

전동식 보행 훈련기를 이용한 뇌졸중 환자 보행훈련의 사전연구

김재현 · 안승현¹ · 배성수²

보바스기념병원 물리치료실, ¹국립재활병원 물리치료실, ²대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

Preliminary Study of Ambulation Training on Electromechanical Gait Trainer in Stroke Patients

Jae-hyun Kim, P.T., M.S., Seung-huon An, P.T., M.S.¹, Sung-soo Bae, P.T., Ph.D.²

Department of physical Therapy, Bobath memorial Hospital,

¹Department of physical Therapy, National Rehabilitation Center,

²Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu University

<Abstract>

Purpose : The purpose of this study was to investigate the effect of electromechanical gait trainer therapy in stroke patients. The gait trainer was designed to provide nonambulatory subjects the repetitive practice of a gait-like movement without overstraining therapist. To simulate normal gait, discrete stance and swing phase, lasting 60% and 40% of the gait cycle respectively, and the control of the movement of the centre of mass were required.

Methods : This preliminary study investigated during 8 weeks therapy on the gait trainer could improve gait ability in 5 subacute and chronic hemiparetic stroke patients. Gait ability(time up & go [TUG], comfortable and maximal gait speed and functional ambulation category[FAC]), functional movement of lower extremity (Fugl-Meyer Assessment [FMA] and composite spasticity score [CSS]) and sensory of lower extremity(Fugl-Meyer Assessment sensory [FMA-s])were the measured.

Results : TUG, comfortable and maximal gait speed and FMA were improved significantly. Although FAC, FMA-s and CSS were improved, there were not statistically significant.

Conclusion : Therefore, the gait trainer enabled affected patients the repetitive practice of a gait-like movement, which is important for the restoration of walking ability.

Key Words : Stroke, Gait trainer, Ambulation training

I. 서 론

뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 재활에 있어서 보행 능력의 획득은 환자의 독립성과 직결되는 중요한 요소로서 재활치료의 목표중 하나가 된다. 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 이루었으나, 임상에서 자주 겪게 되는 문제가 정적인 상태의 보행 훈련이나 치료사에 의존한 보행 방법으로는 많은 인력 소요와 시간적 장애 등이 있다는 것이다. 최근에는 환자가 보다 능동적으로 마비측 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). 이러한 고전적 치료법을 대신하여 동적인 상태에서 체중 탈부하를 시키면서 보행훈련을 시키고자 하는 방법들이 시도되고 있다. Finch 등(1991)은 체중 탈부하를 통한 트레드밀 훈련은 보행 패턴의 발현을 촉진함으로써 신경학적 결손이 있는 환자의 보행 훈련에 적용할 수 있는 효과적인 방법이라고 하였다.

Hesse(1995, 1999a, 2004) 등과 Visintin(1998) 등은 보행이 불가능한 편마비 환자에게 부분 체중 부하 트레드밀 보행 훈련과 전동식 보행 훈련을 실시할 경우 보행시 안정감 증진, 낙상에 대한 공포로 인한 불필요한 근 긴장 억제, 보행에 대한 경험 제공, 보행양상의 호전 등의 장점을 보고 하여 고전적인 물리치료보다 더 나은 결과를 제시 하였고, 이러한 방법의 유용성을 뒷받침하는 연구 결과들을 보고하였다. 트레드밀 보행 훈련은 환자를 위한 새로운 치료법으로서 환자의 기능적 보행 능력과 보행 속도, 지구력, 보행주기, 에너지 효율 그리고 근육 활동 향상을 위해 효과적임을 알 수 있었다. Malouin 등(1992)은 트레드밀 훈련이 환자들에게 동기부여와 트레드밀 위에서 보행 속도를 유지하도록 하여 환자의 노력을 증가시킨다고 제안하였고, 환자 스스로

