

기능적 전기자극을 적용한 트레드밀 보행 훈련이 편마비 환자의 보행 속도와 보행 지구력, 에너지 소모지수에 미치는 영향

국립재활원 물리치료실 · 광주보건대학 물리치료과¹⁾

이 형 수 · 신 영 일 · 김 명 훈¹⁾

Effect of Treadmill Training with FES on Walking Velocity, Gait ndurance, and Energy Expenditure Index of Hemiplegia Patients

Lee, Hyoung-Soo, R.P.T., M.S · Shin, Young-Il, R.P.T · Kim, Myung-Hoon, R.P.T., Ph.D.¹⁾

Department of Physical Therapy, National Rehabilitation Center

Department of Physical Therapy, Kwangju Health College¹⁾

- ABSTRACT -

The purpose of this study was to investigate the effect of Treadmill Training with FES(TTF) on walking velocity, gait endurance, and energy expenditure index(EEI) of hemiplegia patients with foot drop. Two subjects with hemiplegia participated in this study. They took walking exercise 5 times per week for 8 weeks. One time exercise spent 30minutes. The therapeutic effect was evaluated by how many seconds they needed to walk 10 meters, how far they could walk for 12 minutes, and how much they spent energy in walking for 12 minutes. Two cases were examined before, after 4 week, and after 8 week, walking training.

The results of this study are as follows:

- 1) Walking velocity : Case 1 increased from 0.52m/sec before walking training to 0.83m/sec after 8 weeks. Case 2 increased from 0.58m/sec to 0.92m/sec.
- 2) Gait endurance : Case 1 increased from 383.23m to 625.53m, Case 2 increased from 410.19m to 693.47m.
- 3) EEI : For comfortable walking condition, Case 1 decreased from 0.98beats/min to 0.71beats/min, and Case 2 decreased from 0.93beats/min to 0.68beats/min. For maximum walking condition, Case 1 decreased from 0.93beats/min to 0.67beats/min, and Case 2 decreased from 0.91beats/min to 0.61beats/min.

The findings suggest that hemiplegia patients can improve their walking velocity, gait endurance and energy expenditure index through TTF.

Key Words : FES, treadmill, hemiplegia, walking velocity, gait endurance, EEI

I. 서론

뇌졸중 환자는 근 약화, 비정상적인 근 긴장, 비정상적인 움직임 패턴, 비정상적인 신체의 균형, 체중을 이동하는 능력의 결함과 섬세한 기능을 수행하는 특수한 운동요소의 상실 등으로 운동조절을 하는데 있어서 문제를 가지게 된다(Carr & Shepherd, 1985; Bobath, 1990). 이러한 이유로 뇌졸중 환자에서 특징적인 보행 패턴인 느린 보행 주기와 보행 속도, 환축 보장과 건축 보장간의 활보장(stride)의 차이, 환축의 짧은 입각기와 상대적으로 긴 유각기 등이 나타난다(Ryerson & Levit, 1997). 특히 족관절 배측굴곡근(ankle dorsiflexor)의 능동적인 조절이 어려우며, 장단지 근육(calf muscle)의 근 긴장도가 비정상적으로 증가하기 때문에 족하수(foot drop)가 일어나고 있다(Burridge et al, 1997). 김진호 등(1987)은 이와 같은 족하수를 방지하기 위한 전통적인 방법에는 주로 보조기를 이용하는데 보행 주기 중 뒤꿈치 닿기(heel strike)와 유각기 동안 족관절 저축 굴곡근을 견제하여 약한 족관절 배측굴곡근을 보상하려는 방법을 사용해야 한다고 주장하였고, Corzean 등(1988)은 족관절 배측굴곡근과 외전근은 대부분 치료의 마지막 단계에서 회복되므로 족하수로 인한 비정상적인 보행 방식을 막기 위해 알맞는 단하지 보조기를 사용할 것을 권유하고 있다. 반면, 물리치료 분야의 신경 촉진 접근 방법에서는 뇌손상으로 인한 운동장애에 치료 시 보조기 사용을 최대한 자제해야 한다고 주장해왔다(김종만과 이충휘, 1997). 보조기는 수동적으로 발목의 족하수를 억제하지만 발목의 자유로운 운동을 방해함으로써 족관절 배측굴곡근의 회복을 저해할 수 있기 때문이다.

보조기 사용에 대한 대안으로서 기능적 전기자극(Functional Electrical Stimulation : FES)이 제안되어 왔다. 기능적 전기자극은 정상적인 신경 지배를 받지 못하는 근육에 전기자극을 유도하여 기능적인 동작을 할 수 있도록 하는 방법이다(Gracanin et al, 1967). 기능적 전기자극을 적용하는데 있어서 가장

