기능적 전기 자극을 적용한 전동식 보행 훈련이 편마비 환자의 보행에 미치는 영향

The Journal Korean Society of Physical Therapy

■안승헌, 이윤미[1], 양경희[2]
■국립재활병원 물리치료실, [1]구미 1대학 작업치료과, [2]경복대학 작업치료과

Effectiveness of Gait Training Using an Electromechanical Gait Trainer Combined With Simultaneous Functional Electrical Stimulation in Chronic Stroke Patients

Seung-Hun An, MS, PT; Yun-Mi Lee, MS, PT[1]; Kyung-Hee Yang PhD, OT[2]
Dept. of Physical Therapy, National Rehabilitation Center; [1]Dept. of Occupational Therapy, Gumi 1th College; [2]Dept. of Occupational Therapy, Kyungbok College

Purpose: This study aimed to assess the effectiveness of gait training with the use of an electromechanical gait trainer with functional electrical stimulation (FES) for patients that had undergone subacute stroke.

Methods: The study subjects included nine subacute stroke patients of the Korea National Rehabilitation Center in Seoul, Korea. Outcome was measured using the timed Up and Go test, Fugl-Meyer-L/E assesment, with determination of the comfortable maximal gait speed, composite spasticity score, functional ambulatory category and Berg balance scale. All measured scores were recorded before, during, and after rehabilitation and at an eight-week follow-up.

Results: Patients who received electromechanical-assisted gait training in combination with FES after subacute stroke were more likely to achieve independent walking, functional activities, balance and gait speed.

Conclusion: The outcome of our gait-training program demonstrates that it may be practical to integrate FES into electromechanical gait training without any adverse effects. However, further randomized controlled studies are needed to evaluate if patient outcome after combined training is superior to outcome after the use of electromechanical gait trainer treatment alone or conventional gait training alone.

Key Words: Functional electrical stimulation (FES), Gait, Stroke, Rehabilitation

논문접수일: 2007년 12월 23일
수정접수일: 2008년 2월 1일
게재승인일: 2008년 2월 17일
교신저자: 안승헌, ptlove1@naver.com

I. 서론

뇌졸중 후의 보행 능력 향상을 위한 고전적인 치료적 접근은 치료사에 의해 정적인 상태에서 근력강화훈련과 체중부하 및 체중이동을 유도하고 정상운동패턴의 촉진과 감각자극을 이용하여 어떤 특정 움직임을 유도해 내는 방법이 주를 이루었다. 그러나 임상에서 자주 겪게 되는 문제는 정적인 상태의 보행 훈련이나 치료사에 의존한 보행 훈련은 많은 인력 소요와 시간적 장애가 있다(김재현 등, 2006; 안승헌 등, 2007). 게다가 체중지지와 같은 다른 치료적 중재 없이 홀로 보행 훈련을 하는 것은 뇌졸중 환자의 비대칭적인 보행 패턴을 야기 시킬 수 있다(Visintin 과 Barbeau, 1994).

또한 마비 측 하지의 대퇴 경부 골 기질 감소는 뇌졸중 후 보행 재훈련과 서기 자세에서 비대칭적인 체중 부하와도 관련이 있으며(Jorgensen 등, 2000), 하지의 비정상적인 정렬은 정적인 상태에서 보다 동적인 상태에서 부하가 더욱 크게 나타난다. 보행 시 마비 측 하지의 부적절한 체중 부하는 비정상적인 정렬과 자세 조절에서도 심각한 문제를 일으킨다고 볼 수 있다.

뇌졸중 환자의 보행 주기 동안 마비측 하지의 발이 지면에 닿아있는 입각기와 서기 자세에서의 비정상적인 체중 부하는 뼈와 연부조직(인대, 건), 근육의 기계적인 특성을 변화 시켜 또 다른 부 정렬 자세를 만들 수 있으며 역학적인 효율적인 자세에 부정적인 영향을 초래 한다(Neumann, 2002). 이러한 변화는 장시간 서있거나 걸을 때에 대사성 에너지 소모가 커지게 된다.