가능한 빠른 보행과 같은 패턴으로 많은 반복을 가능하게 하기 때문에 운동학습이론을 뒷받침한다고 하였다(Hesse 등, 1995; Kottk 등, 1990; Shumway-cook 등, 2001). 또한 트레드밀 보행 훈련은 특정 과제 연습(task-oriented practice)은 아니지만 실제의 보행환경과 유사한 과제 지향적 접근법(task-oriented approach)이라고 하였다(Malouin 등, 1992; Miller 등, 2002). 그러나 이러한 선행 연구들은 체중의 무게를 줄여 주기 위하여 harness, pully, frame 등 복잡한 도구들이 동원되어야 하고, 보행 시 환자의 움직임에 적절한 축을 제공해 주지 못하는 단점을 가지고 있어 대중적인 사용을 못하고 있는 실정이다(김태운 등, 2003). 체중 탈부하와 트레드밀을 이용하는 보행 훈련 방식은 2~3명의 치료사가 보조하여 체간과 사지의 자세나 움직임을 정상보행패턴에 가깝게 유도할 수 있는 등 과중한 업무를 요구하기 때문에 임상적으로 적용하는데 어려움이 있다는 지적이 있었고, 이러한 이유로 대부분의 치료사들은 트레드밀 위에서의 보행훈련보다 보조기를 착용하고 평지보행훈련을 시행하는 것을 더 선호하는 경향을 보인다(Kosak 등, 2000). 그 해결책으로 정상적인 보행과 유사한 운동동작을 전기기계적인 힘을 이용하여 반복적으로 수행할 수 있도록 고안된 전동식 보행훈련기가 제안되었다(Hesse 등, 2000; Werner 등, 2002, 박시운 등, 2004). Hesse와 Uhlenbrock(2000)은 정상인과 편마비 환자를 대상으로 트레드밀과 전동식 보행훈련기에서의 움직임을 비교하였는데, 정상인에서는 각각 시상면에 대한 하지의 움직임과 근활성 정도를 비교한 결과 비슷한 결과를 나타내었으나 스스로 보행이 어려운 편마비 환자에서는 전동식 보행훈련기에서 트레드밀에서 보다 도움을 주는 치료사의 수가 감소하였으며 보행이 보다 대칭적이었고 지면에 받는 충격이 훨씬 적었고 강제도가 보다 감소되었다고 하였다.

이에 본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 전동식 보행훈련을 실시하여 보행능력과 하지 운동 기능 변화에 어떠한 영향을 주는지 알아보려고 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상 및 연구 기간

본 연구의 대상은 뇌졸중으로 인한 편마비 진단을 받은 환자로 국립재활원에서 입원 치료를 받는 편마비 환자 중 연구에 동의한 환자 5명을 대상으로 일반적인 물리치료와 작업치료를 20분씩 하였으며, 실험군은 전동식 보행 훈련을 주 3회 20분씩 실시하였고, 연구기간은 2005년 12월부터 2006년 2월까지로 총 8주 동안 진행하였다. 피험자의 선정조건은 다음과 같다.

- 1) 뇌졸중으로 인하여 편마비로 진단을 받고, 발병 후 3개월 이상인 환자
- 2) 보조구나 지팡이 등 기타 보장구의 착용유무에 관계없이 10m 이상 보행이 가능한 환자.
- 3) 하위 운동 신경 병변이 없으며 양 하지의 정형외과적 질환이 없는 환자.
- 4) 관절 가동 범위에 제한이 없고, 마비가 있는 하지의 경직이 Modified Ashworth Scale로 평가하였을 경우 Grade 1+이하인 환자.
- 5) 연구내용을 이해하며 의사소통이 가능한 환자.

2. 실험도구 및 측정방법

1) 실험 도구

본 연구에 사용된 전동식 보행 훈련시스템은 2002년 독일 Maschinenfabrik GmbH & Co에서 보행 장애인의 능동적 보행 훈련 시스템을 위해 개발한 전동식 보행 훈련기로 체중부하 트레드밀 보행 훈련의 한계를 보완하고 정상적인 보행과 유사한 운동 동작을 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 받는다. 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(0~2km/h)의 범위내에서 AC모니터



fig.1. Ambulation Training on Electromechanical gait trainer in stroke patient

를 통해 조절이 가능하며 보장은 34cm~46cm의 범위에서 1cm씩 DC 모니터를 통해 변경된다. 상체는 견인장치에 고정되고 치료사가 견인장치의 높이를 조절할 수 있으며 환자의 보행을 지원하도록 신체 무게의 균형조절이 가능하다.

