, Kim, & Park, 2002). Hunt, Gollee와

Jaime(2001)의 하지마비 환자를 대상으로 한 선 자세에서의 FES 적용에 관한 연구에서는 아무런 전기자극이 적용되지 않은 군에 비해서 앞쪽으로 기울어진 자세에서는 발목관절 펴기에 전기자극을 주고, 뒤쪽으로 기울어진 자세에서는 발목관절 굽힘근에 전기자극을 적용한 군에서 더욱 높은 발목관절의 움직임을 보고하였다. Postans, Hasler, Granat과 Maxwell(2004)은 14명의 급성 불완전 척수 손상 환자를 대상으로 한, 부분 체중부하 트레드밀 훈련에 있어 4주 동안의 FES 적용은 운동 지구력 및 운동 속도에 있어 유의한 증가를 나타낸다고 보고하였다. 그리고 상지의 기능과 관련된 연구에서 Gritsenko와 Prochazka(2004)는 뇌졸중으로 인한 편마비 환자 6명을 대상으로 한 2달간의 FES 적용에 관한 연구에서, 환측 상지에 대한 FES의 적용이 상지의 기능 수행력에 있어 유의한 증가를 보고하였다.

Lee(2004)는 기능적 전기자극이 만성편마비 환자의 잡기와 관련된 손의 기능의 향상을 유발한다고 보고하였고, Kim, Yoon과 Chung(2008)의 연구에서 역시 만성 편마비 환자에게 기능적 전기자극을 적용하는 것이 손의 기능과 관련된 다양한 요소들의 향상을 나타낸다고 보고하여 상지에 기능적 전기자극을 적용하는 것은 마비와 관련된 질환으로 인해 감소된 상지의 기능을 향상시키는 효과적인 치료도구임을 제시하였다.

많은 선행연구 결과에서 FES가 다양한 중추신경계 환자의 기능 향상에 도움이 된다는 것을 보고하고 있지만 대부분의 연구가 보행이나 균형에 초점을 맞추어 진행되었고 상지의 기능에 초점을 맞추어 진행된 연구는 미비하였다. 이에 본 연구에서는 경직성 뇌성마비 아동의 상지 기능에 있어 FES의 적용이 상지 기능 수행력에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

본 연구의 대상은 대구광역시 소재하고 있는 S특수학교와 G초등학교 특수학급 재학생 중 11~16세의 경직성 뇌성마비 아동으로, 연구 대상자와 이들이 교육받는

특수학교의 교사 및 보호자의 실험 참가 동의를 얻어 실험을 실시하였다. 대상자는 검사수행이 가능한 정도의 지시 따르기가 가능한 아동, 최근 6개월간 간질이나 경직완화를 위한 약물치료를 받지 않은 아동, 상지의 기능 평가를 위해 독립 앉기가 가능한 아동을 선정기준으로 하여 남자 15명, 여자 5명, 총 20명을 대상으로 실시하였다. 모든 실험 및 측정은 대상자의 우성 상지를 이용하여 실시하였다.

## 2. 연구기간 및 자료수집 방법

본 연구의 실험기간은 2016년 7월 4일부터 9월 2일까지이고 기능적 전기자극의 적용은 8주간 주 3회씩 실시하였다. 기능적 전기자극의 적용 및 평가의 측정은 치료실에서 1인의 연구자가 실시하였고, 아동이 검사에 집중할 수 있는 조용하고, 다양한 시각적 요소를 제외시킨 환경에서 실시하였다.

## 3. 실험방법 및 평가도구

### 1) 실험도구

경직이 있는 손목관절 굽힘근의 대항근인 손목관절 펴기에 기능적 전기자극치료기 Neuromuscular Stimulation System(Models 6800s, USA)를 적용하였다.

### 2) 실험방법

실험 대상자의 손목관절 펴기에 기능적 전기자극을 적용하였다. 대상자는 의자에 앉은 자세에서 가슴 높이의 치료매트 위에 상지를 올려두었고, 전기자극시 운동의 마찰을 피하기 위하여 적용 상지의 아래쪽에 수건을 깔아두었다. 기능적 전기자극의 적용은 Kim(2014)의 뇌성마비 아동을 대상으로 한 연구와 Lee(2004)의 만성편마비 환자를 대상으로 한 연구를 바탕으로 자극을 적용해야 하는 패드의 위치를 설정하였는데, 대상자의 상지를 회내시킨 자세에서 경직된 손목관절 굽힘근의 대항근인 긴노쪽 손목펴근과 짧은노쪽 손목펴근, 자쪽손목펴근의 몸쪽부에 비활성 전극을 각각 배치하였고, 활성전극은 먼쪽부에 각각 배치하였다.