최근에는 환자가 보다 능동적으로 마비 측 상하지를 기능적 동작에 사용 할 수 있도록 환경을 조성함으로써 기능을 학습하게 하는 운동조절 재학습이론에 근거한 치료법들이 강조되고 있으며, 기존의 치료 방법에 비해 우월한 치료효과가 입증되고 있다(Hayes, 1998). 뇌졸중 환자의 보행 증진을 위한 재활 치료에서 과제 지향접근법(task-oriented approach)에 근거한 트레드밀 보행에 체중지지를 조합한 훈련이 대중적으로 많이 이용되고 있다(안승헌 등, 2007; Hesse 등, 2004). 체중지지 트레드밀 보행훈련은 낙상 위험 감소, 안정감 증진, 낙상에 대한 공포로 인한 불필요한 근 긴장 억제, 보행에 대한 경험 제공, 보행양상의 호전, 심폐지구력 증진 등의 장점을 보고 하여 고전적인 물리치료보다 더 나은 결과를 제시하였고, 이러한 방법의 유용성을 뒷받침하는 연구 결과들을 보고하였다(Hesse 등, 2001; Kosak 과 Reding, 2000; Van Hedel 등, 2006; Werner 등, 2007). 그러나 체중 탈 부하와 트레드밀을 이용하는 보행 훈련 방식은 2~3명의 치료사가 보조하여 체간과 사지의 자세나 움직임을 정상보행패턴에 가깝게 유도할 수 있는 등 과중한 업무를 요구하고 심각한 보행 장애를 가지고 있는 환자에게 임상적으로 적용하는데 어려움이 있다는 지적이 있었고, 이러한 이유로 대부분의 치료사들은 트레드밀 위에서의 보행훈련보다 보조기를 착용하고 평지보행훈련을 시행하는 것을 더 선호하는 경향을 보인다(Kosak 과 Reding, 2000).

그 해결책으로 정상적인 보행과 유사한 운동동작을 전기-기계적인 힘을 이용하여 반복적으로 수행할 수 있도록 고안된 전동식 보행훈련기가 제안되었다(Hesse 등, 1999). 전동식 보행훈련기를 이용한 뇌졸중 환자의 보행 훈련은 치료사의 부담이 적고 보행이 불가능한 환자에게 있어서 좀 더 독립적이고 대칭적인 보행 패턴을 만들 수 있다고 하였다(안승헌 등, 2007; Hesse 등, 2000; Hesse 와 Uhlenbrock, 2000; Werner 등, 2002).

이러한 연구 결과를 볼 때 기능적 전기 자극 치료기(Functional Electrical Stimulation; FES)를 조합한 전동식 보행 훈련은 뇌졸중 환자의 동일 시간 훈련에 마비 측 하지의 좀 더 많은 근육의 활성화된 움직임을 유도할 수 있는 치료적 중재의 또 다른 방법이 될 수 있다. FES는 단시간에 치료 부위의 근력 강화와 기능적 움직임을 유도하기 위하여 뇌손상, 척수 손상환자의 마비된 근육과 보행 훈련시 치료적 목적으로 사용되어 왔으며(Kraij 등, 1993), 정상 보행과 유사하도록 반복적인 능동·수동적 움직임은 운동 학습과 회복에 영향을 줄 수 있다(Rushton, 2003). 또한 FES는 뇌졸중 환자의 피부수용기, 고유수용성 감각입력과 사지의 교대적인 움직임을 통한 구심성-원심성 자극을 유도하여 움직임을 적절하게 수행할 수 있는 방법을 가르쳐 줄 수 있다고 하였다(Yan 등, 2005).

따라서 본 연구의 목적은 전동식 보행 훈련의 선행 연구들을 바탕으로 기능적 전기자극과 전동식 보행 훈련을 함께 적용함으로써 임상치료에서의 유용성을 검증해 보고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구의 대상은 뇌졸중으로 인한 편마비 진단을 받은 환자로 국립재활병원에서 입원 치료를 받는 편마비 환자 중 5개월 이상 지난 아급성기 뇌졸중 환자 9명을 대상으로 2007년 3월부터 7월까지 실시하였으며 선정조건은 다음과 같다.

가. 뇌졸중으로 인하여 편마비로 진단을 받은 자
나. 보조 장비 없이 또는 보조 하여 1분 이상 서기 균형이 가능 한 자
다. 전기 자극에 피부 알러지가 없는 자
라. 연구내용을 이해하며 의사소통이 가능한 환자(MMSE 25점 이상)(Tombaugh 와 McIntyre, 1992).
마. Functional Ambulation Category score 3점 이상인자(Collen 등, 1990)