본 연구에서는 전동식 보행 훈련 시스템을 이용하여 1회 20분간 주 3회 8주간 보행 훈련을 시행하였다. 전동식 보행 훈련기의 체중 탈부하 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 감소시켰고, 환측 슬관절의 능동적인 신전이 가능한 상태로 2회 연속 훈련이 가능하면 0.4km/h씩 속도를 증가시켰으며(Edelle, 2001; Katherine 등, 2002), 보장 길이는 48cm으로 하였다.

물리치료사 1인이 환자에게 스스로 보행하듯이 하지에 힘을 주도록 지시하면서 보행주기에 따라 무릎관절의 움직임이 적절하게 이루어지지 않을 경우 물리적인 보조를 시행하였다(그림 1).

2) 측정 방법

(1) Timed Up & Go 검사(TUG)

기능적인 운동성과 이동능력, 균형을 빠르게 측정할 수 있는 검사로 팔걸리가 있는 의자에 앉아 실험자의 출발 신호와 함께 의자에서 일어나 3m 거리를 걸어서 다시 되돌아와 의자에 앉는 시간을 측정하는 방법이다. 측정자내 신뢰도는 $r=.99$ 이고, 측정자간 신뢰도는 $r=.98$ 로 신뢰할 만한 도구이다(Podisadlo 등, 1991). 20초 이상이면 기능적인 운동 손상을 지적한다고 하였으며 이 검사는 노인의 균형능력과 기능적인 운동을 평가하여 넘어짐의 위험을 예측하기 위해 사용되어 왔고, 최근에는 허약한 노인뿐만 아니라, 뇌졸중, 파킨슨질환, 관절염질환이 있는 환자에게도 적용되고 있다(Morris 등, 2001).

(2) Fugl-Meyer Assessment(FMA)

연구대상자의 감각 및 운동기능 평가는 Fugl-Meyer 등(1975)이 뇌졸중 환자의 기능적 회복정도를 평가하기 위해 고안한 Fugl-Meyer 평가척도를 사용하였다. 이 평가척도의 세분화된 항목은 3점 만점으로 0점은 수행할 수 없음, 1점은 부분적으로 수행할 수 있음, 2점은 완전하게 수행할 수 있음으로 구분되어져 있다. 운동기능 평가는 상지 운동기능 66점, 하지 운동기능 34점으로 최대 점수는 100점이다.

상지는 어깨/팔꿈치/아래팔, 손목, 손(손가락), 협응능력으로 세분화 되어 있으며, 하지는 엉덩/무릎/발목, 협응능력으로 세분화되어 있다. 감각은 촉각(light touch)과 관절 위치감각(position sense)을 검사하였다. 촉각은 상지에서 팔과 손바닥, 하지에서 다리와 발바닥을 건측과 환측을 비교하여 검사하며, 위치감각은 상지에서 어깨, 팔꿈치, 손목, 엄지손가락을 검사하고 하지에서는 엉덩, 무릎, 발목, 엄지발가락을 건측과 환측을 비교하여 검사하였으며, 최대 점수는 각각 12점이다. 본 연구에서는 하지의 운동기능 평가와 감각 검사만을 이용하였다. 각 항목의

검사는 3회 실시하여, 가장 높은 점수를 채택하였다. 검사 시간은 30분 정도 소요되며, 경우에 따라서는 나누어 검사를 실시하였다. 이 평가도구는 측정자간($r=.94$), 측정자 내($r=.99$) 신뢰도가 높다(Duncan 등, 1983).