효과적인 방법은 단일 채널을 이용하여 유각기 동안 족하수가 일어나는 환자의 비골 신경을 자극하는 것이다. Liberson 등(1961)이 처음으로 뇌졸중 환자에게 기능적인 전기자극을 적용한 이후로 근래에 들어 기능적 전기자극의 효과에 대한 연구가 많이 진행되어 왔다. Burridge 등(1997)은 편마비 환자를 대상으로 3개월 간 기능적 전기자극을 족관절 배측굴곡근에 적용했을 때 보행 속도에 대한 이월효과가 통계적으로 유의하지 않았다고 보고했다. Granat 등(1996)의 연구에서는 편마비 환자를 대상으로 4주 동안 기능적 전기자극을 비골 신경에 적용했을 때 뒤꿈치 닿기(heel strike), 족관절 내전(inversion), 대칭(symmetry), 보행 속도 등의 보행 변수에 효과가 없다고 보고하였다. 반면에 Vodovnik 등(1978)의 연구에서는 편마비 환자에게 4주 동안 족관절 배측굴곡근에 기능적 전기자극을 적용했을 때 보행 시 무릎의 굴곡각도와 고관절의 움직임에서 뛰어난 효과가 있었다. 또한 생체 되먹임과 함께 기능적 전기자극을 편마비 환자에게 적용 시 무릎굴곡, 족관절 배측굴곡, 보행주기 시간에서 효과가 있었다(Cozean et al, 1988). 따라서 기능적 전기자극 치료에 대한 임상에서의 유용성은 아직 충분한 검증이 이루어지지 않고 있는 실정이다(김용욱 등, 2001).

한편 최근 들어 고전적 치료법을 대신하여 동적인 상태(dynamic condition)에서 편마비 환자의 보행을 증진시키는데 트레드밀 보행 훈련이 새로운 치료적 접근법으로 행해지고 있다(Hassid et al, 1997; Hesse et al, 1999; Visintin et al, 1998; Ichiro et al, 2000; Stefan et al, 2001; Katherine et al, 2002). Finch와 Barbeau(1991)는 하니스(harness)를 이용해 체간을 지지하여 체중을 탈부하시키는 동시에 트레드밀 위에서 편안한 속도로 걷도록 하는 실험을 통해 새로운 보행 훈련법을 제안하였다. 이 연구를 통해 체중 탈부하 트레드밀 보행 훈련이 보행 패턴의 발현을 촉진함으로써 신경학적 결손이 있는 환자의 보행 훈련에 적용할 수 있는 효과적인 방법이라고 주장하였다. 또한 이형수(2003)는 8주간의 트레드밀 보행 훈

련이 만성 편마비 환자의 보행 속도와 보행 지구력에 효과적이라고 하였다.

따라서 본 연구의 목적은 트레드밀의 선행 연구들을 바탕으로 기능적 전기자극과 트레드밀 보행 훈련을 함께 적용함으로써 보행 속도와 보행 지구력에 증진에 대한 임상치료에서의 유용성을 검증해보고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상 및 연구기간

본 연구의 대상은 뇌졸중으로 인한 편마비 진단을 받는 환자로 국립재활원에서 치료를 받는 편마비 환자 2명을 대상으로 하였다. 본 연구에 참가한 환자는 다음의 기준조건을 만족하고, 모든 실험과정에 동의하였다. 연구기간은 2003년 8월 19일부터 동년 10월 20일까지로 총 8주 동안 진행하였다. 연구대상자의 선정조건은 다음과 같다. 1) 뇌졸중으로 인하여 편마비로 진단을 받고, 발병 후 3개월이 경과한 환자 2) 보조기나 지팡이 등 보장구의 착용유무에 관계없이 45m 이상 독립 보행이 가능한 환자 3) 하위 운동 신경 병변이 없으며 양 하지의 정형 외과적 질환이 없는 환자 4) 관절 가동 범위에 제한이 없고, 마비 쪽 하지의 경직이 Modified Ashworth Scale로 평가하였을 경우 Grade 1 이하인 환자 5) 견디지 못할 만큼의 통증 없이 전기자극에 의해 보행 중 발뒤꿈치 닿기 시에 만족스러운 족관절의 배측굴곡 반응이 일어나는 자 6) 트레드밀 위에서 0.5mph 이상의 속도로 200m 이상 보행훈련 하더라도 임상적으로 문제가 없다는 의사의 진단을 받은 환자 7) 연구내용을 이해하며 의사소통이 가능한 환자. 선정조건 2)항의 편마비 환자의 독립 보행의 기준을 45m로 선정한 것은 FIM(Functional Independence Measurement)의 평가기준에 근거를 두었다(Keith et al, 1987).

본 연구의 대상자 1의 연령은 44세 남자였고, Rt

MCA infaction으로 인한 좌측 편마비로 진단을 받았고, 발병 후 3개월이 경과된 환자이었다. 간이 정신상태 검사(Mini-Mental State Test : MMSE)점수가 30점이었고, 기능적으로 독립지수(Functional Independence Measure : FIM)가 105점, 상지의 Burnnstrom 단계는 3단계였고(Brunnstrom, 1964), 외발 지팡이(mono cane)를 사용하여 독립적으로 걷기가 가능하였다. 보행 중 좌측 족하수 증세를 보였다. 대상자 2는 49세 여자로서 Lt. BG. ICH로 우측 편마비였으며, 발병 후 3개월이 경과된 환자로서, 간이 정신상태 검사점수가 28점이었고, 기능적으로 독립지수가 98점, 상지의 Burnnstrom 단계는 2단계였고, 지팡이의 사용없이 독립적으로 걷기가 가능하였다. 보행 중 좌측 족하수 증세를 보였다(Table 1).

