

## 기능적 전기 자극을 병행한 과제 지향적 훈련이 경수 손상 환자의 손 기능에 미치는 영향: 개별사례 연구

고석범\*, 박혜연\*\*, 김종배\*\*, 김정란\*\*

\*로이병원 작업치료실

\*\*연세대학교 보건과학대학 작업치료학과

### 국문초록

**목적** : 본 연구는 기능적 전기 자극을 병행한 과제 지향적 훈련이 불완전 경수 손상 환자의 손 기능에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

**연구방법** : 대상자는 불완전 경수 손상 진단을 받은 성인 3명으로, ABA 설계를 사용하였으며, 연구기간 동안 기초선(A1) 5회기, 중재기(B) 20회기, 재기초선(A2) 5회기로 총 30회기 실시하였다. 중재기(B) 동안 기능적 전기 자극을 병행한 과제 지향적 훈련이 제공되었고, 모든 회기에는 손 기능을 평가하기 위해 상자와 나무토막 검사(Box and Block Test), 떨어지는 막대 잡기(Grip the falling bar)와 먹기 흉내 내기(Simulated feeding)를 측정하였으며, 기초선(A1) 전, 재기초선(A2) 후로 Canadian Occupational Performance Measure(COPM), Jebsen-Taylor Hand Function Test(JTHFT)와 Wolf Motor Function Test(WMFT)를 실시하여 중재 효과를 살펴보았다.

**결과** : 모든 대상자는 상자와 나무토막 검사(Box and Block Test), 떨어지는 막대 잡기(Grip the falling bar)와 먹기 흉내 내기(Simulated feeding)를 통해 기초선(A1)보다 중재기(B)에서 우세 손 기능이 향상되었고, 재기초선(A2)에서 그 효과가 유지되었다. 재기초선(A2) 후 COPM, JTHFT와 WMFT의 결과, 우세 손 기능의 향상과 과제 수행도와 만족도의 향상을 보였다.

**결론** : 기능적 전기 자극을 병행한 과제 지향적 훈련은 경수 손상 환자의 손 기능뿐만 아니라, 대상자가 선택한 훈련 과제의 과제 수행도와 만족도 향상에 효과적이다.

**주제어** : 경수 손상, 과제 지향적 훈련, 기능적 전기 자극, 손 기능, 작업치료, 척수 손상

## I. 서론

경수는 상지의 신경학적 레벨을 결정하는 주요 감각 신경과 운동 신경이 분포하여, 경수 손상 시, 사지 마비 또는 사지 부전 마비가 나타난다(Harvey, 2008). 특히, 경수 손상 환자는 상지 기능에 제한을 가지게 되어, 잡기, 뺏기와 조작하기 등의 기본적인 손 기능 수행에 어려움을 가지게 되고, 일상생활활동에 많은 신체적 도움이 필요하다(Spooren, Janssen-Potten, Kerckhofs, Bongers, & Seelen, 2011). 따라서 경수 손상 환자의 손 기능 향상은 재활치료의 가장 큰 목적이다(Lu, Battistuzzo, Zoghi, & Galea, 2015).

경수 손상 환자의 손 기능을 위한 치료에는 치료적 운동, 보조기와 보조 도구의 사용, 수술적 요법, 과제 지향적 훈련과 기능적 전기 자극 등이 있다(Lu et al., 2015). 최근에는 과제 지향적 훈련의 적용이 주목받고 있고, 실제 일상생활활동으로 구성된 치료 방법이다(Carr & Shepherd, 2003). Dobkin (2009)은 척수 손상 환자를 대상으로 실시한 과제 지향적 훈련을 통해 말초로부터 전달되는 감각 정보가 대뇌의 감각운동영역에 전달되어 손상된 척수를 활성화시킨다고 보고했고, 과제 제공을 통한 감각 정보는 신경 생리와 구조에 재조직화를 가져온다고 하였다(Lim & Tow, 2007). 즉, 척수 신경의 손상으로 손상 이전의 움직임 패턴의 사용은 더 이상 불가능하기 때문에 척수 손상 환자들은 과제 지향적 훈련을 통해 기능적 관절 가동 범위의 향상과 근육의 기능적 사용을 향상 시킬 수 있고(Lynskey, Belanger, & Jung, 2008), 과제 지향적 훈련이 신경 가소성 증가에 중요한 역할을 하여 경수 손상 환자의 기능을 향상시킨다(Girgis, Merrett, Kirkland, Metz, Verge, & Fouad, 2007; Martin, Sadowsky, Obst, Meyer, & McDonald, 2012).

또한 과제 지향적 훈련의 환자 중심 접근은 환자에게 동기 부여와 참여도를 높이고, 재활 프로그램

의 다양성을 제공하며, 치료의 효율성을 높이는 장점을 가진다(Pendleton & Schultz-Krohn, 2013). 하지만 경수 손상 환자들은 능동적인 손 근육 수축이 어렵고(Harvey, 2008), 물건을 조작하기 위해 보조 도구를 착용하거나 일상생활용품의 개조가 필요하여 과제 지향적 훈련만을 적용하는데 한계가 있다. 따라서 경수 손상 환자들에게 기능적 전기 자극을 통해 마비된 손가락 굽힘근과 엄지 굽힘근을 활성화시켜 잡기를 할 수 있는 충분한 힘을 낼 수 있도록 도움을 줄 수 있다(Peckham, Marsolais, & Mortimer, 1980).

척수 손상 환자를 위한 기능적 전기 자극은 의미 있는 움직임을 위해 근육을 수축시키며, 잡기, 서기 뿐만 아니라 보행 패턴의 강화를 위해 사용된다(Miller, Popović, Thrasher, & Verrier, 2008). 이러한 기능적 전기 자극은 전류를 사용하여 근육을 수축시키기 위해 상위 운동 신경원(upper motor neuron)을 활성화시키고(Rushton, 2003; Sisto, Druin, & Sliwinski, 2008), 불완전 또는 완전 경수 손상 환자의 운동 기능을 향상시키기 위한 치료법 중의 하나이다(Popovic, Curt, Keller, & Dietz, 2001). 또한 Rushton(2003)에 의하면 기능적 전기 자극이 주어지는 동안 환자의 수의적인 노력이 추체로의 활동을 강화시킨다고 보고했고, 기능적 전기 자극은 수의적인 조절이 가능한 환자의 마비된 운동 단위와 피질 가소성에 영향을 주며, 근력과 신체적 능력이 향상되는 것을 돕는다(Tong, Ng, & Li, 2006).