(3) 안정보행 속도(comfortable gait speed)

보행속도를 측정하는 방법은 뇌졸중 환자의 재활 후 회복정도를 측정하는데 많이 추천되는 방법으로 빠르고 쉽게 보행장애 정도를 측정할 수 있다(Goldie 등, 1996; Richards 등, 1995). 또한, 보행속도를 측정하는 방법은 뇌졸중 환자의 일상생활능력이나 예후를 파악하는데 있어서 비교적 간단하면서도 정확한 방법 중 하나이다(김미정 등, 1994; Bohannon, 1986). 보행속도를 측정하는 방법은 매우 다양하며 보통 연구자들은 2~10m 거리를 측정하는 방법을 사용하고 있으며, 환자 본인이 선택한 가장 편안한 안정 보행속도(self-selective comfortable gait speed)와 안전하다고 느끼면서 최대한 빨리 걸을 수 있는 최대 보행속도(maximal gait speed)를 측정한다.

안정 보행속도를 측정하기 위하여 대상자 본인이 가장 안정하다고 느끼면서 편하게 걷는 속도를 측정하였다. 10m 걷는 속도를 1회 연습과정을 거친 후 3회 반복측정하여 평균값을 구하였다. 이검사는 $r=0.97$, $p<0.001$ 로 매우 높은 측정자간, 측정자 내 신뢰도를 보였다(Hunt 등, 1981).

(4) 최대 보행속도(maximal gait speed)

최대 보행속도는 환자가 안전하게 느끼면서 최대한 빨리 걷는 속도를 측정하였다. 10m 걷는 속도를 1회 연습과정을 거친 후 3회 반복측정하여 평균값을 구하였다. 대상자에게 총 14m를 걷게 하였고, 전후 2m를 제외한 10m 길이에서 만 측정할 것을 가지고 소요된 시간을 측정(속도(m/s)=거리(m)/시간(s))하여 보행 속도를 계산하였다(Elizabeth 등 2001, Katherine 등 2002.). 측정자는 첫 번째 발이 출발점을 지나는 시간에서 그 발이 종착점을 지나는 시간을 측정하였다(Suzuki 등, 1990). 안정 보행속도와 최대 보행속도를 측정하는 방법은 측정자 간, 측정자 내 신뢰도($r=.89 \sim 1.00$)가 높다(Steffen 등, 2002).

(5) Functional Ambulation Category

FAC scale는 보행능력을 검사하는 방법으로 6단계로 되어있으며, Collen 등(1990)에 의해 신뢰도와 타당도가 입증되었다. 0점은 환자의 보행시 2인 이상의 도움이 필요한 경우, 1점은 1인의 지속적이고 확고한 지지가 필요한 경우, 2점은 1인의 간헐적인 도움이 필요한 경우, 3점은 1인이 신체적 접촉 없이 지시 또는 감시가 필요한 경우, 4점은 스스로 평지는 걸을 수 있으나, 계단이나 불안정한 평지를 걸을 때에 도움이 필요한 경우, 5점은 환자 스스로 걸을 수 있는 경우를 말한다.

(6) Composite Spasticity score(CSS)

CSS는 족관절의 저축 굴곡 긴장도 상태를 정확하게 반영할 수 있도록 개발되었다(Levin 등, 1992; Levin 등, 1993; Hui-Chan 등, 1986). 1-12점으로 분류되어 있으며 1-4점은 강직이 없거나 경증인 강직, 5-9점은 중등도의 강직, 10-12점은 중증의 강직을 말한다. 임상에서 많이 사용하고 있는 Ashworth scale은 낮은 신뢰도와 급성기 뇌졸중 상태에서 나타나는 이완성 근긴장도를 평가할수 없기 때문이라고 하였다. 대조적으로 CSS는 강직을 평가하는 데 있어서 많은 뇌졸중 연구에서 높은 신뢰도와 타당도를 입증하였다(Levin 등, 1992; Levin 등, 1993; Hui-Chan 등, 1986; Nadeau 등, 1998).