파형은 단상파형으로 하였고, 치료강도는 대상자가

참을 수 있는 범위 내에서 70mA를 넘지 않도록 하면서 손목관절의 최대 펴이 일어나도록 적용하였다. 기능적 전기자극은 각 대상자에게 20분간, 주 3회, 8주간 실시하였다.

### 3) 측정방법

#### (1) Modified Ashworth Scale(MAS)의 측정

대상자의 경직 정도의 측정을 위해 Kim 등(2002)이 사용한 Modified Ashworth Scale(MAS)를 이용하였다. MAS의 측정은 치료 시와 같은 자세에서 측정하였고, 기능적 전기자극 적용 전, 적용 2주마다 각 주의 마지막 적용 5분 후, 적용 종료 1주 후로 총 6회 측정을 실시하였다.

#### (2) Jebsen Hand Function Test

대상자의 상지 기능 평가를 위해 Jebsen Hand Function Test를 실시하였다. 본 도구는 1969년 Jebsen 등에 의해 고안되었고, 7가지의 하위 검사 방법으로 구성된 일상생활에서의 다양한 손의 기능을 평가하는 표준화검사도구로서 본 연구에서는 대상자의 일상생활 정도와 글쓰기에 대한 학습 능력의 차이를 고려하여 글쓰기 항목을 제외한 나머지 6가지 항목만을 가지고 평가를 실시하였다. 평가는 대상자가 등반이가 있는 의자에 앉은 자세에서 실시하였고, 각 항목의 측정 순서는 학습의 효과를 통제하기 위하여 무작위로 순서를 선정하여 실시하였다. 각 항목의 측정 사이에는 10분의 휴식을 취하게 하였다.

하위검사 항목으로는 카드 뒤집기, 작은 물건 집기, 먹기 흉내, 장기말 쌓기, 크고 가벼운 깡통 옮기기, 크고 무거운 깡통 옮기기로 구성되어 있고, 각 항목의 소요시간을 초(second) 단위로 기록하였다. Jebsen Hand Function Test의 측정은 기능적 전기자극 적용 전, 적용 2주마다 각 주의 마지막 날 적용 5분 후, 적용 종료 1주 후로 총 6회 측정을 실시하였다.

#### (3) 3차원 동작분석을 통한 상지 기능의 정량적 평가

상지 기능의 정량적 평가를 위하여 SIMI MOTION 7.2(HOSPI, Co., Germany)의 3차원 동작분석기를 이용하였다. 3차원 동작분석을 위하여 사용된 디지털 카메라(GR-DVL 9800., JVC, Japan)는 실험을 위하여 사용한 테이블에서 1m 높은 위치에 고정 배치하고 실험자의

전방과 좌우에 각 한 대씩 총 4대를 배치하였다. 모든 카메라의 촬영속도는 750SS/sec, 75frame/sec로 녹화하였다. 그리고 사용된 디지털 카메라의 LCD(liquid crystal display)를 통하여 부착된 Marker와 관절이 가려지는 부분을 최소화하기 위해 50° 씩 총 100° 의 카메라 각도를 유지하여 촬영을 실시하였다. 상지 기능의 정량적 평가를 위해 선정한 기능 요소는 손바닥 두드리기(hand tap), 검지 두드리기(finger tap), 아래팔의 회내-회외운동(pronation-supination)로 선정하였고 각 수행 기능을 10회 반복하였다. 특히 아래팔의 회내-회외운동은 Jebsen Hand Function Test의 각 항목을 수행하기 위해 필수적으로 수반되어야 할 동작이기 때문에 본 연구의 3차원 동작분석의 평가 항목으로 지정하였다. 촬영 후 저장된 자료의 분석을 위해 선정한 측정 변인은 초당 이동한 거리로 설정하였다. 3차원 동작 분석의 경우, 장비 사용의 제한으로 인해 기능적 전기자극 적용 전과 적용 8주 후에 각각 측정하였다.