2. 측정방법 및 도구

연구에 사용된 대상자의 성별, 연령, 병명, 발병일은 의무기록지를 통하여 확인하였고, 모든 평가는 입원 후 치료시작 전에 평가되었으며 보행 기능 수행 능력은 재활치료를 위해 입원한 기간 동안 임상경력 7년 이상인 물리치료사가 동작의 수행을 직접 관찰하여 측정하였다. 치료는 일반적인 물리치료와 작업치료 모두 주당 5회 30분씩 시행하였으며, 기능적 전기 자극 치료를 조합한 전동식 보행 훈련을 주 3회, 30분씩 8주간 실시하였다. 본 연구에서는 기능적 운동성과 이동능력의 검사를 위해 TUG(s)를 실시하였으며, 하지 운동 기능 평가는 Fugl-Meyer의 세부 항목인 하지 운동 기능(0~28점) 항목을 점수화하여 평가하였다. 이외에 보행 기능 검사로 안정·최대보행속도(거리(m)/시간(s))를 측정하였고, 족관절의 저측 굴곡 긴장도 상태를 알아보기 위해 Composite Spasticity score(CSS)를 이용하였다(Levin & Hui-Chan, 1993). 보행 능력 수준을 알아보기 위해 Functional Ambulatory Category(FAC)를 이용하였으며(Collen 등, 1990), 일상생활에서 수행되는 14개의 기능적인 과제로 구성된 균형능력 평가 도구인 Berg Balance Scale를 사

용하여 실험 전, 실험 4주, 실험 8주마다 재평가하였다.

3. 실험 방법

본 연구에 사용된 기능적 전기자극기는 Microstim(Medel GmBH, Berlin, Germany)을 이용하였다. 전극은 2채널 단일 전극으로 5×5 cm의 접착식 전극을 사용하여 입각기 시기에 마비측 하지의 신전을 유도하기 위하여 대퇴사두근과 유각기에 족관절의 배측 굴곡을 유도하기 위하여 총비골신경에 각각 부착하였다. 기능적 전기자극기의 파형은 직각 이중 파형(rectangular bi-phasic)이었고, 자극의 빈도는 40 Hz, 자극강도는 환자가 편안하면서도 충분한 정도의 마비측 하지의 슬관절 신전이 일어나는 강도인 50~65 mA, 족관절 배측굴곡이 일어나는 강도인 50~60 mA범위였으며, 최대 70 mA를 넘지 않도록 하였다. 최대 강도가 유발되는 시간(ramp-up)은 0.3 s, 자극범위(pulse with)는 400 ㎲이었다. 본 연구에 사용된 전동식 보행 훈련시스템은 보행 장애인의 능동적 보행 훈련 시스템을 위해 개발한 전동식 보행 훈련기로 체중부하 트레드밀 보행 훈련의 한계를 보완하고 정상적인 보행과 유사한 운동동작을 전기-기계적인 힘을 이용하여 반복적으로 수행할 수 있도록 고안되었다. 환자는 harness를 통해 부분적인 체중 탈 부하를 받고 로프를 통해 harness의 허리 부분이 기계와 연결되어 수직과 수평의 체중이동을 조절 한다. 두 개의 발판은 기어와 연결되어 입각기와 유각기가 60:40이 되도록 설계된 유도궤적을 따라 전후방향으로 움직이며 동시에 족관절과 슬관절의 운동 각도가 정상인의 보행과 유사하도록 발판의 배굴과 저굴이 일어난다. 분속수는 분당 0~75걸음(0~2 km/h)의 범위내에서 AC 모니터를 통해 조절이 가능하며 보장은 34 cm~46 cm의 범위에서 1 cm씩 DC 모니터를 통해 변경된다. 상체는 견인장치에 고정되고 치료사가 견인장치의 높이를 조절할 수 있으며 환자의 보행을 지원하도록 신체무게의 균형조절이 가능하다.

본 연구에서는 전동식 보행 훈련 시스템(Maschinenfabrik Gmbh & Co, Berlin, Germany)을 이용하여 주 3회, 30분씩 8주간 보행 훈련을 시행하였다. 전동식 보행 훈련기의 체중 탈 부하 정도는 환자 체중의 40%(Hesse 등, 2000; Visintin 등, 1998)에서 시작하여 환자가 편안하게 느끼는 정도로 체중을 탈 부하 하였고, 상태가 진전됨에 따라 점차로 체중 부하의 정도를 감소시켰다. 환측 슬관절의 능동적인 신전이 가능한 상태로 2회 연속 훈련이 가능하면 0.4 km/h씩 속도를 증가시켰으며(안승헌 등, 2007; Field-Fote, 2001; Sullivan 등, 2002), 보장길이는 48 cm로 하였다. 물리치료사 1인이 환자에게 스스로 보행하듯이 하지에 힘을 주도록 지시하면서 보행주기에 따라 슬관절의 신전이 적절하게 이루어지지 않을 경우 물리적인 보조를 시행하였으며 마비측과 체간의 편위시 머리와 체간의 신전과 기립 유지 그리고 신체 중심의 지남력에 대한 자각능력을 촉진하기 위하여 구두적으로 지시하였다(Figure 1).