3. 자료 분석

수집된 자료는 SPSS/Win 10.0을 이용하여 연구 대상자의 일반적 특성에서는 평균과 표준편차를 구하였고, 실험군의 보행 능력(TUG, 안정·최대보행 속도, FAC)과 하지의 운동 기능(FMA, CSS)의 변화

량을 알아보기 위하여 Wilcoxon signed rank test로 하였다. 통계적 유의수준을 점정하기 위하여 유의도 수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

III. 결 과

1. 연구 대상자들의 일반적인 특성

본 연구의 대상자 1은 53세 여성으로 뇌출혈로 인한 발병 후 16개월이 지난 좌측 편마비 환자로, 환측의 감각 장애와 시각무시가 동반되어 있었다. 대상자 2는 42세 남성으로 뇌경색으로 인한 발병 후 6개월이 지난 우측 편마비 환자로 언어 장애와 감각 장애가 동반되어 있었다. 대상자 3은 46세 남성으로 뇌경색으로 인한 발병 후 9개월이 지난 좌측 편마비 환자였으며, 심각한 감각 장애가 동반되어 있었다. 대상자 4는 52세 남성으로 뇌출혈로 인한 발병 후 11개월이 지난 좌측편마비 환자로 4년 전부터 합병증으로 인한 당뇨병을 가지고 있었다. 대상자 5는 56세 여성으로 뇌경색으로 인한 발병 후 13개월이 지난 우측 편마비 환자로, 환측의 감각 장애를 가지고 있었다. 모든 실험자는 FAC scale 2점으로 간헐적인 도움과 quadripod cane을 사용하여 10m 이상 실내보행이 가능하였다(Table 1).

2. Timed Up & Go 검사(TUG)의 변화

8주간의 전동식 보행 훈련 전, 후의 TUG는 대상자 각각 치료 전 18.56sec, 15.23sec, 18.87sec, 21.32sec, 17.34sec에서 치료 후 16.23sec, 13.23sec, 13.45sec, 19.12sec, 13.34sec로 나타났으며, 대상자의 평균

Table 1. Subjects characteristics

subject	age(years)	sex	Diagnosis	cause	Duration(months)
1	53	Female	Left hemiplegia	cerebral hemorrhage	16
2	42	Male	Right hemiplegia	cerebral infarction	6
3	46	Male	Left hemiplegia	cerebral infarction	9
4	52	Male	Left hemiplegia	cerebral hemorrhage	11
5	56	Female	Right hemiplegia	cerebral infarction	13

Table 2. The change of TUG

subject	pre-treatment	post-treatment	Z-value
1	18.56	16.23	
2	15.23	13.23	
3	18.87	13.45	
4	21.32	19.12	
5	17.34	13.34	
mean	18.26	15.07	-2.023*

TUG는 치료 전 18.26sec에서 치료 후 15.07sec로 향상 되었으며, 통계적으로 유의한 차이가(Z=-2.023, P=0.043) 있었다(Table 2).

상 되었으며, 통계적으로 유의한 차이가(Z=-2.032, P=0.042)있었다(Table 3).

3. Fugl-Meyer assessment 척도의 변화
(하지 운동 기능)

8주간의 전동식 보행 훈련 전, 후의 FMA 하지 운동 기능의 변화는 대상자 각각 치료 전 12score, 11score, 12score, 8score, 5score에서 치료 후 18score, 17score, 16score, 13score, 14score로 나타났으며, 대상자의 평균 FMA(Motor function of Lower extremity)는 치료 전 9.60score에서 치료 후 15.60score로 향

4. Fugl-Meyer assessment 척도의 변화
(하지의 감각 기능)

8주간의 전동식 보행 훈련 전, 후의 FMA 하지 감각 기능의 변화는 대상자 각각 치료 전 5score, 3score, 6score, 3score, 5score에서 치료 후 6score, 3score, 6score, 3score, 6score로 나타났으며, 대상자의 평균 FMA(sensory of Lower extremity)는 치료 전 4.40score에서 치료 후 4.80score로 향상 되었으나, 통계적으로 유의한 차이는(Z=-1.414, P=0.157)없

Table 3. The change of FMA(Motor function of Lower extremity)

subject	pre-treatment	post-treatment	Z-value
1	12	18	
2	11	17	
3	12	16	
4	8	13	
5	5	14	
mean	9.60	15.60	-2.032*

Table 4. The change of FMA(sensory of Lower extremity)

subject	pre-treatment	post-treatment	Z-value
1	5	6	
2	3	3	
3	6	6	
4	3	3	
5	5	6	
mean	4.40	4.80	-1.414

었다(Table 4).