Table 1. Subject characteristics

Subject	Age(years)	Sex	Diagnosis	Cause	Hemiplegic site	Duration(months)
1	44	Male	CVA	Infaction	Left	3
2	49	Female	CVA	Hemorrhage	Right	3

2. 실험 도구 및 측정방법

1) 실험도구

본 연구에 사용된 기능적 전기자극기는 독일 Moedel사의 Microstim을 이용하였다. 전극은 단일전극으로 5×5cm의 접착식 전극을 사용하여 족관절 배측굴곡근의 근위부(비골두 하방 5cm)와 원위부(비골 외과 상방 5cm)에 각각 부착하였다. 발뒤꿈치 스위치(heel switch)는 발뒤꿈치 종골 부위에 부착하였다. 이것은 보행 중 발뒤꿈치가 바닥에 닿을 때(heel strike)에는 꺼지고 유각기 전에 발뒤꿈치가 바닥에 떨어지면(heel off) 켜지도록 조절되는 스위치이다. 기능적 전기자극기의 파형은 직각 이중 파형(rectangular bi-phasic)이었고, 자극의 빈도는 35Hz, 자극강도는 환자가 편안하면서도 충분한 정도의 발등쪽 굽힘이 일어나는 강도인 40~60mA 범위였으며, 최대 60mA를 넘지 않도록 하였다. 최대 강도가

유발되는 시간(ramp-up)은 0.2초, 자극범위는(pulse with)는 250 μ s이었다.

본 연구에 사용된 트레드밀은 미국의 Golbal fitness사의 SA8700를 이용하였다. 운동 강도(속도)의 설정은 Stefan 등(2001)과, Katherine 등(2002)이 제안한 프로토콜을 참고로 하여, 체중부하 상태에서 자가-선택 속도를 측정 한 후 보행 훈련 단계가 진행되는 동안 점진적으로 속도가 증가되도록 하였다. 즉, 초기 경사도를 0%에서 고정시키고 보행을 시작 하면서 트레드밀의 속도를 천천히 증가시켜 환자가 편안한 느낌을 갖는 속도를 1단계로 맞춘 후 1단계(1~2주)가 지나면, 2단계(3~4주)에서는 최초 자가-선택속도에 25%를 증가시켜 실시하고, 3단계(5~6주차)에서는 1단계 속도에 50%를 증가시키고, 마지막 4단계에서는 최초의 속도에 100%가 증가되도록 하였다. 또한 트레드밀 보행훈련 중에 가능하면 수직 상태의 체간 정렬과 하지를 통한 체중이동과 체중부하가 되도록 하였고, 보행 시 양하지 사이의 입각기와 유각기, 보폭이 규칙적인 리듬과 일정한 활동패턴을 유지되도록 구두명령과 필요하다면 발의 위치를 보조요원 두 명이 각각 보조해 주는 방법으로 하였다.

2) 측정방법

보행 훈련의 효과를 평가하기 위해서 기능적 전기 자극을 적용한 트레드밀 훈련 전, 훈련 후 4주와 8주에 각각 보행 속도, 보행 지구력, 에너지 소모지수를 측정하였다. 보행 속도 검사(walking velocity test)에 사용된 검사법은 임상적으로 간편하게 가장 많이 사용되는 방법으로 전자초시계를 이용하여 10m의 구간 중 처음 2m거리에 표시한 선을 통과 한, 첫 번째 걸음의 발뒤꿈치가 바닥에 닿을 때(heel strike)부터 구간 끝부분 8m 선 마지막 걸음의 발뒤꿈치가 바닥에 떨어질 때(toe-off)까지로 양끝 2m을 제외한 6m 길이에서 만 측정 한 것을 가지고, 소요된 시간을

측정(속도(m/s)=거리(m)/시간(s))하여 보행 속도를 계산하는 방법이다(Patricia et al 2001; Elizabeth et al 2001, Katherine et al 2002.). 측정은 총 3회 이상 반복 실시하여 평균값으로 하였다.

보행 지구력 검사(gait endurance test)에 사용된 보행 검사법은 30m의 트랙을 12분 동안 얼마만큼의 거리를 걷는지 누적 거리 측정하여 보행 지구력을 계산하는 방법이다(Janice et al, 2002).

에너지 소모지수(Energy Expenditure Index, EEI) 검사는 sports tester, PE3000(Polar, Finland)를 사용하여 심박수를 측정하여 걸을 때와 안정기의 심박동수의 차이를 보행 속도로 나눈 값으로 구하였다(Rose et al, 1991).

$$\text{에너지 소모지수} = \frac{\text{보행 중 심박수} - \text{안정기 심박수}}{\text{보행속도}}$$

3. 자료분석

본 연구 결과의 분석을 위해 보행 훈련 전, 4주 훈련 후, 8주 훈련 후의 보행 속도와 지구력, 에너지 소모지수의 값을 도표로 표시한 시각분석방법(visual analysis)을 사용하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 보행 속도의 변화

8주간의 기능적 전기자극을 적용한 트레드밀 보행 훈련 실험 전, 실험 4주 후, 실험 8주 후의 보행 속도는 다음과 같다. 대상자 1의 보행 속도는 실험 전 0.52m/sec, 실험 4주 후 0.64m/sec, 실험 8주 후 0.83m/sec로 빨라졌다(Fig. 1). 대상자 2의 보행 속도는 실험 전 0.58m/sec, 실험 4주 후 0.71m/sec, 실험 8주 후 0.92m/sec로 빨라졌다(Fig. 2).