#### 4. 분석방법

기능적 전기자극의 적용 기간에 따른 경직의 감소와 기능 향상을 평가하기 위하여 SPSS Ver. 21.0 for Windows를 사용하였다. 수정된 Ashworth 척도와 Jebsen Hand Function Test 및 3차원 동작분석의 평가를 위하여 정규성 검정을 실시하였고 모든 측정 자료에서 정규분포를 확인하였다. 수정된 Ashworth 척도와

Jebsen Hand Function Test의 각 기간에 따른 변화를 보기 위하여 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였고, 일원배치 분산분석에서 유의한 차이가 나타나는 경우 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 실시하여 적용 기간에 따른 차이를 확인하였다. 3차원 동작분석은 대응표본 t 검정(paired t-test)을 실시하여 적용 전과 적용 후의 변화를 분석하였다. 대상자의 일반적 특성은 기술통계를 실시하였다. 모든 통계의 유의수준  $\alpha$  는 0.05로 설정하였다.

### III. 연구 결과

#### 1. 연구대상자의 일반적 특성

실험에 참가한 대상자는 20명(남자: 15명, 여자: 5명)의 경직성 뇌성마비 아동이었다. 대상자의 평균 연령은 13.5 세 이었고, 이들 중의 12명(60%)은 독립보행이 가능한 아동이며, 8명(40%)은 독립보행이 불가능한 아동이었다. 우세손은 오른손이 17명(85%), 왼손이 3명(15%)이었다(Table 1).

#### 2. 기능적 전기자극 적용 기간에 따른 상지 기능 비교

기능적 전기자극 적용 기간에 따른 상지의 기능은

Table 1. General characteristics of the subjects

(N = 20)

General characteristics	N	Rate(%)
Gender		
Male	15	75
Female	5	25
Age	13.5 ± 2.13*	
Dominance hand		
Right	17	85
Left	3	15
Both hand	0	0
Gait		
Independent gait	12	60
Disable independent gait	8	40
Total	20	100.0

\* Mean ± Standard deviation

Jebsen Hand Function Test의 6개 하위 항목 모두에서 시간이 경과함에 따라 기능 수행을 위한 시간이 점차 감소되는 양상을 나타내었고, 시간에 따른 유의성을 관찰하기 위해 일원배치 분산분석을 실시한 결과 역시, 유의한 관계를 나타내었다( $p < .05$ ). Jebsen Hand Function Test의 6개 하위 항목의 비교에서 작은 물건 들기와 먹기 흉내 내기의 검사에서는 기능적 전기자극 적용 전부터 적용 종료 1주경과 시 까지 지속적인 시간의 감소가 나타나지만, 나머지 4가지 검사에서는 기능적 전기자극 적용 전부터 적용 8주까지는 특정 기능을 수행하는 시간의 감소가 나타났고, 적용 종료 후 1주가 지난 시점에서는 증가하는 변화를 나타내었다(Table 2).

### 3. 기능적 전기자극 적용 기간에 따른 수정된 Ashworth 척도 비교

기능적 전기자극 적용 기간에 따른 수정된 Ashworth 척도의 비교에서 시간이 경과함에 따라 점차적으로 감소

하는 양상을 나타내었고, 통계학적으로도 유의한 차이를 나타내었다( $p < .05$ ). 수정된 Ashworth 척도의 비교에서 기능적 전기자극 적용 전부터 적용 8주까지는 기간의 경과에 따라 경직도 등급의 감소가 나타났고, 적용종료 후 24시간이 지난 시점에서는 약간 증가하는 변화를 나타내었다(Table 3).

### 4. 3차원 동작분석을 통한 상지 기능의 정량적 평가

기능적 전기자극 적용 기간에 따른 상지의 3차원 동작 분석의 비교에서 기능적 전기자극 적용 전에 비해 적용 8주경과 후 손바닥 두드리기와 검지 두드리기에서는 통계학적으로 유의한 감소를 나타내었고( $p < .05$ ), 아래팔의 회내-회외 운동에서는 기능적 전기자극 적용 전에 비해 적용 8주의 경과 후에는 통계학적으로도 유의한 증가를 나타내었다( $p < .05$ )(Table 4).