5. 안정 보행속도의 변화

8주간의 전동식 보행 훈련 전, 후의 안정 보행속도의 변화는 대상자 각각 치료 전 0.55sec, 0.47sec, 0.50sec, 0.32sec, 0.35sec에서 치료 후 0.63sec, 0.66, 0.71sec, 0.38sec, 0.46sec로 나타났으며, 대상자의 평균 안정 보행속도는 치료 전 0.44sec에서 치료 후 0.57sec로 향상 되었으며, 통계적으로 유의한 차이가(Z=-2.023, P=0.043)있었다(Table 5).

6. 최대 보행속도의 변화

8주간의 전동식 보행 훈련 전, 후의 최대 보행속도의 변화는 대상자 각각 치료 전 0.58sec, 0.50sec, 0.52sec, 0.35sec, 0.39sec에서 치료 후 0.67sec, 0.71, 0.76sec, 0.43sec, 0.53sec로 나타났으며, 대상자의 평균 안정 보행속도는 치료 전 0.47sec에서 치료 후 0.62sec로 향상 되었으며, 통계적으로 유의한 차이가(Z=-2.023, P=0.043)있었다(Table 6).

7. Functional Ambulation Category(FAC) score의 변화

8주간의 전동식 보행 훈련 전, 후의 FAC score의 변화는 대상자 모두 치료 전 2score에서 치료 후 각

Table 5. The change of safety Walking velocity

subject	pre-treatment	post-treatment	Z-value
1	0.55	0.63	
2	0.47	0.66	
3	0.50	0.71	
4	0.32	0.38	
5	0.35	0.46	
mean	0.44	0.57	-2.023*

Table 6. The change of maximal Walking velocity

subject	pre-treatment	post-treatment	Z-value
1	0.58	0.67	
2	0.50	0.71	
3	0.52	0.76	
4	0.35	0.43	
5	0.39	0.53	
mean	0.47	0.62	-2.023*

Table 7. The change of Functional ambulation category

subject	pre-treatment	post-treatment	Z-value
1	2	2	
2	2	3	
3	2	3	
4	2	2	
5	2	3	
mean	2	2.6	-1.732

Table 8. The change of Composite Spasticity Scale score

subject	pre-treatment	post-treatment	Z-value
1	7	6	
2	8	7	
3	7	7	
4	9	8	
5	2	2	
mean	6.6	6	-1.732

각 2score, 3score, 3score, 2score, 3score로 나타났으며, 대상자의 평균 FAC score는 치료 전 2score에서 치료 후 2.60score로 향상 되었으나, 통계적으로 유의한 차이가(Z=-1.732, P=0.083)없었다(Table 7).

8. Composite Spasticity Scale 점수의 변화

8주간의 전동식 보행 훈련 전, 후의 CSS score의 변화는 대상자 각각 치료 전 7score, 8score, 7score, 9score, 2score에서 치료 후 6score, 7score, 7score, 8score, 2score로 나타났으며, 대상자의 평균 CSS score는 치료 전 6.6score에서 치료 후 6score로 향상 되었으나, 통계적으로 유의한 차이가(Z=-1.732, P=0.083)없었다(Table 8).

IV. 고 찰

뇌졸중 이후 보행의 재활에서 트레드밀 훈련을 고려하는 이론적 바탕은(Grillner 등, 1973; Barbeau 등, 1987), 척수고양이의 실험과 불안전척수손상환자에게 반복적인 보행훈련을 통한 연구 실험에서 척수와 척수상위수준의 Central Pattern Generator(CPG)로 인해 체중 탈부하 상태의 트레드밀 훈련이 보행 치료에 적용이 가능하다는 것을 보여 주었다. 보행은 협응, 운동 감각, 고유수용성 감각, 신경계, 관절 및 근육의 통합작용 등이 요구되는 복합적인 운동기능의 결과로(Norkin 등, 1992) 신경계에서 적절한 전기적 신호 패턴의 형태로 신경망을 통해 전달되어 근육활동을 유발시켜 인체의 생체역학적인 요구를 만족시킬 수 있을 때 적절한 보행이 이루어진다(Jacques 등, 1998). 결국 보행은 신경회로망(neural

networks)의 복잡한 통합과정과 특정 활동의 계속적인 반복을 통해 특성화되어져 단순한 형태를 이루게 된다.