Figure 1. picture of one GT-FES subject undergoing gait training on the gait trainer

4. 분석 방법

수집된 자료는 SPSS version 12.0프로그램을 이용하여 연구대상자의 일반적 특성에서는 빈도 분석과 평균과 표준편차를 구하였다. 기능적 전기 자극 치료를 조합한 전동식 보행 훈련 후 효과 분석을 위하여 반복 측정 분산 분석인 프리드만 검정(Friedman test)을 하였고, 처치 기간에 따른 차이를 검증하기 위하여 윌콕슨 부호 순위 검정(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. 가설검정을 위한 유의도 수준 α =0.05로 하였다.

III. 결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

성별은 남자가 5명(55.6%), 여자가 4명(44.4%)이었으며, 키는 평균 166.8±7.5cm, 몸무게는 66.4±8.1 kg, 연령은 30세~39세 4명(44.4%), 40세~49세 3명(33.3), 50세~59세 2명(22.2)이었다. 진단명은 뇌경색이 6명(66.7%), 뇌출혈이 3명(33.3%)이었으며, 마비유형은 좌측편마비가 5명(55.6%), 우측편마비가 4명(44.4%)이었다. 발병일은 평균 3.2±1.4개월이었다(Table 1).

Table 1. Characteristics of subjects (n=9)

Classification		n(%)
Gender	Male	5(55.6)
	Female	4(44.4)
Height	cm(Means±SD)	166.8±7.5
Weight	kg(Means±SD)	66.4±8.1
Age	30years~39years	4(44.4)
	40years~49years	3(33.3)
	50years~59years	2(22.2)
Etiology	Cerebral infarction	6(66.7)
	Cerebral hemorrhage	3(33.3)
Type	Left hemiplegia	5(55.6)
	Right hemiplegia	4(44.4)
Duration	Months(Means±SD)	3.2±1.4

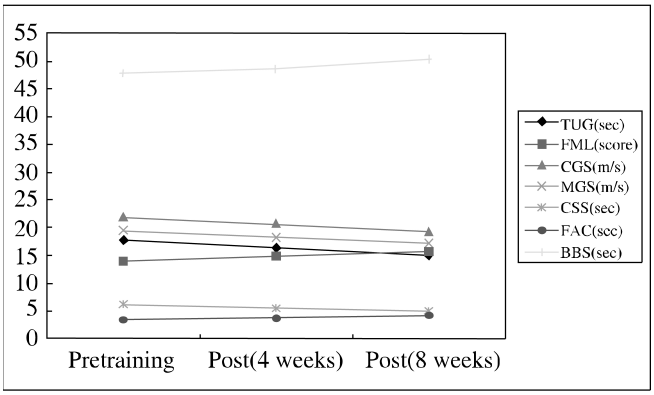

Figure 2. Gait, Balance, Motor task performance of patients with Subacute Stroke at the Start, After 4, 8weeks

2. 기능적 전기 자극 치료를 조합한 전동식 보행 훈련 후 효과 분석 결과

만성 뇌졸중 환자 9명을 대상으로 8주간 기능적 전기 자극치료를 조합한 전동식 보행 훈련 후 효과를 알아보기 위하여 반복측정 분산 분석을 한 결과 TUG, FML, CGS, MGS, CSS, FAC, BBS는 실험 전, 4주 후, 8주 후에 있어서 통계적으로 차이가 있는 것으로 나타났다(p<0.01)(Figure 2, Table 2).