**Table 2.** Changes in the functions according to the application period of functional electrical stimulation

(Unit: sec)

Variation	Applying electrical stimulation period						F	p
	Pre-test	2 weeks test	4 weeks test	6 weeks test	8 weeks test	1 week after application		
	Mean ± Standard deviation							
Flip Card	11.85 ±1.75 <sup>d†</sup>	11.30 ±1.62 <sup>cd</sup>	10.70 ±1.78 <sup>bc</sup>	9.90 ±1.77 <sup>ab</sup>	9.15 ±1.59 <sup>a</sup>	9.25 ±1.74 <sup>a</sup>	8.339	.000*
Lifting small objects	17.75 ±2.61 <sup>d</sup>	17.00 ±2.00 <sup>cd</sup>	16.50 ±2.23 <sup>bcd</sup>	15.90 ±1.97 <sup>bc</sup>	15.15 ±2.13 <sup>ab</sup>	14.35 ±2.03 <sup>a</sup>	6.504	.000*
Eat imitating	31.30 ±2.92 <sup>c</sup>	29.80 ±3.25 <sup>bc</sup>	28.40 ±3.20 <sup>ab</sup>	27.70 ±3.77 <sup>ab</sup>	26.70 ±3.62 <sup>a</sup>	26.45 ±3.95 <sup>a</sup>	5.819	.000*
Building a board pieces	8.30 ±1.30 <sup>d</sup>	7.90 ±1.51 <sup>cd</sup>	7.30 ±1.62 <sup>bc</sup>	6.60 ±1.46 <sup>ab</sup>	6.10 ±1.33 <sup>a</sup>	6.15 ±1.49 <sup>a</sup>	7.986	.000*
lifting light and large can	11.90 ±1.94 <sup>d</sup>	11.10 ±1.99 <sup>cd</sup>	10.55 ±2.01 <sup>bc</sup>	9.80 ±1.76 <sup>ab</sup>	9.10 ±1.83 <sup>a</sup>	9.25 ±1.80 <sup>a</sup>	6.744	.000*
Lifting large and heavy can	13.70 ±1.83 <sup>b</sup>	13.10 ±1.97 <sup>b</sup>	12.35 ±2.00 <sup>ab</sup>	11.60 ±2.39 <sup>a</sup>	10.95 ±2.21 <sup>a</sup>	11.10 ±2.26 <sup>a</sup>	5.489	.000*

\* Statistical significances were by one-way analysis of variances among groups

† The same letters indicate non-significant difference between groups based on Duncan's multiple comparison test

**Table 3.** Changes in the MAS according to the application period of functional electrical stimulation (Unit: score)

Variation	Applying electrical stimulation period						F	p
	Pre-test	2 weeks test	4 weeks test	6 weeks test	8 weeks test	1 week after application		
Mean ± Standard deviation								
MAS	2.55 ±0.60 <sup>d†</sup>	2.35 ±0.58 <sup>cd</sup>	2.15 ±0.48 <sup>bc</sup>	2.00 ±0.56 <sup>abc</sup>	1.70 ±0.57 <sup>a</sup>	1.90 ±0.64 <sup>ab</sup>	5.717	.000*

\* Statistical significances were by one-way analysis of variances among groups

† The same letters indicate non-significant difference between groups based on Duncan's multiple comparison test  
MAS: Modified Ashworth Scale

**Table 4.** Changes in the 3D motion analysis according to the application period of functional electrical stimulation (Unit: cm)

Variation	Applying electrical stimulation period		t	p
	Pre-test	8 weeks test		
Mean ± Standard deviation				
Hand tap distance	22.60 ± 4.71	21.15 ± 4.42	6.175	.000*
Finger tap distance	24.20 ± 4.42	23.20 ± 4.43	4.156	.001*
Pronation-supination distance	113.80 ± 24.65	122.85 ± 27.25	4.782	.000*

\* Statistical significances were by paired t-test of variances among groups

#### IV. 고 찰

본 연구는 기능적 전기자극의 적용이 경직성 뇌성마비 아동의 상지 기능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 경직성 뇌성마비 아동 20명을 대상으로 8주간 기능적 전기자극을 적용한 후 Jebsen Hand Function Test와 수정된 Ashworth 척도, 3차원 동작분석을 통해 상지 기능의 변화를 관찰하였다.