하지만 척수 손상 환자의 기능적 전기 자극과 병행된 과제 훈련이 보행에 관련된 연구가 대부분이고(Thrasher, Flett, & Popovic, 2006), 경수 손상 환자에게 기능적 전기 자극을 과제 훈련과 병행하여 증재를 제공한 경우, 과제는 공 옮기기, 블록 잡기처럼 특정 과제가 제공되었다(Miller et al., 2008). 또한 기초선 기간이 포함되지 않아, 기초선 기간이 추가된 실험 디자인 적용이 필요하다고 보고하고 있고(Martin, Johnston, & Sadowsky, 2012), 기존 연구들은 정해진 특정 과제로 인하여 개인의 기능 수

Table 1. General Characteristics of the Participants

(N=3)

	Participant 1	Participant 2	Participant 3
Age	26	69	75
Gender	Male	Female	Male
Diagnosis	Tetraplegia	Tetraplegia	Tetraplegia
Injury level	Cervical 6th	Cervical 3rd	Cervical 2nd
ASIA Scale	ASIA-C	ASIA-D	ASIA-D
Onset	2016. 8. 2.	2016. 4. 9.	2016. 9. 8.
MMSE	30	30	29
MAS(hand)	G1/G1	G0/G0	G0/G0
Dominant hand	Right	Right	Right

ASIA: American Spinal Injury Association, MAS: Modified Ashworth Scale, MMSE: Mini Mental State Examination

준을 고려하지 못하며, 개인 내의 변화 양상을 관찰하지 못하였다. 따라서 본 연구에서는 대상자가 훈련 과제를 선택하고, 기초선 과정을 설정하여 기능적 전기 자극을 병행한 과제 지향적 훈련이 대상자의 우세 손 기능과 훈련 과제 수행도와 만족도의 변화를 관찰하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 전문의로부터 불완전 경수 손상 진단을 받고 손 기능에 제한에 있는 환자를 선정하였다. 척수 손상 후, 6~12주 동안 신경학적 변화가 많으며, 신경학적 변화가 안정적인 3개월이 지난 환자를 선정하였다. 서울시 종로구 ○○ 병원에서 일 2회 작업 치료, 물리치료를 통해 상지 및 하지 기능, 일상생활 동작 훈련을 받으며, 일 1회 기능적 전기 자극치료를 받고 있는 3명의 환자를 대상으로 실시하였다. 실험 전 연구 목적과 방법에 대해 충분히 설명하였으며, 연구 참여에 동의한 3명을 선별하였다. 대상자

표집은 편의 표집 방법으로 진행되었다.

본 연구의 대상자 선정기준은 다음과 같다.

- (1) 척수 손상으로 진단 받고 3개월이 지난 자
- (2) 손상 수준이 경수 수준, 불완전 손상을 진단 받은 자
- (3) 손목 신전 근이 F 등급인 이상인 자
- (4) 인지적으로 문제가 없고, 의사소통이 원활한 자
- (5) 본 연구에 동의한 자

대상자 선정에 필요한 정보는 환자 차트, 담당 치료사, 환자와 보호자 면담을 통해 수집하였고, 본 연구에 선정된 대상자의 일반적 특성은 Table 1에 제시하였다.

### 2. 연구 도구

- 1) 상지와 나무토막 검사  
(Box and Block Test; BBT)

BBT는 일상생활에서 많이 쓰이는 손의 조작 능력 및 상지의 기민성을 평가하기 위해 사용하는 표준화된 평가 도구로 이 도구의 검사-재검사 신뢰도

는 왼손이 0.93, 오른손이 0.97이며, 검사자간 신뢰도는 왼손 0.99, 오른손 1.00이다(Mathiowetz, Volland, Kashman, & Weber, 1985).

#### 2) 떨어지는 막대 잡기(Grip the falling bar)

지름 1.5cm의 막대를 이용하여 대상자가 잡기 패턴(grip pattern)을 이용할 수 있도록 하며, 아래팔은 책상에 지지하여 검지 위치에서 지시 없이 막대를 3회 떨어뜨려 측정된 낙하 거리의 평균값을 사용하였다. 본 연구에서는 손의 잡기를 통해 손가락 굽힘 근의 반응 속도를 낙하 거리를 통하여 측정하기 위해 사용하였다.

#### 3) 먹기 흉내 내기(Simulated Feeding)

JTHFT의 하위 항목인 먹기 흉내 내기 과제와 변형된 형태로 모든 대상자의 훈련 과제에 속하는 수저 사용하기에 대한 대상자 우세 손의 수행도를 확인하기 위해 사용하였다. 본 연구에서 평가에 사용되는 콩이 미끄러져 흘릴 가능성에 대해서 콩을 바둑돌로 대체하였고, 평가 방법은 대상자의 30cm 앞 중앙에 놓인 수저를 우세 손으로 잡고 바둑돌 5개를 통으로 옮기는 시간을 측정하였다.

#### 4) 캐나다 작업 수행 측정

(Canadian Occupational Performance Measure; COPM)

COPM은 작업치료사들에 의해 개발된 작업수행 평가 도구로 자기관리, 생산성, 레저에 대한 수행도와 만족도를 환자 스스로 인식하여 측정하는 방법으로, 환자 자신이 변화를 직접 평가하는 장점을 가지고 있으며, 신뢰도는 수행도 .80, 만족도 .89이다(Law et al., 1998).

#### 5) 잼슨 테일러 손 기능 평가(Jebsen-Taylor Hand Function Test; JTHFT)

JTHFT는 Jebsen, Taylor, Trieschmann,

Trotter와 Howard(1969)에 의해 개발되었다. 표준화된 7개의 하위검사로 구성되어 있고, 각 과제를 수행하는데 걸리는 시간을 측정하여 손 기능을 평가하며, 신뢰도는 .67~.99이다.

#### 6) 울프 운동 기능 검사

(Wolf Motor Function Test; WMFT)

WMFT는 뇌졸중 환자의 강제 유도 운동 치료(Constraint-Induced Movement Therapy; CIMT) 효과를 검증하기 위해 개발되었고, 선행연구에서 척수 손상 환자를 대상으로 JTHFT와의 상관관계를 측정하여 타당도 검증을 하였다(Beekhuizen, & Field-Fote, 2005). 근력 측정 항목을 제외한 15가지 항목 중 손의 잡기 패턴을 사용하는 캔 들기, 연필 들기, 클립 들기, 체커 쌓기, 카드 뒤집기 항목을 사용하였다. 소요 시간과 기능적 점수로 측정하였고, 기능적 점수는 6점 척도로 최소 0점에서 최대 5점으로 구성되어 있으며, 각 항목 당 수행 시간은 120초로 제한되어있다(Wolf et al., 2001).

### 3. 연구 설계

#### 1) 연구 모형

기능적 전기 자극과 함께 각 대상자가 선정한 과제 지향적 훈련이 불완전 경수 손상 환자의 손 기능에 미치는 영향을 알아보기 위한 방법으로 개별 사례 연구방법 중 ABA 디자인을 사용하였다.