3. 기능적 전기 자극 치료를 조합한 전동식 보행 훈련 후 치료 시점 간 차이 분석 결과

처치 기간에 따라 비교한 결과 TUG는 실험 전과 4주 후(p=0.008), 4주 후와 8주 후(p=0.011), 실험 전과 8주 후(p=0.008)사이에는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. FML는 실험 전과 4주 후(p=0.38), 4주 후와 8주 후(p=0.023), 실험 전과 8주 후(p<0.024)사이에는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. CGS는 실험 전과 4주 후

Table 2. Comparison of pretraining, post-training(4, 8 weeks) outcome Measure within Group (n=9)

Variable	means±SD			X^2	p
	Pretraining	Post(4 weeks)	Post(8 weeks)		
TUG(sec)	18.01±2.28	16.27±1.67	15.09±1.89	16.22	0.001***
	**		*		
		**			
FML(score)	14.22±1.72	15.00±1.41	15.89±1.54	11.57	0.01**
	*		*		
		*			
CGS(m/s)	22.09±3.79	20.92±3.40	19.42±3.16	18.00	0.001***
	**		**		
		**			
MGS(m/s)	19.58±3.43	18.35±3.49	17.28±3.56	18.00	0.001***
	**		**		
		**			
CSS(score)	6.33±1.87	5.67±1.73	5.11±1.62	9.33	0.01**
		*			
FAC(score)	3.67±.50	3.89±.60	4.44±.53	10.21	0.01**
			*		
		*			
BBS(score)	47.89±3.14	48.67±3.20	50.44±3.00	15.94	0.001***
	*		**		
		**			

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001
TUG: Timed Up & Go test FML: Fugl-Meyer L/E CGS: Comfortable Gait Speed
MGS: Maximal Gait Speed FAC: Composite Spasticity Score
FAC: Functional Ambulatoty Category BBS: Berg Balance Scale

(p=0.008), 4주 후와 8주 후(p=0.008), 실험 전과 8주 후(p=0.008)사이에는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. MGS는 실험 전과 4주 후(p=0.008), 4주 후와 8주 후(p=0.008), 실험 전과 8주 후(p=0.008)사이에는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 반면 CSS는 실험 전과 4주 후, 4주 후와 8주 후 사이에서는 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났으나(P=0.059~0.180), 실험 전과 8주 후(P=0.026)사이에는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. FAC는 실험 전과 4주 후 사이에서는 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났으나(P=0.157), 4주 후 와 8주 후(p=0.025), 실험 전과 8주 후(P=0.020)사이에는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. BBS는 실험 전과 4주 후(p=0.038), 4주 후와 8주 후(p=0.01), 실험 전과 8주 후(p<0.006)사이에는 통계적으로 유의한 차이가 있었으며 기능적 전기 자극 치료를 조합한 전동식 보행 훈련은 효과가 있음이 확인되었다.

IV. 고찰

급성기 뇌졸중 환자의 절반 이상은 보행을 할 수 없고 발병 후 3개월 동안에 보행 장애는 여전히 남아있으며 시간이 지날수록 보행양상은 악화되는 경향이 있다(Friedman, 1990). 보행 능력의 획득은 뇌졸중 환자의 재활에 있어서 가장 중요한 부분이다. 초기에 보행 훈련을 위한 물리치료는 효과적으로 치료적 중재가 되고 있으나 여러 연구보고에 따르면 집중적인 보행 훈련과 반복적이고 과제 지향적 훈련이 자발적 회복과 보존적인 치료 방법보다 더욱더 우월성이 있다고 하였다(Hesse 등, 2004; Woldag, 2005; Hesse, 2006). 특히 트레드밀 보행 훈련과 전동식 보행 훈련이 양적 및 질적 보행 능력의 향상을 보고하고 있으며 그에 따른 다양한 연구들이 이루어지고 있다(안승헌 등, 2007). 전동식 보행 훈련에 FES를 조합한 훈련은 보행 증진을 위한 치료적 중재로 활용이 가능하며 그에 따른 주의 깊은 관찰이 요구된다. 일반적으로 FES는 뇌손상환자의 단시일내에 운동과 근력 강화 및 기능적인 회복을 위해 많이 사용되고 있으며 이러한 이점으로 보행 장애가 있는 환자의 재활 초기에 많이 사용되고 있다(Kraij 등, 1993). 또한 신경생리학적인 관점에서 볼 때 점진적이고 능동적인 근육의 활성화와 감각 자극 훈련은 대뇌피질 감각 운동 영역에 가소성을 일으킬 수 있다고 하였다(Schmidt, 1988). 집중적이고 보행 지향적 훈련이 가능한 전동식 보행 훈련에 기능적 전기자극을 동시에 적용하는 것은 초기 뇌졸중 환자의 보행 능력 획득을 위한 치료적인 방법이 될 수 있으며 임상치료에서 유용한 방법이 될 수 있다.