뇌성마비 아동의 자세 변화에 따른 상지 기능을 평가한 연구에서 Jung, Park, Chun과 Shin(1996)은 경직성 양하지 뇌성마비 아동을 대상으로 의자 앉기, 서기, 바닥 앉기 등의 자세변화에 따른 상지 기능을 비교한 결과 독립보행이 가능한 군에서는 자세변화에 따른 손 기능의 차이를 보이지 않았으며, 독립보행이 불가능한 군에서는 의자 앉기에서 가장 좋은 수행능력을 보였다고 하였고, Noronha, Bundy과 Groll(1989)의 경직성 마비아동을 대상으로 엎드려 서기 자세(prone standing)와 의자 앉

기에서 손 기능을 비교한 연구에서는 Jebsen Hand Function Test 결과, 작은 물건(small object)을 집는 기능적 동작의 경우 의자 앉기에서 유의하게 빨라 미세한 동작을 요구하는 작업은 의자 앉기가 가장 유리하다고 보고하였다. 이에 따라 본 연구에 참여한 연구대상자들은 독립보행이 가능한 대상자가 60%, 독립보행이 불가능한 대상자가 40%로 나타나 효과적인 기능적 전기자극의 적용과 상지 기능의 평가를 위한 자세로 의자 앉기 자세를 선정하여 모든 실험을 실시하였다.

Kim(2014)의 연구에서는 뇌성마비 아동을 대상으로 뇌 컴퓨터 인터페이스 기반 기능적 전기 자극을 실시한 결과, 뇌활성의 증가와 함께 손의 기능과 관련된 잡기와 움직임 요소가 향상됨을 보고하여 뇌성마비 아동을 대상으로 한 기능적 전기 자극이 효과적임을 알 수 있었고, 이에 본 연구에서는 경직성 뇌성마비 아동을 대상으로 기능적 전기 자극이 상지의 기능과 함께 경직도의 변화와 정량적 평가도구인 3차원 동작 분석에 어떠한 영향을 미치는지 알고자 연구를 진행하였다.

임상적으로 기능적 전지가극은 상지의 운동조절 향상을 위해 일상생활의 과제와 함께 사용되고 있다. 최근 연구에서는 기능적 전지가극 동안에 뺨기와 잡기, 이동과 물체 놓기와 함께 과제훈련을 실시하는 것이 기능적 전지가극 없이 과제훈련만을 실시한 그룹보다 더 유의한 상지 기능의 회복을 나타내었다고 보고하였다(Kim, 2002; Lee, 2006). 그리고 과제 수행 동안에 환자의 자발적인 상지의 움직임 훈련이 기능적 전지가극과 함께 이루어질 때 상지의 기능 회복을 위한 보다 효과적인 중재임을 보고되고 있다(Mangold, Schuster, Keller, Zimmermann-Schlatter & Ettin, 2009). 즉 선행연구에서는 단독적인 과제 수행 훈련이나 치료보다는 과제 수행 동안에 기능적 전지가극을 적용하는 것이 상지 기능 회복에 더욱 효과적임을 보고하였는데, 본 연구에서는 과제 수행 전에 기능적 전지가극을 적용하는 것이 상지 기능에 어떠한 영향을 나타내는지를 알아보려고 연구를 진행하였다.

그 결과 본 연구에서는 기능적 전지가극을 8주간 적용한 후, Jebsen Hand Function Test의 모든 6가지 하위 검사와 수정된 Ashworth 척도에서 통계학적으로 유의한 상지 기능의 향상을 나타내었다. 이러한 결과는 경직성 뇌성마비 아동을 대상으로 능동적 촉각 자극 강화 프로그램을 12주간 적용 후 Jebsen Hand Function Test를 통한 분석 결과 과제 수행기간과 변화량의 통계학적 향상을 보고한 Lee와 Song(2009)의 연구와 일치한다고 볼 수 있다. 즉 기능적 전지가극은 뇌성마비 아동의 상지 기능 향상을 위해 사용되는 능동적 촉각 자극 강화 프로그램이나 의도적 다감각환경 프로그램과 같은 효과적인 상지 기능 향상을 위해 적용할 수 있는 치료 방법이라 생각된다.