#### 2) 실험 장소, 기간 및 기능적 전기 자극기

본 연구의 모든 과정은 치료실의 독립된 공간에서 이루어졌으며, 기초선(A1) 5회, 중재기(B) 20회, 재기초선(A2) 5회기로 6주간 총 30회에 걸쳐 연구를 실시하였다. 본 연구에서 사용된 기능적 전기 자극기는 한국의 스트라텍에서 제작된 FES-1000으로 주파수 1~120Hz, 자극 전류 범위는 0~100mA로 1mA의 세기로 조절 가능하다. 본 연구에서는 외부

스위치인 핸드 스위치를 사용하여 전기 자극을 제공하였다.

#### 4. 연구 과정

##### 1) 기초선(A1)

기초선 A1은 기능적 전기 자극을 병행한 과제 지향적 훈련을 시행하지 않는 시기로 총 5회기 진행되었고, 매 회기마다 상자와 나무토막 검사(BBT), 떨어지는 막대 잡기(Grip the falling bar)와 먹기 흉내 내기(Simulated feeding)를 무작위 순서로 시행하였다. 첫 번째 회기 전 COPM, JTHFT와 WMFT를 실시하였다.

##### 2) 중재기(B)

중재기 B는 기능적 전기 자극을 병행한 과제 지향적 훈련을 하는 시기로 총 20회 진행되었다. 기능적 전기 자극을 병행한 과제 지향적 훈련 직후 상자와 나무토막 검사(BBT), 떨어지는 막대 잡기(Grip the falling bar)와 먹기 흉내 내기(Simulated feeding)를 무작위 순서로 진행하였으며, 기능적 전기 자극을 병행한 과제 지향적 훈련은 회기 당 30분으로 COPM을 통해 정해진 훈련 과제 3가지를 각 훈련 과제 당 10분씩 훈련하였다(Table 2).

기능적 전기 자극과 병행한 과제 지향적 훈련 과제는 대상자의 중심 30cm 앞에 제공하였고, 우세 손으로 실시하였다. 전기 자극 패드는 대상자 우세 손의 천지굴근(Flexor Digitorum Superficialis)과 심

지굴근(Flexor Digitorum Profundus), 장무지 굴근(Flexor Pollicis Logus)을 자극할 수 있도록 부착하여 전기 자극을 제공하였다. 정상적인 잡기 과정에서 물체를 잡기 위해 팔을 뻗는 동안 손이 펴지고, 물체를 향해 뻗는 거리의 2/3 지점에서 최대가 되며, 이 지점이 지나면 근 수축이 반대로 일어나면서 물체를 잡게 된다(Hu, Osu, Okada, Goodale, & Kawato, 2005). 따라서 대상자가 훈련 과제의 물체를 잡기 위해 팔을 뻗는 30cm의 2/3인 20cm을 지날 때 핸드 스위치를 통해 전기 자극을 제공하였고, 과제 수행이 종료되는 순간 전기 자극을 차단하였다. 대상자의 손가락 굽힘 동작이 나오는 순간의 전기 세기를 확인하고, 각 대상자마다 통증과 움직임 방해가 없는지 확인하여, 중재 과정 동안 동일한 전기 자극 세기를 적용하였다.

##### 3) 재기초선(A2)

중재기 B가 끝난 후 다시 기능적 전기 자극을 병행한 과제 지향적 훈련을 하지 않는 재기초선 A2 기간을 총 5회기 진행하였다. 매 회기마다 상자와 나무토막 검사(BBT), 떨어지는 막대 잡기(Grip the falling bar)와 먹기 흉내 내기(Simulated feeding)를 무작위 순서로 시행하였고, 5회기 이후 COPM, JTHFT와 WMFT를 실시하였다.

##### 4) 추적평가

모든 실험이 끝나고 한 달 후 COPM, JTHFT와 WMFT를 다시 한 번 실시하였다.

Table 2. Selected Activities of Participants in COPM

	Participant 1	Participant 2	Participant 3
Activities	1 Setting a water bottle	Wearing clothes by zipper and buttons	Eating snacks by hand
	2 Writing	Using a spoon	Using a spoon
	3 Using a spoon	Opening a lid	Brushing teeth

COPM: Canadian Occupational Performance Measure

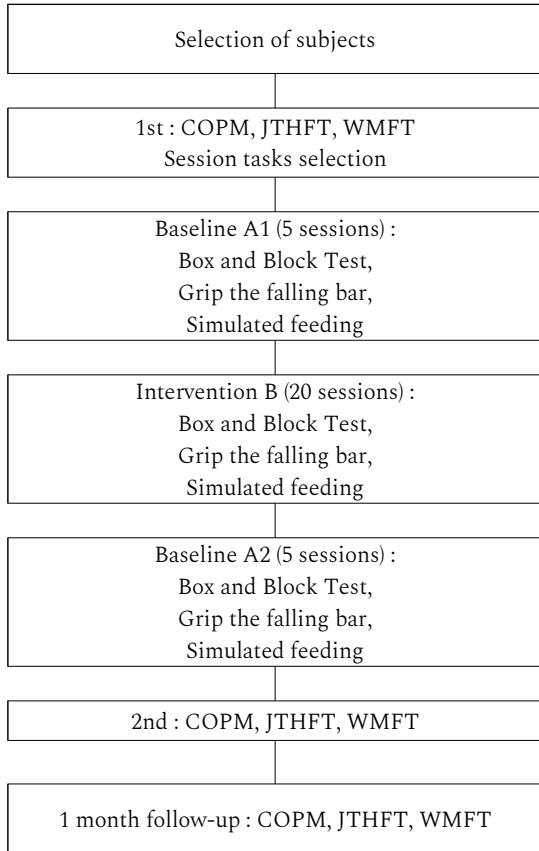


Figure 1. Flow Diagram of the Study

모든 평가는 동일 시간, 동일 검사자에 의해서 이루어졌으며, 연구 과정의 흐름은 다음과 같다 (Figure 1).

### Ⅲ. 연구 결과

#### 1. 상자와 나무토막 검사(Box and Block Test)

상자와 나무토막 검사에서 대상자 1의 기초선(A1)의 평균값은 45개에서 중재기(B) 51.4개로 6.4개 증가하였고, 재기초선(A2)의 평균값은 51.4개로 중재기(B)의 평균값과 같다(Figure 2). 대상자 2의 기초선(A1)의 평균값은 37개에서 중재기(B) 44.35개로 7.35개 증가하였고, 재기초선(A2)의 평균값은 46.8개로 처음 기초선과 비교하여 9.8개 증가하였다(Figure 3). 대상자 3의 기초선(A1)의 평균값은 28.2개에서 중재기(B) 33.65개로 5.45개 증가하였고, 재기초선(A2)의 평균값은 33.2개로 처음 기초선과 비교하여 5개 증가하였다(Figure 4). 상자와 나무토막 검사는 치료 회기가 진행될수록 수행하는 개수가 증가하는 경향을 보여 손 기능 향상을 보였다.