본 연구에서 기능적 전기 자극 치료를 조합한 전동식 보행 훈련은 실험 전, 4주 후, 8주 후에 보행능력, 기능적 수준, 보행 속도, 균형 능력이 향상되는 것을 알 수 있었다. 이는 Hesse 등(2004)의 연구에서 척수 손상 환자 4명을 대상으로 5주 매일 25분씩 기능적 전기 자극치료를 조합한 전동식 보행 훈련을 한 결과 보행속도와 지구력이 2배로 증가하였고 치료사의 부담을 줄일 수 있으며, 척수손상환자의 집중적인 보행 훈련 시 치료적인 또 다른 대안적인 방법이라고 하였다. Tong 등(2006)은 전동식 보행 훈련기와 FES를 조합한 훈련이 근력과 보행 속도의 유의한 향상을 보고하였다.

본 연구에서 FES는 마비측 하지의 대퇴사두근과 총비골 신경에만 자극을 주도록 하였다. FES는 잠재적인 전각 세포 집단의 시냅스 전후 동시활성화를 일으킬 수 있는 인위적인 방법으로서 피실험자에 의한 근 수축의 수의적인 노력이 지속적으로 조합된다면 잔존하고 있는 피질척수로를 강화시켜(Rushton, 2003) 마비된 근육의 운동 단위를 활성화 시켜 근력의 강화와 수의적인 조절에 도움을 줄 수 있다.

전동식 보행 훈련기에 의한 족관절 배측 굴곡의 기계적 이득으로 인하여 비골신경의 전기적 자극의 효과가 없을 수 있지만 만성 뇌졸중 환자의 많은 연구에서 대부분 비골신경을 지배하는 근육에 전기적 자극을 하고 있다(Taylor 등, 1999; Burridge 등, 1997). Hesse 등(1995)은 보행이 불가능한 아급성기 환자를 대상으로 중추신경계 발달 재활 치료에 멀티 채널 전기 자극을 조합한 훈련군과 전동식 보행 훈련기에 전기 자극을 조합한 훈련군을 비교한 결과 후자의 집단에서 보행 능력과 속도가 더욱 더 증가되었다고 하였다. Barbeau 등(1998)도 기능적 전기 자극 치료기를 조합한 트레드밀 보행 훈련을 추천하였고 임상적으로 흔히 사용하는 보조기와 비골신경의 전기 자극은 심각한 마비측 하지의 지면 접촉 시 보다 많은 근육의 수축을 유도할 수 있다고 하였다(Werner 등, 2007).

FES를 조합한 전동식 보행 훈련은 뇌졸중 재활 훈련 시 긍정적인 치료적 효과를 줄 수 있다. 전동식 보행 훈련기는 입각기와 유각기에 하지와 발의 움직임을 유도할 수 있고 무게중심점(center of mass)을 조절하여 체중 이동을 할 수 있지만, 마비측 하지의 말기 유각기에 족관절의 배측 굴곡과 체중부하 시 슬관절을 조절할 수 없는 단점이 있다(안승헌 등, 2007, Hesse 등, 2004).

하지만 동시에 FES 자극으로 인한 슬관절 신전과 족관절의 배측굴곡은 보행시 체중 부하와 마비측 하지의 끌림 현상을 줄이는 데에 많은 도움을 준다. 보행 훈련시 입각기에 환측 하지의 체중 부하는 FES에 의해 유도되는 근육의 활성화에 의해 효율적으로 지지될 수 있고 지속적으로 치료사에 의한 도수접촉의 필요성이 줄어든다. 전동식 보행훈련은 전통적인 물리치료와 트레드밀 보행 훈련에 비하여 환측 하지의 체중 부하시기가 더 길며 척추기립근의 활동이 더욱 크다고 하였는데 전통적인 물리치료에서 나타나는 하지의 긴장성 패턴보다는 트레드밀 보행과 전동식 보행 훈련시 양하지 지지 시기에 2개의 로프를

통해 harness의 허리 부분이 기계와 연결되어 수직과 수평의 체중이동을 조절 받는 기계적인 이점이 있기에 체간의 안정성과 더불어 하지 신전근의 활동이 큰 것이라고 하였다(안승헌 등, 2007). 이는 더욱 안정감 있는 보행과 더불어 체중 탈부하와 함께 정상적인 보행주기에 따라 체중심이 조절되며 족관절의 운동궤적을 따라 정상 보행 패턴에 가깝게 조절해줄 수 있기 때문이다. 또한 FES에 의해 유도된 근수축은 한쪽 하지의 입각기에 환측 하지에 여분의 근력을 유도할 수 있었다. 즉 마비측 하지에 체중 부하가 많아져 체중 지지가 다소 적게 유지되는 결과 동일한 거리를 보행 시 필요한 수의적인 근 수축을 더 많이 유도 할 수 있으며, 좀 더 빠른 보행이 가능하였다(Peurala 등, 2005)