험 8주 후 693.47m로 증가하였다(Fig. 4).

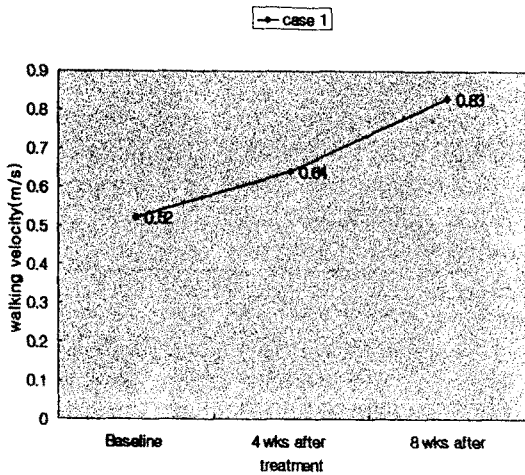


Fig. 1. walking velocity of case 1

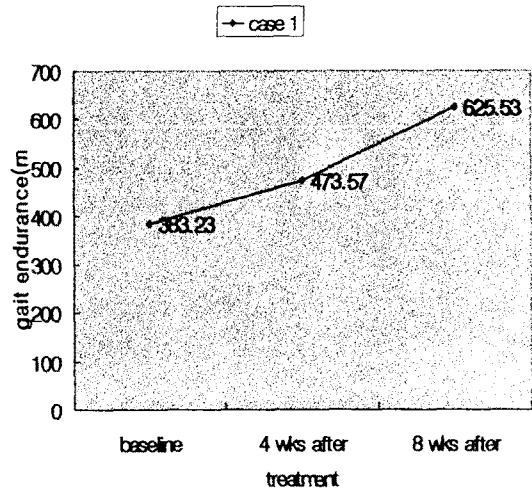


Fig. 3. gait endurance of case 1

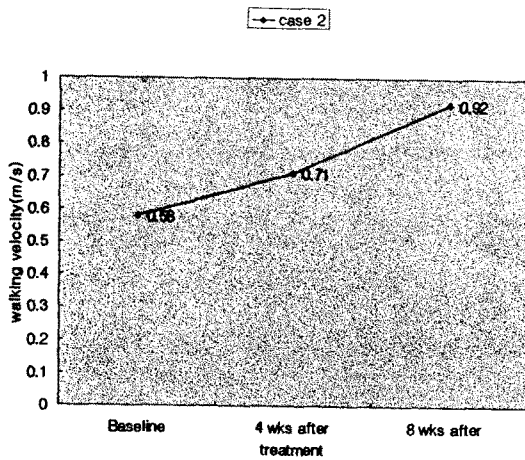


Fig. 2. walking velocity of case 2

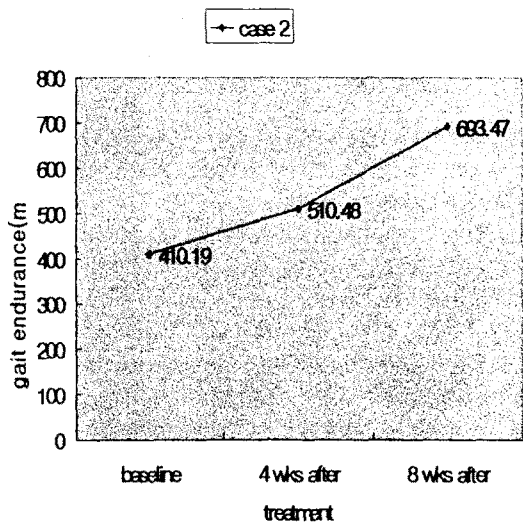


Fig. 4. gait endurance of case 2

2. 보행 지구력의 변화

8주간의 기능적 전기자극을 적용한 트레드밀 보행 훈련 실험 전, 실험 4주 후, 실험 8주 후의 보행 지구력은 다음과 같다. 대상자 1의 보행 지구력은 실험 전 383.23m, 실험 4주 후 473.57m, 실험 8주 후 625.53m로 증가하였으며(Fig. 3), 대상자 2의 보행 지구력은 실험 전 410.19m, 실험 4주 후 510.48m, 실험 8주 후 693.47m로 증가하였다(Fig. 4).

3. 에너지 소모지수의 변화

8주간의 기능적 전기자극을 적용한 트레드밀 보행 훈련 실험 전, 실험 4주 후, 실험 8주 후의 에너지 소모지수는 다음과 같다. 대상자 1의 에너지 소모지수는 편안한 속도에서 실험 전 0.98beats/min, 실험 4주 후 0.88beats/min, 실험 8주 후 0.71beats/min으로

감소하였으며, 최대 보행 속도에서는 실험 전 0.93beats/min, 실험 4주 후 0.82beats/min, 실험 8주 후 0.67beats/min으로 감소하였다(Fig. 5). 대상자 2의 에너지 소모지수는 편안한 속도에서 실험 전 0.93beats/min, 실험 4주 후 0.81beats/min, 실험 8주 후 0.68beats/min으로 감소하였으며, 최대 보행 속도에서는 실험 전 0.91beats/min, 실험 4주 후 0.76beats/min, 실험 8주 후 0.61beats/min으로 감소하였다(Fig. 6).