#### 2. 떨어지는 막대 잡기(Grip the falling bar)

떨어지는 막대 잡기에서 대상자 1의 기초선(A1)의 평균 낙하거리는 24.68cm에서 중재기(B) 20.29cm으로 4.39cm 감소하였고, 재기초선(A2)의 평균 낙하거리는 21.38cm으로 처음 기초선과 비교하여 3.3cm 감소하였다(Figure 5). 대상자 2의 기초

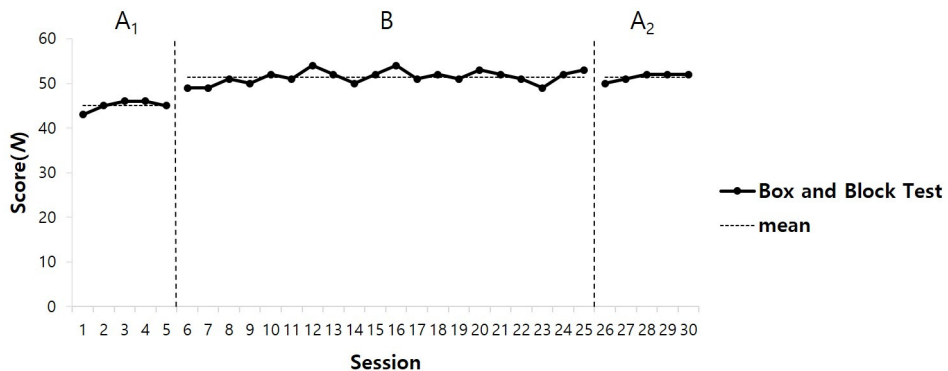


Figure 2. Change of Participant 1's Box and Block Test

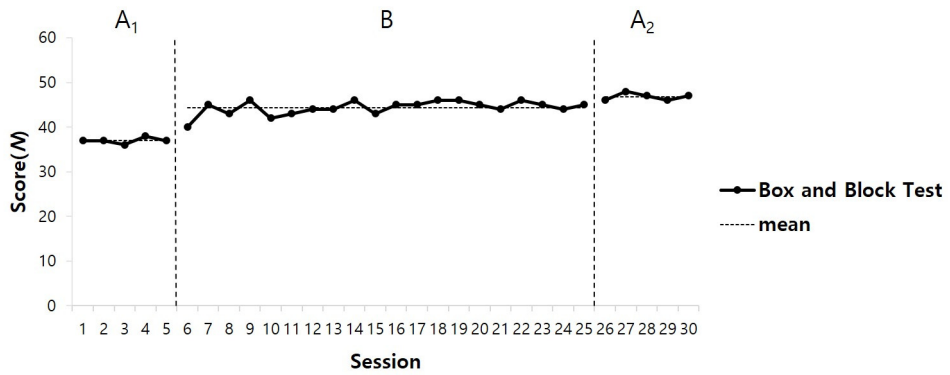


Figure 3. Change of Participant 2' s Box and Block Test

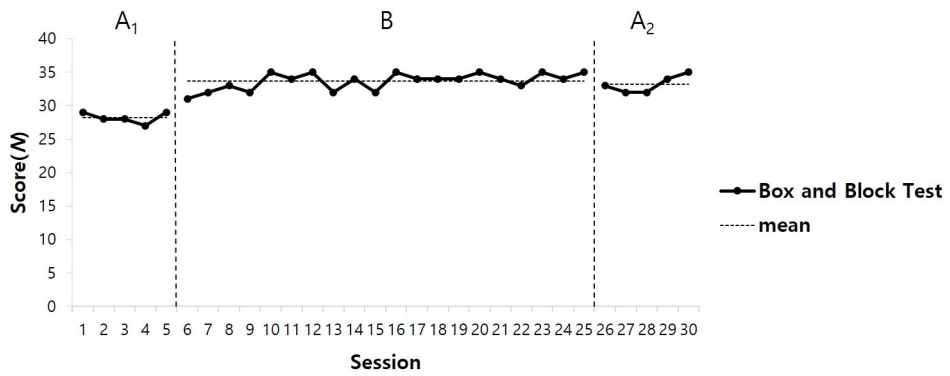


Figure 4. Change of Participant 3' s Box and Block Test

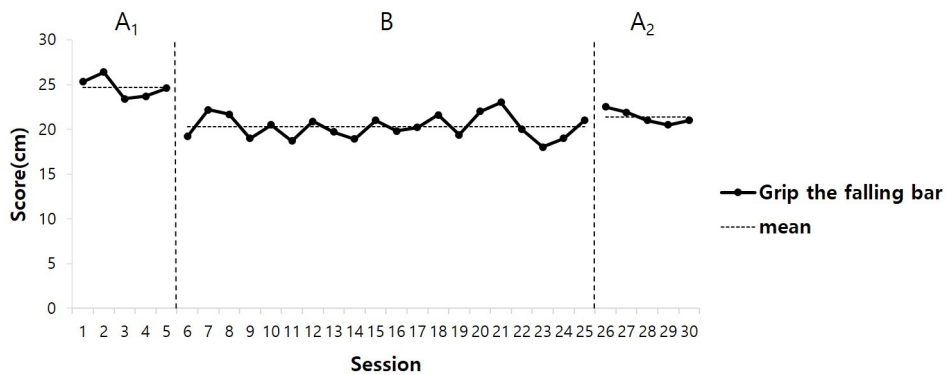


Figure 5. Change of Participant 1' s Grip the falling bar

선(A1)의 평균 낙하거리는 42.24cm에서 중재기(B)의 평균 낙하거리는 31.63cm으로 10.61cm 감소하였고, 재기초선(A2)