Finch(1985)와 Barbeau(1987)는 뇌졸중 환자에게 체중 탈부하 상태의 트레드밀을 이용한 보행훈련의 사용을 처음으로 제안하였으며, 체중 탈부하 트레드밀 보행 훈련이 보행 패턴의 발현을 촉진함으로써 신경학적 결손이 있는 환자의 보행훈련에 적용할 수 있는 효과적인 방법이라고 주장 하였다. 최근에는 고전적인 치료법을 대신하여 동적인 상태에서 편마비 환자의 보행패턴을 증진시키는데 CPG의 개념에 입각한 트레드밀 보행 훈련 프로그램과 전동식 보행 훈련이 새로운 치료 접근법으로 이용되고 있다(Hesse 등, 1999b, 2001, 2004; Katherine 등, 2002).

트레드밀과 전동식 보행훈련은 환자의 보행 증규척적이고 리듬 있는 보행을 통하여 하지의 협응운동 조절을 촉진하고 자세 조절을 제공한다. 본 기계를 이용한 선행연구에서 Hesse 등(2000)은 1차 발병으로 중증인 뇌졸중 환자 2명을 대상으로 주 5회 4주 20분 동안 보행 훈련을 실시한 결과 Functional ambulation category(FAC), Rivermead motor assessment score(RMAS), 보행속도에서 유의하게 증가하였고, 퇴원후 지팡이를 잡고 실내 보행이 가능하였으며, 바닥에 물건을 짚을 수 있으며, 계단보행도 가능하였다고 보고하였다. 그리고 전동식 보행 훈련은 치료사의 수고가 적게 들고 환자에게 정상 보행 패턴을 반복적으로 연습할 수 있어 보행 장애를 가진 환자에게 효과적이라고 하였다.

Werner 등(2002)은 뇌졸중 환자 30명을 대상으로 무작위 대조연구를 실시하여 1회 15~20분씩 6주에

걸쳐 전동식 보행 훈련군과 트레드밀 보행 훈련군을 비교한 결과 FAC, 보행 속도, RMAS는 두 그룹 모두 증가하였으나, 족관절의 강직은 아무런 변화가 없었다. 전동식 보행 훈련군의 FAC는 3에서 4점 트레드밀 보행 훈련군은 2에서 3점으로 증가하였으나($p < 0.018$), 6개월 후에는 아무런 변화가 없었다고 보고하였다.

박시운 등(2004)은 중증 편마비 혹은 사지마비로 보행이 불가능한 4명의 뇌졸중 환자를 대상으로 1회 20분간 5~6주에 걸쳐 20회의 보행 훈련과 함께 10분 동안 물리치료를 실시한 결과 4명 모두 FAC 2점으로서 물리치료사 1인의 보조 하에 3명은 hemiwalker를 사용하였고, 1명은 quadripod cane을 사용하여 실내 보행이 가능하게 되었다고 보고 하였다.

본 연구 결과에서는 뇌졸중 환자 5명을 대상으로 주 3회 8주 20분 동안 보행 훈련을 실시 한 결과 FAC score은 통계적으로 유의하진 않았으나, 2점에서 2.6점으로 향상되었고, 환자 특성상 보행 수준이 FAC 2점으로서 간헐적이고 치료사의 보조하에 10m 보행이 가능 한 수준이었기에 치료 후에도 기능적인 보행 수준이 크게 증가하지 않은 것으로 보이며, 5명 중 3명은 quadripod cane을 사용하여 신체적 접촉 없이 지시 또는 감시를 통하여 실내 보행이 가능하였고, 2명은 커다란 변화가 없었다.