또한 본 연구에서는 3차원 동작분석기를 통한 연구 대상자의 3가지 동작 동안의 상지 기능의 정량적 평가를 실시하였는데, 손바닥 두드리기와 검지 두드리기는 기능적 전지가극 적용 전에 비해 8주의 적용 후 정량적 이동거리가 통계학적으로 유의한 감소를 나타내었고, 아래팔의 회내-회외 운동에서는 기능적 전지가극 적용 전에 비해 적용 8주의 경과 후에는 정량적 이동거리가 통계학적으로 유의한 증가를 나타내었다. 이와 유사한 선행 연구인 Kim 등(2008)의 연구에서는 만성기 편마비 환자에게 기능적 전지가극을 적용한 결과, 삼차원 동작 분석기를

이용한 상지 기능 평가에서 회내-회외 동작의 진폭(각도)의 유의한 증가를 보고하였고, 검지 두드리기와 손바닥 두드리기의 동작에서는 진폭의 감소는 나타났지만 통계학적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다고 보고하였다. 즉 만성기 편마비 환자의 경우 기능적 전지가극이 아래팔의 회내-회외 동작의 진폭증가에는 효과적으로 작용하였지만, 검지 두드리기와 손바닥 두드리기에서는 진폭의 변화에는 유의한 효과를 나타내지는 못했지만, 경직성 뇌성마비 아동의 경우 아래팔의 회내-회외 동작과 검지 두드리기 및 손바닥 두드리기 모두에서 상지 기능 향상과 관련된 유의한 효과를 나타낸 것으로 판단된다.

이에 본 연구를 통해 경직성 뇌성마비 아동을 대상으로 상지에 기능적 전지가극을 적용하는 것이 상지 기능과 관련된 많은 요소들에 긍정적인 효과를 나타낸다는 것을 알 수 있었고, 이러한 결과를 통해 경직성 뇌성마비 아동의 상지 기능의 치료를 위한 효과적인 치료 방안으로 적용될 수 있다고 생각된다. 하지만 본 연구는 8주간의 짧은 적용기간과 대상자의 경직도나 기능적 형태를 고려하지 않은 일률적인 전지가극 형태와 전극배치의 제한점을 가지고 있고, 또한 평가를 위해 사용된 Jebsen Hand Function Test의 결과가 기능적 전지가극으로 인해 변화한 것인지 또는 학습효과로 인해 변화된 것인지 알 수 없는 제한점을 가지고 있어 연구대상자의 다양한 변수를 고려한 장기간의 연구와 함께 학습효과를 배제하기 위한 대조군과의 비교를 통한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다. 또한 본 연구는 손목뽀근에 대해서만 기능적 전지가극을 적용하였는데, 향후 손목뽀근과 손목굽힘근 등의 다양한 부분의 상호교대적인 기능적 전지가극을 상지의 기능과 관련된 다양한 변수들의 변화에 미치는 영향에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## IV. 결 론

본 연구를 통해 기능적 전지가극이 경직성 뇌성마비 아동이 상지 기능과 관련된 다양한 평가 요소들의 유의한 변화를 나타내었고, 이러한 결과를 통해 기능적 전지가극은 경직성 뇌성마비 아동의 상지의 기능 회복에 도움이 된다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 기능적 전지가극은 경직성 뇌성마비 아동의 상지 기능 회복을 위해

많은 재활 분야에서 지속적으로 연구가 이루어져야하고, 향후 더욱 효과적인 임상적 중재방법의 확립을 위한 지속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