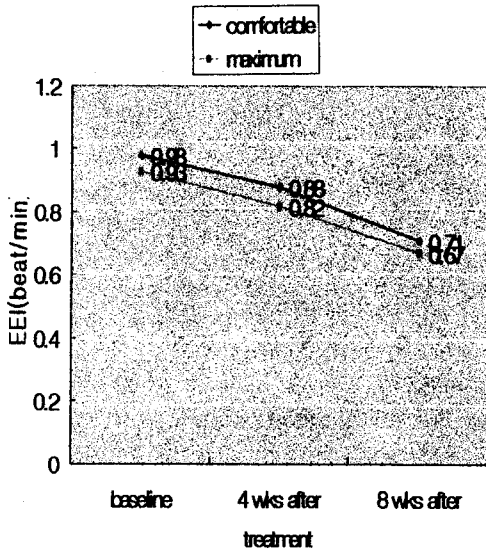


Fig. 5. energy expenditure index of case 1

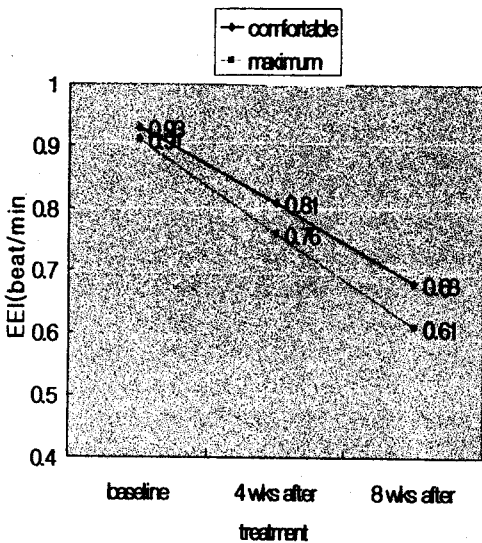


Fig. 6. energy expenditure index of Subject 2

IV. 고찰

뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 회복은 신경학적 인 회복과 기능적인 회복으로 나누어 볼 때 기능적인 회복은 외부환경, 재활을 위한 치료의 정도, 본인의 의지력에 따라서 영향을 받게 된다. 편마비 환자의 기능을 평가하는데 있어 보행은 최소한의 이동능력을 증진시켜 독립적인 생활을 보장받고, 활동공간을 넓혀 가는데 필수적인 요소가 된다. 따라서 편마비 환자의 보행에서 정상적인 보행 속도와 보행 지구력, 에너지 소모지수를 가지는 것은 독립적인 생활을 위한 치료의 목표 중 하나로써 편마비 환자의 보행 능력을 증진시키기 위한 운동으로 매우 중요하게 작용한다(Bohannon, 1987).

Corcoran 등(1983)은 편마비 환자에서 편안한 보행의 속도는 45m/min로 정상인의 83m/min 보다 46% 정도 느린 것으로 보고하였고, 김미정 등(1994)은 안정시 보행속도는 30.24m/min이고, 최대 안전 보행시 42.22m/min으로 정상인의 68.06m/min과 98.91m/min에 비해 훨씬 느리다고 하였다. Weerdt (1985)는 편마비 환자의 경우에 가장 기초가 되며 보행에서 가장 중요한 지표를 보행 속도라 하였으며, 보행 속도의 측정이 환자의 일상생활능력 및 예후 기능 파악에 가장 간단하고 정확한 방법으로 알려져 있다. 독립적인 사회생활을 위해서 요구되는 보행 속도는 Robinett과 Vondron(1988)에 의하면 지역사회 크기에 따라 차이는 있으나 평균 44.5m/min 정도는 되어야 한다고 하였다.

족하수를 막기 위해 임상에서 가장 많이 사용하는 처방은 단하지 보조기 착용과 기능적 전기자극이다. 단하지 보조기는 환측 하지의 약화 근력과 발목관절의 족하수를 방지하여 보행 기능의 향상에 도움을 주지만 발목관절의 능동적인 족관절 저축굴곡을 막아 이 기능을 억제시키고 보행 주기 중 발끝 밀기 시에 일어나는 하지의 협응력을 떨어뜨리는 단점이 있다(Corzean et al, 1988). 단하지 보조기 이외에 족하수를 방지하는 방법으로 기능적 전기자극이 사용

되고 있다. 기존의 전기자극은 주로 말초 신경계 병변이 있는 환자의 근재교육과 근위축 방지에 초점을 둔 반면, 기능적 전기자극은 중추신경계 병변으로 인한 마비환자의 기능적 동작을 향상시키는데 초점을 두고 있다(Liberson et al, 1961). 초기의 기능적 전기자극은 보행 훈련에서 필요성이 인정됨에도 불구하고 효과에 대한 과학적인 증거가 부족하여 널리 사용되지 않았다. 그러나 부작부위의 통증, 피부 손상, 전기자극 시 환자가 느끼는 불편감, 통증, 그리고 장기간 사용 시 동반되는 근 피로도 등의 문제가 제조기술의 비약적인 발전으로 많이 해소되었으나(Burridge et al, 1997), 족관절 내반과 발뒤꿈치 접지기의 개선, 유각기 시 족하수에 대한 개선(김찬문 등, 1998; 장순자 등, 1999; 이왕재 등, 1999), 슬관절 굴곡 및 활보장의 개선(Cozean et al, 1988)에 비해, 보행 속도, 보행 지구력, 에너지 소모지수에 대한 개선효과에 대해서는 아직까지도 논란이 계속되고 있다(김용욱 등, 2001).