의 평균 낙하거리는 32.6cm으로 처음 기초선과 비교하여 9.64cm 감소하였다(Figure 6). 대상자 3의

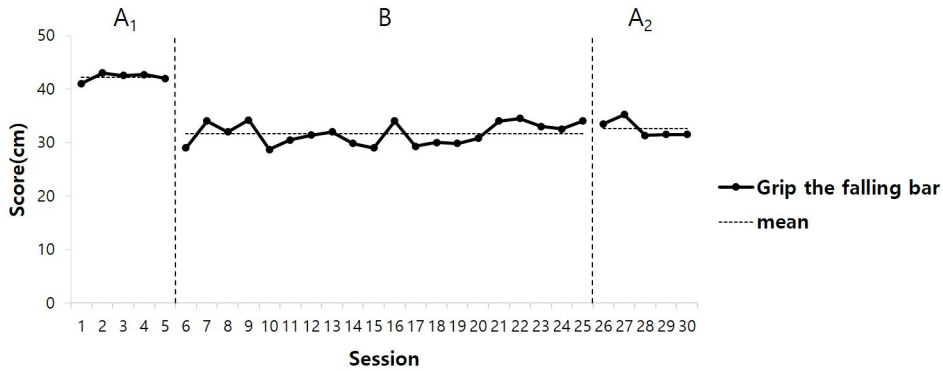


Figure 6. Change of Participant 2' s Grip the falling bar

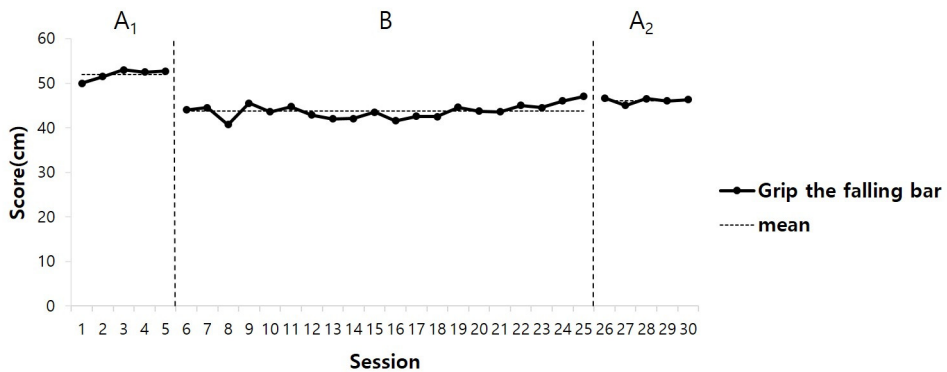


Figure 7. Change of Participant 3' s Grip the falling bar

기초선(A1)의 평균 낙하거리는 51.94cm에서 중재기(B) 43.73cm으로 8.21cm 감소하였고, 재기초선(A2)의 평균 낙하거리는 46.1cm으로 처음 기초선과 비교하여 5.84cm 감소하였다(Figure 7). 떨어지는 막대 잡기는 중재기 동안 낙하거리의 감소를 보이나, 재기초선 기간에 평균 낙하거리가 증가하는 경향을 보였다.

### 3. 먹기 흉내 내기(Simulated feeding)

먹기 흉내 내기에서 대상자 1의 기초선(A1)의 평균 소요시간은 11.29초에서 중재기(B) 9.29초로 2초 감소하였고, 재기초선(A2)의 평균 소요시간은 8.98초로 처음 기초선과 비교하여 2.31초 감소하였다(Figure 8). 대상자 2의 기초선(A1)의 평균 소요시간

은 12.88초에서 중재기(B) 10.06초로 2.82초 감소하였고, 재기초선(A2)의 평균 소요시간은 9.93초로 처음 기초선과 비교하여 2.95초 감소하였다(Figure 9). 대상자 3의 기초선(A1)의 평균 소요시간은 23.55초에서 중재기(B) 16.74초로 6.81초 감소하였고, 재기초선(A2)의 평균 소요시간은 18.15초로 처음 기초선과 비교하여 5.4초 감소하였다(Figure 10). 먹기 흉내 내기는 대상자 3을 제외하고 치료 회기가 진행될수록 소요시간이 감소하는 경향을 보였다.

### 4. COPM

COPM은 총 3회 실시하였다. 그 결과, 기초선 이전인 1회와 재기초선 이후인 2회 COPM 결과, 모든 대상자에서 수행도와 만족도는 모두 향상 및 유지