부가적으로 FES에 의한 저린 감각자극(tingling sensation)은 보행 주기 동안 슬관절의 신전과 족관절의 굴곡시 내적인 되먹임을 제공할 수 있고(Tong 등, 2006), 이는 보행 훈련 시 보존적인 재활 프로그램에서 마비측 근육의 반복적인 전기적 자극에 수동적으로 반응하는 것과 달리 수의적이고 자발적인 노력과 동기부여 및 기능적인 치료 효과를 제공할 수 있었다. 따라서 전동식 보행 훈련에 FES를 조합한 훈련은 보행에 필요한 하지 근력과 균형 능력 및 수의적인 노력으로 인한 보행의 질적인 향상에서 역효과 없이 뇌졸중 환자들에게 보행훈련을 위한 전략적인 프로그램으로 활용 할 수 있다. 본 연구에서 대조군을 확보하지 못하고 연구대상자의 수가 적어 일반화하기가 어려웠으며 연령 정도와 건강 상태에 따른 분포가 고르지 않아 분석에 오차를 주었을 수 있으며 연구에 참가한 사람들은 자의적으로 참가에 응했기 때문에 타당도에 영향을 미칠 수도 있었다.

아울러 추후 연구에서는 전동식 보행 훈련과 FES를 조합한 전동식 보행 훈련 및 보존적인 물리치료의 비교 연구가 필요할 것이다.

V. 결론

만성 뇌졸중 환자 9명을 대상으로 8주간 기능적 전기 자극치료를 조합한 전동식 보행 훈련 후 TUG, FML, CGS, MGS, CSS, FAC, BBS는 실험 전, 4주 후, 8주 후에 효과가 있음이 확인되었다. 전동식 보행 훈련에 FES를 조합한 훈련은 보행에 필요한 하지 근력과 균형 능력 및 수의적인 노력으로 인한 보행의 질적인 향상에서 역효과 없이 뇌졸중 환자들에게 보행훈련을 위한 전략적인 프로그램으로 활용 할 수 있으며 아울러 추후 연구에서는 전동식 보행 훈련과 FES를 조합한 전동식 보행 훈련 및 보존적인 물리치료의 비교 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

김재현, 안승헌, 배성수. 전동식 보행 훈련기를 이용한 뇌졸중 환자 보행 훈련의 사전연구. 대한물리의학회지. 2006;1(1):1-14.

안승헌, 김석환, 신영일. 점진적인 속도 증진 훈련을 통한 전동식 보행 훈련과 트레드밀 보행 훈련이 뇌졸중 환자의 보행에 미치는 효과. 코칭능력개발지. 2007;9(1):113-25.

Barbeau H, Norman K, Fung J et al. Does neurorehabilitation play a role in the recovery of walking in neurological populations? Ann N Y Acad Sci. 1998;860:377-92.

Burridge JH, Taylor PN, Hagan SA et al. The effects of common peroneal stimulation on the effort and speed of walking: a randomized controlled trial with chronic hemiplegic patients. Clin Rehabil. 1997;11(3):201-10.

Collen FM, Wade DT, Bradshaw CM. Mobility after stroke: reliability of measures of impairment and disability. Int Disabil Stud. 1990;12(1):6-9.

Field-Fote EC. Combined use of body weight support, functional electric stimulation, and treadmill training to improve walking ability in individuals with chronic incomplete spinal cord injury. Arch Phys Med Rehabil. 2001;82(6):818-24.

Friedman PJ. Gait recovery after hemiplegic stroke. Int Disabil stud. 1990;12(3):119-22.

Haye SM. Gait Awareness. In: Gillen G, Burkhardt A. Stroke Rehabilitation: A function-based approach. St. Louis, Mosby, 1998:243-66.

Hesse S. Gait training after stroke: a critical reprisal. Ann Readapt Med Phys. 2006;49(8):621-4.

Hesse S, Malezic M, Schaffrin A et al. Restoration of gait by combined treadmill training and multichannel electrical stimulation in non-ambulatory hemiparetic patients. Scand J Rehabil Med. 1995;27(4):199-204.

Hesse S, Sarkodie-Gyan T, Uhlenbrock D. Development of an advanced mechanised gait trainer, controlling movement of the centre of mass, for restoring gait in non-ambulant subjects. Biomed Tech(Berl). 1999;44(7-8):194-201.