본 연구에서는 족하수를 가진 편마비 환자에게 기능적 전기자극을 함께 적용한 트레드밀 보행 훈련을 했을 때 나타나는 보행 속도, 보행 지구력, 에너지 소모지수에 변화를 알아보고자 하였다. 본 연구결과에서는 기능적 전기자극을 적용했을 때 보행 속도가 증가하였고, 보행 지구력의 증가를 가져왔고, 에너지 소모지수에 감소를 가져왔다. 이러한 결과는 Burridge 등(1997), 김찬문 등(1998), 장순자 등(1999), 이왕재 등(1999)의 연구와는 다른 결과였고, Granat 등(1996)의 결과와는 일치하였다.

트레드밀 보행 훈련은 환자의 보행 중 규칙적이고 리듬 있는 보행을 통하여 하지의 협응운동 조절을 촉진하고 자세 조절을 제공한다. Malouin 등(1992)은 트레드밀 훈련이 환자들에게 동기부여와 트레드밀 위에서 보행 속도를 유지하도록 하여 환자의 노력을 증가시킨다고 제안하였고, 환자의 가능한 빠른 보행과 같은 패턴으로 많은 반복을 가능하게 하기 때문에 운동학습이론을 뒷받침한다(Hesse et al, 1995; Kottke & Lehman, 1990; Shumway-cook & Wollacott, 2001).

또한 트레드밀 보행훈련은 특정 과제 연습(task-oriented practice)은 아니지만 실제의 보행환경과 유사한 과제 지향적 접근법(task-oriented approach)이다(Malouin et al, 1992; Miller et al, 2002). Katherine 등(2002)의 연구에서는 뇌졸중 환자 14명을 0.5mph(저속), 2.0mph(고속), 0.5~2.0mph(가변)의 세군으로 나누어 20분 동안 4주의 체중지지 트레드밀 보행 훈련을 실시한 후 지상 보행 속도를 비교한 결과 자가 선택 보행 속도보다 빠르게 훈련한 고속군에서 더 빠른 지상 보행 속도를 보였으며, 1개월 후 추적 조사한 결과에서도 빠르게 훈련한 고속군에서 유의하게 지상 보행 속도가 빠른 결과를 보고하였다. 본 연구 결과로 미루어 볼 때, 환자의 보행훈련 시 보행의 독립성이나 안전성이 저하되지 않는 범위에서 좀더 빠르게 걷도록 훈련시키는 것이 효과적이며, 사회적 복귀를 돕는 재활의 한 부분이 될 것으로 생각된다. Yocheved 등(2001)은 지상 보행 훈련군과 트레드밀 보행 훈련군에서 각각 0.18m/sec에서 0.33m/sec로 0.20m/sec에서 0.47m/sec로 보행 훈련 후에 통계적으로 유의한 증가를 보였다고 보고하였다. 또한 보행 지구력에서 Sarah 등(2001)이 발병 후 60일이 지난 뇌졸중 환자를 대상으로 트레드밀 보행 훈련 후에 보행 속도와 함께 보행 지구력의 향상을 보고하였고, 전계호 등(1999)은 독립보행이 가능한 20명의 뇌졸중 환자를 대상으로 체중 탈부하 상태에서 보행 시간 인자와 에너지 소모량, 동적 근전도 검사를 시행하였는데, 탈부하 후 환측 및 건측 하지의 단하지 지지기가 길어지고, 환측 하지로의 체중 지지율이 증가하였고, 동적 근전도의 변화는 탈부하가 커질수록 내측 광근, 대퇴이두근, 반건양근의 전기적 활동 진폭이 보행 주기 중 발뒤축 접지기와 입각기 초기에 감소되는 경향이 있었다. 특히 내측 비복근의 전기적 활동 진폭이 입각기 전 기간 동안 감소되는 양상이 있었고, 보행 중 O₂ rate, O₂ cost, O₂ pulse가 감소하여, 심폐기능이 부적절하거나 근위축 및 지구력이 약한 환자들에게 보행 훈련을 보다 긴 시간동안 효과적으로 적용

할 수 있다고 하였다.