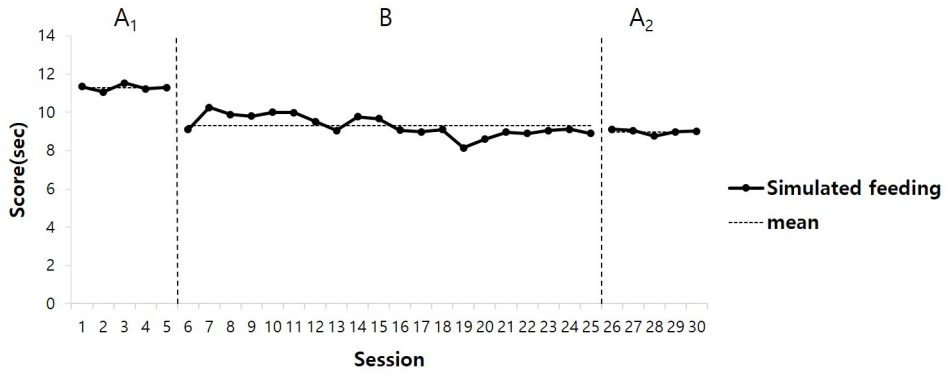


Figure 8. Change of Participant 1' s Simulated feeding

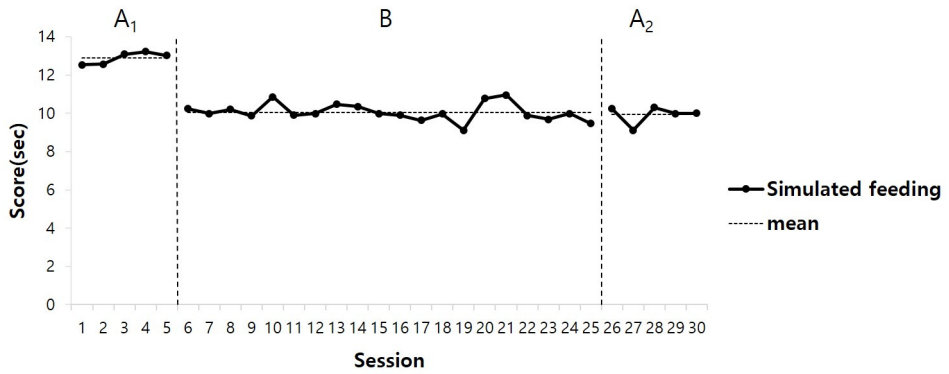


Figure 9. Change of Participant 2' s Simulated feeding

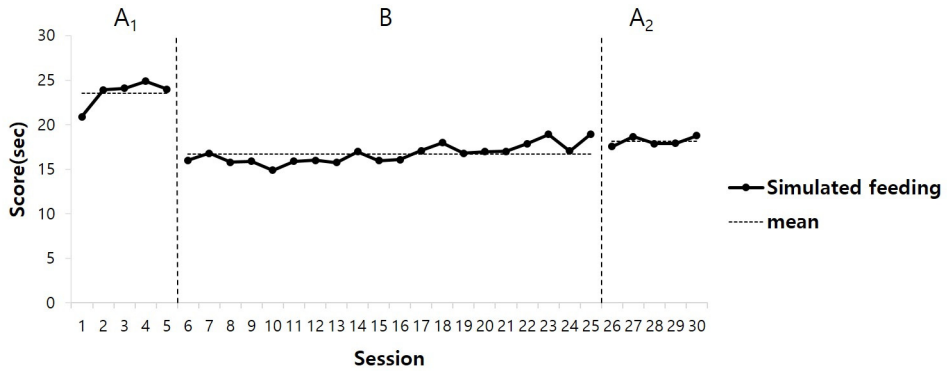


Figure 10. Change of Participant 3' s Simulated feeding

되었음을 확인하였으나, 추적평가에서 모든 대상자의 수행도와 만족도는 2회 평가 결과와 비교하여 유지되거나 감소됨을 확인하였다(Table 3).

Table 3. COPM scores Change of 1st to 2nd to 1 month Follow-up

Activities	1st		2nd		1 month Follow-up		
	Performance	Satisfaction	Performance	Satisfaction	Performance	Satisfaction	
P1	Setting a water bottle	3	5	5	6	4	5
	Writing	3	7	5	8	4	7
	Using a spoon	5	8	6	8	6	7
P2	Wearing clothes by zipper and buttons	3	2	4	3	3	3
	Using a spoon	4	3	7	6	6	5
	Opening a lid	2	3	5	5	4	4
P3	Eating snacks by hand	7	7	8	7	7	7
	Using a spoon	1	4	4	5	4	4
	Brushing teeth	1	5	3	5	3	4

COPM: Canadian Occupational Performance Measure, P: Participant

## 5. JTHFT와 WMFT

JTHFT와 WMFT는 총 3회 실시하였다. 기초선 이전인 1회와 재기초선 이후인 2회 JTHFT와 WMFT 평가 결과, 모든 대상자의 소요시간이 감소되었음을 보이고, 추적평가에서 JTHFT는 모든 대상자의 2회 평가보다 소요 시간의 증가를 보였으며, WMFT 결과, 2회 평가 보다 모든 대상자에서 손의 잡기 패턴을 사용하는 항목의 기능적 점수는 유지되거나 소요 시간의 증가를 보였다(Table 4)(Table 5).

## IV. 고찰

본 연구는 기능적 전기 자극을 병행한 과제 지향적 훈련이 경수 손상 환자의 손 기능에 미치는 효과를 알아보려고 하였다. 회기 평가를 통해 알아본 우세 손 기능의 효과는 모든 대상자에서 긍정적인 결과를 나타내었다. 이는 선행연구에서 기능적 전기

자극과 함께 수행한 잡기, 놓기 훈련이 손 기능 향상에 효과적이었다는 결과를 지지한다(Miller et al., 2008).

COPM을 통한 과제 수행도와 만족도의 변화를 보면, 기초선 전과 재기초선 후 평가에서 대상자 1, 2의 수행도는 향상되거나 만족도는 향상 및 유지되었다. 이는 척수 손상 환자의 손 기능 향상이 일상생활 수행 평가 점수의 향상을 보이거나(Kapadia, Zivanovic, Furlan, Craven, McGillivray, & Popovic, 2011), Lee, Yang, Hur와 Kim (2010)에 의하면 불완전 경수 손상의 경우, 일상생활 수행 정도가 삶의 질에는 영향을 미치지 못한다고 보고했다. 이처럼 과제 수행도의 증가가 만족도의 증가를 보여주는 것은 아니라는 연구의 결과와 일치한다.

JTHFT 결과, 모든 대상자에서 소요 시간의 감소를 통하여 우세 손 기능의 향상을 확인하였다. 또한 추적평가 결과, 모든 대상자에게서 소요 시간의 증가를 보였으며, 이는 경수 손상 환자에게 과제 훈련과 함께 기능적 전기 자극을 제공하는 선행 연구와

Table 4. JTHFT scores Change of 1st to 2nd to 1 month Follow-up

Items	Participant 1 (sec)			Participant 2 (sec)			Participant 3 (sec)		
	1st	2nd	Follow-up	1st	2nd	Follow-up	1st	2nd	Follow-up
Writing	29.28	26.03	28.27	30.70	27.92	39.64	66.20	59.40	64.65
Simulated page turing	25.78	19.84	20.83	29.87	17.67	21.17	16.09	13.56	14.35
Lifting small objects	16.28	10.40	19.26	63.98	17.13	27.12	N/T	N/T	N/T
Simulated feeding	10.60	8.53	10.39	10.86	9.00	9.47	20.29	16.55	24.22
Stacking	5.82	3.79	4.71	6.33	5.64	6.92	150.49	73.60	81.91
Lifting large, light objects	13.14	8.71	13.77	9.71	7.41	8.34	19.11	18.50	20.05
Lifting large, heavy objects	18.97	11.12	14.95	8.33	8.31	10.11	16.72	14.65	18.00

JTHFT: Jebsen-Taylor Hand Function Test, N/T: None Test

Table 5. WMFT scores Change of 1st to 2nd to 1 month Follow-up

Items	Participant 1 (sec/score)			Participant 2 (sec/score)			Participant 3 (sec/score)		
	1st	2nd	Follow-up	1st	2nd	Follow-up	1st	2nd	Follow-up
Lift can	2.88/3	1.28/4	1.72/4	1.57/4	1.57/4	2.77/4	3.16/3	2.16/3	3.34/3
Lift pencil	1.95/3	1.76/3	1.89/3	2.68/3	1.97/3	2.06/3	1.02/3	0.98/3	2.75/3
Lift paper clip	1.41/3	0.96/4	1.00/4	29.80/2	4.35/3	4.80/3	N/T/1	N/T/1	N/T/1
Stack checkers	2.76/2	2.40/3	2.70/3	4.76/2	4.24/3	4.68/3	97.14/2	67.34/2	73.99/2
Flip cards	6.94/2	4.64/3	5.26/3	25.86/2	10.26/4	12.18/4	10.09/2	8.54/3	9.67/3

N/T: None Test, WMFT: Wolf Motor Function Test

일치하는 결과이다(Martin et al., 2012). 특히, 카드 뒤집기, 작은 물건 집기, 장기말 쌓기 항목에서 소요 시간의 감소가 컸고, 카드 뒤집기, 작은 물건 집기, 장기말 쌓기는 엄지의 대립(opposition) 움직임을

포함하는 측면 잡기(lateral pinch)가 필요한 활동으로 측면 잡기 능력이 향상된 결과라고 사료된다.