- 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.
- Farmer, S. E. (2003). Key factors in the development of lower limb co-ordination: Implications for the acquisition of walking in children with cerebral palsy. *Disability and Rehabilitation*, *25*(14), 807-816.
- Farmer, S. E., Pearce, G., & Stewart, C. (2008). Developing a technique to measure intra-limb coordination in gait: Applicable to children with cerebral palsy. *Gait Posture*, *28*(2), 217-221. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.12.005>
- Gritsenko, V., & Prochazka, A. (2004). A functional electric stimulation-assisted exercise therapy system for hemiplegic hand function. *Archives Physical Medicine and Rehabilitation*, *85*(6), 881-885.
- Hunt, K. J., Gollee, H., & Jaime, R. P. (2001). Control of paraplegic ankle joint stiffness using FES while standing. *Medical Engineering & Physics*, *23*(8), 541-555.
- Jung, M. Y., Park, C. I., Chun, J. S., & Shin, J. C. (1996). The effect of positioning on the hand function in children with cerebral palsy. *Journal of Korean Society of Occupational Therapy*, *4*(1), 1-10.
- Kim, J. H., Yoon, Y. S., & Chung, B. H. (2008). The effects of functional electrical stimulation on arm motor function in patients with chronic hemiplegia. *Journal of Korean Society of Occupational Therapy*, *16*(4), 19-29.
- Kim, J. Y. (2002). *The effect of functional electrical stimulation on the hand function with hemiplegic patient*. Master's thesis, DanKook University, Yongin.
- Kim, T. W. (2014). *The effects of brain computer interface based functional electrical stimulation training on upper extremity function and brain activation for patients with cerebral palsy*. Master's thesis, Sahmyook University, Seoul.
- Kim, Y. J., Oh, J. L., Kim, J. Y., & Park, R. J. (2002). The effect of functional electrical stimulation and far infrared on the ankle plantar flexor spasticity in cerebral palsy. *The journal of Korean society of physical therapy*, *14*(2), 51-64.
- Lee, J. E., Chung, H. W., O, Y. T., & Lee, J. Y. (1998). Difference of in-hand manipulation pattern between normal adults and cerebral palsied children. *Journal of Korean Society of Occupational Therapy*, *6*(1), 36-43.
- Lee, M. Y. (2004). The effects of dermatomal electric stimulation to the hand function in chronic hemiplegia. *Journal of Korean Society of Occupational Therapy*, *12*(2), 29-37.
- Lee, M. Y. (2006). *Effects of grip task training on the hand function of hemiplegic patients during functional electrical stimulation*. Master's thesis, Catholic University, Pusan.
- Lee, N. H., & Song, B. H. (2009). The effects of active tactile stimulation reinforcement on hand function of the children with cerebral palsy. *Korean Journal of Physical, Multiple, & Health Disabilities*, *52*(3), 1-17.
- Mangold, S., Schuster, C., Keller, T., Zimmermann-Schlatter, A., & Ettlin, T. (2009). Motor training of upper extremity with functional electrical stimulation in early stroke rehabilitation. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, *23*(2), 184-190. <http://dx.doi.org/10.1177/1545968308>



324548

Noronha, J., Bundy, A., & Groll J. (1989). The effect of positioning on the hand function of boys with cerebral palsy. *American Journal of Occupational Therapy*, 43(8), 507-512.

Postans, N. J., Hasler, J. P., Granat, M. H., & Maxwell, D. J. (2004). Functional electric stimulation to augment partial weight-bearing supported treadmill training for patients with acute incomplete spinal cord injury: A pilot study. *Archives Physical Medicine and Rehabilitation*,

85(4), 604-610.

Schendel, D. E., Schuchat, A., & Thorsen, P. (2002). Public health issues related to infection in pregnancy and cerebral palsy. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 8(1), 39-45.

Yoo, E. Y., Chang, K. Y., Yoon, H. S., & Kim, S. A. (1999). The effect of hip flexion positioning on hand function in children with cerebral palsy. *Journal of Korean Society of Occupational Therapy*, 7(1), 38-45.

## Abstract

### The Effects of Functional Electrical Stimulation on Hand Function of Children With Spastic Cerebral Palsy

Bang, Hyun-Soo\*, Ph.D., P.T., Kim, Dong-Hyun\*\*, Ph.D., P.T.

\*Dept. of Physical Therapy, College of Nursing and Health Science, Gimcheon University

\*\*Dept. of Occupational Therapy, College of Nursing and Health Science, Gimcheon University

**Objective:** This study aims investigating the effects of functional electrical stimulation (FES) on hand function of children with spastic cerebral palsy.

**Methods:** The participants of this study are 20 children with spastic cerebral palsy aged between 11 to 16 years old. All the subjects underwent 24 sessions of FES during 8 weeks. Each FES was 20 minutes per session, and 3 sessions of FES were provided in a week. Measurements used to assess hand function are Jebsen Hand Function Test, Modified Ashworth Scale and 3D Motion Analysis. After establishment of the baseline for each client by all the measurements, reevaluations were performed every 2 weeks using Jebsen Hand Function Test and the Modified Ashworth Scale. The 3D Motion Analysis was performed only before- and after the 8 weeks of FES treatment.

**Results:** After the FES, there was significant decrease in completed time for the all 6 subtasks of Jebsen Hand Function Test were ( $p < .05$ ) and also significant decrease in spasticity score of Modified Ashworth Scale as well ( $p < .05$ ). 3D Motion Analysis showed that the hand tapping and the finger tapping has been significantly improved ( $p < .05$ ), and the pronation-supination movement of lower arm has been significantly improved as well.

**Conclusion:** Based on the results of this study, it is evidenced that functional electrical stimulation is effective treatment for hand function of children with cerebral palsy. For future research, it is recommended to examine various protocols of FES including impact of long-term application.

**Key words:** functional electrical stimulation, spastic cerebral palsy, hand function