본 연구에서도 기능적 전기자극을 적용했을 때 보행 속도와 보행 지구력의 증가를 가져왔고, 에너지 소모지수에 감소를 가져왔다. 이러한 결과는 Corcoran 등(1983)과 김미정 등(1994)이 편마비 환자의 보행 속도가 정상성인의 46% 정도의 수준이라고 보고한 내용은 실험 전 대상자들의 평균 보행 속도와 일치한 속도로, 실험 후 평균 보행 속도의 76%까지 회복하여 지역사회에서 독립적인 사회생활을 위해서 요구되는 보행 속도에 근접해지고 있다고 볼 수 있다. 이러한 연구 결과는 점진적으로 속도가 증가되는 트레드밀 보행 훈련이 뇌졸중 환자의 보행 속도와 보행 수를 증진시키는데 영향을 주는 것으로 보여지며, 일반적인 보행훈련과 비교하여 트레드밀 보행 훈련이 보행 속도를 증진시키는데 더 효과적인 방법이라 사료된다. 또한 본 연구에서는 운동 형상학적 분석이나 동적 근전도를 사용하지 않았으나, 보행 속도의 증가와 함께 단하지 지지기나 건축 유각기의 증가를 가져와 보폭의 향상이 이루어져 같은 시간에 더 많은 거리를 보행할 수 있게 되어 보행 양상의 변화를 가져온 것으로 사료된다.

이상의 연구 결과에서 나타나듯이 기능적 전기자극을 적용한 트레드밀 보행훈련은 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 보행 속도와 지구력의 향상과 보행 중 에너지 소모지수의 감소를 가져와 유용한 치료방법으로 사용될 수 있다. 그러나 뇌졸중 환자들은 해부학적 결손의 정도나 손상 부위가 개인에 따라 다르기 때문에 편마비의 형태에 따라 여러 변화가 초래되고 있어, 뇌졸중 환자의 치료에는 표준화된 계획이 없으며 다양한 기능적 결함에 기초를 두고 개인에 맞는 치료 접근이 필요하겠고, 본 연구에 사용된 보행 훈련은 뇌졸중 환자를 보행 훈련시킬 때, 각 환자의 상태와 관심에 맞추어 선택할 수 있는 여러 가지 방법 중 하나가 될 것이며, 대상자의 수가 작아 모든 뇌졸중 환자에게 일반화하여 해석하는데 제한되는 점이 있다고 하겠다.

V. 결 론

본 연구의 목적은 기능적 전기자극을 적용한 트레드밀 보행 훈련이 편마비 환자의 보행 속도와 보행 지구력, 에너지 소모지수에 어떠한 영향을 미치는지 알아보는 것이었다. 본 연구의 대상자는 뇌졸중으로 진단을 받고 국립재활원에 입원한 환자 중 본 연구의 필요조건을 충족하는 2명을 대상으로 일반적인 물리치료와 함께 기능적 전기자극 치료기와 트레드밀을 정해진 순서에 의하여 8주간 보행 훈련을 실시하였다. 훈련 전, 훈련 후 4주, 8주 간 보행 속도와 보행 지구력, 에너지 소모지수를 비교한 결과 편마비 환자에서 기능적 전기자극을 적용한 트레드밀 보행 훈련이 보행 속도와 보행 지구력을 증가시키고, 에너지 소모를 줄이는데 효과가 있음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

김미정, 이수아, 김상규 등. 뇌졸중환자의 보행속도에 관한 연구. 대한재활의학회지, 18(4) : 736-741, 1994.

김봉욱, 홍주형, 윤승호. 편마비 환자에서 보행 중 에너지소모와 Physiological Cost Index의 유용성. 대한재활의학회지, 20(1) : 39-44, 1996.

김용욱, 원종혁, 정보인. 기능적 전기자극이 뇌졸중 환자의 보행에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지, 10(1) : 11-25, 2001.

김진호, 오경환, 정진우. 보조기학과 의지학. 도서출판 대학서림, 1987.

김종만, 이충휘. 기능적 전기자극이 편마비 환자의 보행에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지, 4(1) : 11-23, 1997.

김찬문, 정재훈, 김민정 등. 단하지 보조기와 전기자극이 편마비 환자의 보행특성에 미치는 영향. 한국 Bobath학회지, 3(1) : 119-130, 1998.