WMFT 결과, 대상자 모두 재기초선 후 기능적 점수가 유지 및 향상되었다. 이는 JTHFT와 같은 결과

이며, 특히, 카드 뒤집기 항목에서는 모든 대상자에서 소요 시간 감소와 기능 점수 향상을 보였다. 카드 뒤집기 항목은 측면 잡기의 양적 변화와 질적 변화 향상을 보여주며, 기능적 전기 자극을 병행한 과제 지향적 훈련이 측면 잡기의 양적, 질적 변화에 긍정적인 효과를 주는 것을 확인하였다. 또한 WMFT에서 기능적 점수의 유지는 기능적 전기 자극을 병행한 과제 지향적 훈련이 중재 후 1개월까지 손 기능의 유지를 보여주고 있으며, Kapadia 등(2011)의 연구와 일치하는 결과이다.

본 연구의 결과를 종합해보면, 기능적 전기 자극을 병행한 과제 지향적 훈련은 불완전 경수 손상 진단을 받은 성인의 우세 손 기능을 향상시킨다는 것을 알 수 있었다. 뿐만 아니라 손 기능 중 측면 잡기의 양적, 질적 향상을 보여주었다. 본 연구의 중재인 기능적 전기 자극을 병행한 과제 지향적 훈련은 기능적 전기 자극의 단독 사용보다 대상자가 훈련 과제를 선택하게 하여 중재 기간의 훈련에 능동적으로 참여할 수 있도록 하고, 훈련 과제는 대상자가 일상생활에서 직접 사용하는 물건으로 수행할 수 있도록 하여 기능적 전기 자극 단독 적용의 효과인 잡기 기능의 향상보다 일상생활 수행으로의 일반화가 될 수 있음을 제시한다.

본 연구의 임상적 의의는 국내 임상에서 작업치료사로 기능적 전기 자극기를 사용하고 있지 않기 때문에 과제 분석을 통한 기능적 전기 자극의 제공에 작업치료사의 필요성을 제시하고, 기존의 중재와는 다르게 대상자가 직접 과제를 선택하여 훈련에 반영하였기 때문에 환자 중심 접근(client-centered approach)을 사용하였다. 본 연구는 기능적 전기 자극과 병행한 과제 지향적 훈련의 임상적 유효성을 확인하였고, 기존의 집단 연구에서 조사하기 어려웠던 개인 내의 수행도와 만족도의 변화를 밝혀냈다는 점도 중요하다. 하지만 본 연구의 제한점은 대상자 선정에 있어서 한 기관 내 적은 수의 표본을 선택하여 동일 집단에 대해 일반화하는 데에 한계가 있다. 또한 일상생활 수행을 위해서 양손 사

용과 손가락 펴기 등 다양한 손동작이 필요하므로 다양한 손동작에 기능적 전기 자극을 적용할 필요가 있다.

기능적 전기 자극을 병행한 과제 지향적 훈련이 불완전 경수 손상 환자의 우세 손 기능 향상과 함께 개인의 수행도와 만족도를 향상시키며, 실제 사용하는 과제의 적용을 통하여 일상생활에도 효과를 줄 수 있다. 이는 일상생활 참여를 유도하고 더 나아가 개인의 삶의 만족도를 높일 수 있다는 점에서 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서 가진 제한점을 보완하여 추후 연구를 통해 경수 손상 환자의 손 기능에 대한 지속적인 효과 검증이 요구된다.

## V. 결론

본 연구는 불완전 경수 손상 진단을 받은 성인 3명을 대상으로 기능적 전기 자극을 병행한 과제 지향적 훈련을 제공하여 대상자의 우세 손 기능에 미치는 효과를 알아본 결과, 모든 대상자는 중재기(B)와 재기초선(A2)에서 우세 손 기능이 향상된 것을 확인할 수 있었고, 기초선 전과 재기초선 후, 추적평가를 통해 중재 적용 후의 우세 손 기능의 양적, 질적 변화와 개인내의 수행도와 만족도의 향상과 손 기능의 유지를 확인하였다. 하지만 본 연구는 개별 사례 연구로 결과를 일반화하기에 제한점이 따른다. 따라서 추후에는 보다 많은 수의 대상자로 기능적 전기 자극을 병행한 과제 지향적 훈련의 효과를 일반화할 수 있는 연구가 필요하다.

## References

- Beekhuizen, K. S., & Field-Fote, E. C. (2005). Massed practice versus massed practice with stimulation: Effects on upper extremity function and cortical plas-