Hesse S, Uhlenbrock D. A mechanized gait trainer for restoration of gait. J Rehabil Res Dev. 2000;37(6):701-8.

Hesse S, Uhlenbrock D, Werner C et al. A mechanized gait trainer for restoring gait in nonambulatory subjects. Arch Phys Med Rehabil, 2000;81(9):1158-61.

Hesse S, Werner C, Paul T et al. Influence of walking speed on lower limb muscle activity and energy consumption during treadmill walking of hemiparetic patients. Arch Phys Med Rehabil. 2001;82(11):1547-50.

Hesse S, Werner C, Bardeleben A. Electromechanical gait training with functional electrical stimulation: case studies in spinal cord injury. Spinal Cord. 2004; 42(6):346-52.

Jorgensen L, Crabtree NJ, Reeve J et al. Ambulatory level and asymmetrical weight bearing after stroke affects bone loss in the upper and lower part of the femoral neck differently: bone adaptation after decreased mechanical loading. Bone. 2000;27(5):701-7.

Kosak MC, Reding MJ. Comparison of partial body weight supported treadmill gait training versus aggressive bracing assisted walking post stroke. Neurorehabil Neural Repair. 2000;14(1):13-9.

Kralj A, Acimovic' R, Stanic U. Enhancement of hemiplegic patient rehabilitation by means of functional electrical stimulation. Prosthet Orthot Int. 1993;17(2): 107-14.

Levin MF, Hui-Chan C. Are H and stretch reflexes in hemiparesis reproducible and correlated with spasticity? J Neurol. 1993;240(2):63-71.

Neumann DA. Kinesiology of The Musculoskeletal System: Foundation for physcial rehabilitation. Philadelphia, PA, Mosby, 2002:414.

Peurala SH, Tarkka IM, Pitkanen K et al. The effectiveness of body weight-supported gait training and floor walking in patients with chronic stroke. Arch Phys Med Rehabil. 2005;86(8):1557-64.

Rushton DN. Functional electrical stimulation and rehabilitation-an hypothesis. Med Eng Phys. 2003; 25(1):75-8.

Schmidt RA. Motor Control and Learning: A behavioral emphasis. 2nd ed. champaign, IL, Illinois, 1988.

Sullivan KJ, Knowlton BJ, Dobkin BH. Step training with body weight support: effect of treadmill speed and practice paradigms on poststroke locomotor recovery. Arch Phys Med Rehabil. 2002;83(5):683-91.

Taylor PN, Burridge JH, Dunkerley AL et al. Clinical use of the Odstock dropped foot stimulator: its effect on the speed and effort of walking. Arch Phys Med Rehabil. 1999;80(12):1577-83.

Tong RK, Ng MF, Li LS et al. Gait training of patients after stroke using an electromechanical gait trainer combined with simultaneous functional electrical stimulation. Phys Ther. 2006;86(9):1282-94.

Tombaugh TN, McIntyre NJ. The mini-mental state examination: a comprehensive review. J Am Geriatr Soc. 1992;40(9):922-35.

Van Hedel HJ, Tomatis L, Müller R. Modulation of leg muscle activity and gait kinematics by walking speed and bodyweight unloading. Gait Posture. 2006;24(1): 35-45

Visintin M, Barbeau H. The effects of parallel bars, body weight support and speed on the modulation of the locomotor pattern of spastic paretic gait. A preliminary communication. Paraplegia. 1994;32(8):540-53.

Visintin M, Barbeau H, Korner-Bitensky N et al. A new approach to retrain gait in stroke patients through body weight support and treadmill stimulation. Stroke. 1998;29(6):1122-8.

Werner C, Lindquist AR, Bardeleben A et al. The influence of treadmill inclination on the gait ambulatory hemiparetic subjects. Neurorehabil Neural Repair. 2007; 21(1):76-80.

Werner C, Von Frankenberg S, Treig T et al. Treadmill training with partial body weight support and an electromechanical gait trainer for restoration of gait in subacute stroke patients: a randomized crossover study. Stroke. 2002;33(12):2895-901.

Woldag H. Modern therapeutic approaches in the rehabilitation of walking ability after stroke. Stroke. 2005;36(5):932-3.

Yan T, Hui-Chan CW, Li LS. Functional electrical stimulation improves motor recovery of the lower extremity and walking ability of subjects with first acute stroke: a randomized placebo-controlled trial. Stroke. 2005;36(1):80-5.