이왕재, 정재훈, 김재현 등. 기능적 전기자극이 편마비 환자의 보행에 미치는 영향. 한국 Bobath학

- 회지, 4(1): 48-61, 1999.
- 이형수. 트레드밀 보행훈련 프로그램이 만성뇌졸중 환자의 보행에 미치는 영향. 고려대학교 대학원, 석사학위논문, 2003.
- 장순자, 김범준, 김창원 등. 편마비 환자에서 단하지 보조기 및 기능적 전기자극 적용 후 보행 양상의 변화. 대한재활의학회지, 23(4): 853-860, 1999.
- 전계호, 조강희, 김봉욱. 체중 탈부하가 편마비 보행에 미치는 영향. 대한재활의학회지, 23(2): 371-376, 1999.
- Bobath B. Adult hemiplegia: evaluation and treatment. 3rd ed. London : Heinemann Medical Book, 1990.
- Bohannon RW. Gait performance of hemiparetic stroke patients : analysis of temporal variables. Arch Phys Med Rehabil, 68: 777-781, 1987.
- 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, 11: 201-210, 1997.
- Brunnstorm S. Recording gait patters of adult hemiplegic patient. J Am Phys Ther Asso, 44: 11-18, 1964.
- Carr JH, Shepherd RB. Onvestigation of a new motor assessment scale for stroke patient. Physical Therapy, 65(2): 175-178, 1985.
- Corcoran PJ, Jebson RH, Bregnelmann GL, et al. Hemiplegic gait : analysis of temporal variables. Arch Phys Med Rehabil, 64: 583-587, 1983.
- Cozean CD, Pease WS, Hubbeil SL. Biofeedback and functional electric stimulation in stroke rehabilitation. Arch Phys Med Rehabil, 69: 401-405, 1988.
- Elizabeth J, Protas S. A comparison of rehabilitation and regular rehabilitation with supported treadmill ambulation training for acute stroke patients. Journal of rehabilitation Research and Development, 38(2): 232-249, 2001.
- Finch L, Barbeau H, Arsenault B. Influences of body weight support on normal human gait : The development of gait retraining strategy. Physical Therapy, 71: 842-856, 1991.
- Gracanin F, Prevec F, Trontelj I. Evaluation of use of functional electronic peroneal brace in hemiparetic patients. Belgrade, Yugoslav Committee for Electronics and Automation, 198-205, 1967.
- Granat MH, Maxwell DJ, Ferguson ACB, et al. Peroneal stimulator : Evalustion for the correction of spastic drop foot in hemiplegia. Arch Phys Med Rehabil, 77: 19-24, 1996.
- Hassid E, Guttry M, Dobkin BH. Improved gait symmetry in hemiparetic stroke patient induced during body weight-supported treadmill stepping. J Neuro Rehabil, 11: 21-26, 1997.
- Hesse S, Konrad M, Uhlenbrock D. Treadmill walking with partial body weight support versus floor walking in hemiparetic subjects. Arch Phys Med Rehabil, 80: 421-427, 1995.
- Ichiro M, Yasuyuki F, Yoshishige U, et al. Treadmill training with body weight support : Its effect on Parkinson's disease. Arch Phys Med Rehabil, 81: 849-852, 2000.
- Janice J, Kelly S, Andrew S, et al. Functional walk test in individuals with stroke relation to perceived exertion and myocardial exertion. Stroke, 33: 756-767, 2002.
- Katherine JS, Barbara JK, Bruce H. Step training with body weight support : The effect of treadmill speed and practice paradigm on poststroke locomotor recovery. Arch Phys Med Rehabil, 83: 683-691, 2002.

- Kottke FJ, Lehman JF. Krusen's hand book of Physical Medicine and Rehabilitation. Therapeutic Exercise to Develop Neuromuscular Coordination. 3th ed. Philadelphia, WB Saunders, 19: 452-479, 1990.
- Liberson WT, Holmguest HJ, Scot D, et al. Functional electrical stimulation of the personal nerve synchronized with the swing phase of the gait of hemiplegic patients. Arch Phys Med Rehabil, 42: 101-105, 1961.
- Malouin F, Potvin M, Prevost J, et al. Use of an intensive task-oriented gait training program in series of patients with acute cerebrovascular accidents. Phys Ther, 72: 781-789, 1992.
- Miller EW, Quinn ME, Seddon PG. Body weight support treadmill and overground ambulation training for two patients with chronic disability secondary to stroke. Phys Ther, 82: 53-61, 2002.
- Patricia AG, Thomas AM, Owen ME. Gait after stroke : Initial deficit and changes in temporal patters for each gait phase. Arch Phys Med Rehabil, 82: 1057-1065, 2001.
- Robinett CS, Vandran MA. Functional ambulation velocity and distance requirements in rural and urban communities. 68: 1371-1373, 1988.
- Rose J, Gamble JG, Lee J, et al. The energy expenditure index : a method the quantitate and compare walking energy expenditure for children and adolescents. J Pediatr Orthop, 11: 571-578, 1991.
- Ryerson S, Levit K. Functional movement reeducation. New York : Churchill Livingstone, pp52-55, 433-440, 1997.
- Richard FM, Gerald V. Smith, C. et al. Treadmill training improves fitness reserve in chronic stroke patient. Arch Phys Med Rehabil, 82: 879-884, 2001.
- Sarah C, Manisha K, Julia B, et al. Practical issues in retraining walking in severely disabled patients using treadmill and harness support systems. Australian Journal of Physiotherapy, 47: 211-213, 2001.
- Shumway-Cook A, Wollacott MH. Motor control : Theory and practical application. Upper extremity manipulation skill : changes across the life span. 2nd ed. Baltimore, Williams & Wilkin, 16: 387, 2001.
- Stefan H, Cordula W, Tina P, et al. Influence of walking speed on lower limb muscle activity and energy consumption during treadmill walking of hemiparetic patient. Arch Phys Med Rehabil, 82: 1547-1550, 2001.
- Vodovnik L, Kralj A, Stanic U, et al. Recent application of functional electrical stimulation to stroke patients in ljubjana. Clin Orthop, 131: 64-70, 1978.
- Visintin M, Barbeau H, Mayo NE. A new approach to retrain gait in stroke patient through body weight support and treadmill stimulation. Stroke, 29: 1122-1288, 1998.
- Weerdt WJG, Harrison MA. Care for stroke patients-against ysrdstick shall we measure?. Physiotherapy, 71: 298-300, 1985.
- Youcheved L, Ruth D, Yael C, et al. The effect of treadmill training on the ambulation of stroke survivors in the early stage of rehabilitation. Journal of rehabilitation Research and Development, 38(1): 385-399, 2001.