- ticity in individuals with incomplete cervical spinal cord injury. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 19(1), 33-45. doi:10.1177/1545968305274517
- Carr, J. H., & Shepherd, R. B. (2003). *Stroke rehabilitation: Guidelines for exercise and training to optimize motor skill*. Tottenham, UK: Butterworth-Heinemann Medical. doi:http://dx.doi.org/10.1016/S1356-689X(03)00041-9
- Dobkin, B. H. (2009). Motor rehabilitation after stroke, traumatic brain, and spinal cord injury: common denominators within recent clinical trials. *Current opinion in neurology*, 22(6), 563.
- Girgis, J., Merrett, D., Kirkland, S., Metz, G. A. S., Verge, V., & Fouad, K. (2007). Reaching training in rats with spinal cord injury promotes plasticity and task specific recovery. *Brain*, 130(11), 2993-3003. doi: http://doi.org.ssl.access.yonsei.ac.kr:8080/10.1093/brain/awm245
- Harvey, L. (2008). *Management of spinal cord injuries: A guide for physiotherapists*. London, UK: Elsevier Health Sciences.
- Hu, Y., Osu, R., Okada, M., Goodale, M. A., & Kawato, M. (2005). A model of the coupling between grip aperture and hand transport during human prehension. *Experimental Brain Research*, 167(2), 301-304. doi:10.1007/s00221-005-0111-1
- Jebsen, R. H., Taylor, N., Trieschmann, R. B., Trotter, M. J., Howard, L. A. (1969). An objective and standardized test of hand function. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 50, 311-319.
- Kapadia, N. M., Zivanovic, V., Furlan, J., Craven, B. C., McGillivray, C., & Popovic, M. R. (2011). Functional electrical stimulation therapy for grasping in traumatic incomplete spinal cord injury: Randomized control trial. *Artificial Organs*, 35(3), 212-216. doi:10.1111/j.1525-1594.2011.01216.x
- Law, M. C., Baptiste, S., Carswell, A., McColl, M. A., Polatajko, H., & Pollock, N. (1998). *Canadian occupational performance measure*. Ottawa: Canadian Association of Occupational Therapists.
- Lee, H. M., Yang, Y. A., Hur, J. G., & Kim, J. K. (2010). The effects of cervical spinal cord injury on patients activities of daily living and quality of life. *The Journal of Korean Academy of Medicine & Therapy Science*, 2(1), 87-95.
- Lim, P. A., & Tow, A. M. (2007). Recovery and re-generation after spinal cord injury: a review and summary of recent literature. *Annals-Academy of Medicine Singapore*, 36(1), 49.
- Lu, X., Battistuzzo, C. R., Zoghi, M., & Galea, M. P. (2015). Effects of training on upper limb function after cervical spinal cord injury: A systematic review. *Clinical Rehabilitation*, 29(1), 3-13. doi:10.1177/0269215514536411
- Lynskey, J. V., Belanger, A., & Jung, R. (2008). Activity-dependent plasticity in spinal cord injury. *Journal of rehabilitation research and development*, 45(2), 229. doi:10.1682/JRRD.2007.03.0047
- Martin, R., Johnston, K., & Sadowsky, C. (2012). Neuromuscular electrical stimulation-assisted grasp training and restoration of function in the tetraplegic hand: A case series. *American Journal of Occupational Therapy*, 66(4), 471-477. doi:10.5014/ajot.2012.003004
- Martin, R., Sadowsky, C., Obst, K., Meyer, B., & McDonald, J. (2012). Functional electrical stimulation in spinal cord injury: from theory to practice. *Topics in spinal cord injury rehabilitation*, 18(1), doi:28-33.10.1310/sci1801-28
- Mathiowetz, V., Volland, G., Kashman, N., & Weber, K. (1985). Adult norms for the Box and Block Test of manual dexterity. *American Journal of Occupational Therapy*, 39(6), 386-391. doi:10.5014/ajot.39.6.386
- Miller, R. C., Popović, M. R., Thrasher, A. T., & Verrier, M. (2008). Functional electrical stimulation therapy improves grasping in chronic cervical spinal cord injury: Two case studies. *Journal of Automatic Control*, 18(2), 53-61. doi:10.2298/JAC0802053M
- Peckham, P. H., Marsolais, E. B., & Mortimer, J. T. (1980). Restoration of key grip and release in the C6 tetraplegic patient through functional electrical stimulation. *The Journal of Hand Surgery*, 5(5), 462-469. doi:https://doi.org/10.1016/S0363-5023(80)80076-1
- Pendleton, H. M., & Schultz-Krohn, W. (2013). The occupational therapy practice framework and the practice of occupational therapy for people with physical disabilities. In Pendleton, H. M., & Schultz-Krohn, W. (Eds.), *Pedretti's occupational therapy: Practice skills for physical dysfunction* (6th ed., pp. 2-13). London, UK: Elsevier Health Sciences.
- Popovic, M. R., Curt, A., Keller, T., & Dietz, V. (2001). Functional electrical stimulation for grasping and walking: indications and limitations. *Spinal cord*, 39(8), 403. doi:10.1038/sj.sc.3101191

- Rushton, D. N. (2003). Functional electrical stimulation and rehabilitation-an hypothesis. *Medical Engineering & Physics*, 25(1), 75-78. doi:[http://doi.org/10.1016/S1350-4533\(02\)00040-1](http://doi.org/10.1016/S1350-4533(02)00040-1)
- Sisto, S. A., Druin, E., & Sliwinski, M. M. (2008). *Spinal cord injuries: management and rehabilitation*. London, UK: Elsevier Health Sciences.
- Spooren, A. I. F., Janssen-Potten, Y. J. M., Kerckhofs, E., Bongers, H. M. H., & Seelen, H. A. M. (2011). ToCUEST: A task-oriented client-centered training module to improve upper extremity skilled performance in cervical spinal cord-injured persons. *Spinal Cord*, 49(10), 1042-1048. doi:10.1038/sc.2011.52
- Thrasher, T. A., Flett, H. M., & Popovic, M. R. (2006). Gait training regimen for incomplete spinal cord injury using functional electrical stimulation. *Spinal Cord*, 44(6), 357-361. doi:10.1038/sj.sc.3101864.
- Tong, R. K., Ng, M. F., & Li, L. S. (2006). Effectiveness of gait training using an electromechanical gait trainer, with and without functional electric stimulation, in subacute stroke: A randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87(10), 1298-1304. doi:10.1016/j.apmr.2006.06.016
- Wolf, S. L., Catlin, P. A., Ellis, M., Archer, A. L., Morgan, B., & Piacentino, A. (2001). Assessing Wolf motor function test as outcome measure for research in patients after stroke. *Stroke*, 32(7), 1635-1639. doi:<http://doi.org.ssl.access.yonsei.ac.kr:8080/10.1161/01.STR.32.7.1635>.

## Abstract

# Effects of Task-Oriented Training With Functional Electrical Stimulation on Cervical Spinal Cord Injury Patients' Hand Function: A Single-Subject Experimental Design

Ko, Seok-Beom\*, M.S., O.T., Park, Hae Yean\*\*, Ph.D., O.T.,  
Kim, Jong-Bae\*\*, Ph.D., Kim, Jung-Ran\*\*, Ph.D., O.T.

\*Dept. of Occupational Therapy, ROI Hospital

\*\*Dept. of Occupational Therapy, College of Health Science, Yonsei University

**Objective** : The purpose of this study was to investigate the effects of task-oriented training with functional electrical stimulation on hand function in incomplete cervical cord injury.

**Method** : The subjects of the study were 3 adults diagnosed as incomplete cervical cord injury. The design of this study was ABA single-subject research design to compare dominant hand function of before and after intervention and detect individual effects. The experiment consisted of 30 sessions, in which baseline process A1 and A2 were implemented 5 sessions each for 10 sessions. Intervention B was implemented 20 sessions. The dependent variable was converted to the change of hand function every session, and Canadian Occupational Performance Measure (COPM), Jebsen-Taylor Hand Function Test(JTHFT), Wolf Motor Function Test(WMFT) were selected for outcome measurements. Result analysis was suggested through visual analysis using a graph and comparison of pre, post and follow-up intervention measurements.

**Results** : As a result, the quality and quantity of dominant hand function increased during intervention B compared to the baseline A1 for all subjects. Baseline A2 was also maintained without training. Additionally, JTHFT, WMFT and COPM scores demonstrated improvement and maintain. The follow up JTHFT and WMFT showed increased required time on all subjects and decrease or maintain task performance and satisfaction in COPM.

**Conclusion** : The task-oriented training with function electrical stimulation in this study has been positive effects on hand function and task performance and satisfaction.

**Key-words** : Cervical cord injury, Functional Electrical Stimulation, Hand function, Occupational Therapy, Spinal Cord Injury, Task-oriented training