Hesse 등(2004)은 4명의 불완전 척수 손상 환자에게 전동식 보행 훈련을 이용하여, 일반적인 물리치료와 함께 FES를 주 5회 4주 25분 동안 적용 한 결과 보행 속도, 지구력이 2배 이상 증가하였고, 3명은 물리치료사 1인의 보조하에 독립적 보행이 가능하였으며, 가자미근의 활성이 증가하였다고 보고 하였다.

본 연구결과에서 보행 능력(안정, 최대 보행 속도, TUG), FMA(하지 운동 기능)이 통계적으로 유의하게 증가하였고, 기능적인 향상을 보인 것은 Hesse 등(1999b)과 Werner 등(2002)은 전통적인 물리치료와 트레드밀 보행 훈련보다 전동식 보행 훈련시 환측 하지의 체중 부하시기가 더 길며 척추기립근의 활동이 더욱 크다고 하였는데 전통적인 물리치료와 트레드밀 보행시 나타나는 긴장성 패턴보다는 전동

식 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 하였고, Hesse 등(1999b)은 슬관절과 고관절의 가동범위는 전동식 보행 훈련기에서 가장 크게 나타나며, 입각기 동안에 신전이 가장 크게 나타난다고 하였다. 전동식 보행 훈련은 보행 시 체중 부하 및 비부하시에 나타나는 교대적인 COM의 움직임을 정상적인 움직임으로 유도 할 수 있으며, 부분적으로 운동시 에너지 소모를 줄일 수 있다고 하였다(Hesse 등, 1999b). 전동식 보행훈련시 편마비 환자 마비측 하지의 vastus lateralis, biceps femoris, adductor magnus은 트레드밀 보행훈련보다 근활성도가 더욱 크게 나타나는 반면, gastrocnemius, tibialis anterior의 근활성도는 낮게 나타났다고 하였다. 이는 체중부하 근육의 활성화에 의한 고유수용성 감각 유입으로 인한 고관절의 신전근 증가로 인한 것이라고 하였고, 체중부하 관절에 더욱 많은 근활동을 일으킬 수 있으며, 율동적인 보행 패턴을 발생시키는 신경원 집단(CPG)의 자극을 위한 구심성 고유수용기의 감각자극이 중추신경계에 효과적으로 전달되어 정상적인 보행 패턴을 유도하여 운동 효율이 증진된다고 하였다(Hesse 등, 1999b; Hesse 등, 2004). 본 연구에서 보행 능력(안정·최대 보행 속도, TUG), FMA(하지 운동기능)는 통계적으로 유의하게 나타났는데 이러한 기능적인 향상은 전동식 보행 훈련기의 기계적인 이점을 이용한 정상적인 보행 패턴을 유도하는 반복적인 보행 훈련의 결과로 사료된다.

뇌졸중 환자에게 있어서 체중 탈부하와 트레드밀을 이용한 훈련이 고전적인 물리치료와 비교하여 근력 등 운동기능의 회복에는 차이가 없지만 보행 능력과 보행 속도가 우수하다고 하였으며(Hesse 등, 1995), 급성기 뇌졸중 환자와 아급성 및 만성기의 걷지 못하는 환자, 시야장애와 감각장애를 가지고 있는 중증 편마비 환자에게서도 보행 에너지 효율과 보행거리에서 더 우월하다고 하였다(Chuna 등, 2002; Kosak 등, 2000). Barbaeu 등(2003)은 뇌졸중 환자에서 보행장애가 클수록, 나이가 많을수록 체중

탈부하의 효과가 더 의미있게 증가한다고 하여, 체중 탈부하를 이용한 보행 훈련이 종종 장애인에게 더 의미가 있음을 시사하였다. 본 연구에서 Composite Spasticity Scale의 족관절 저축 굴곡 강직은 기능적인 향상을 보였지만 통계적으로 유의하게 나타나지 않았으나, Hesse 등(2004)의 전동식 보행 훈련 후 가자미근의 활성이 증가하였다는 연구 결과와 일치하는 것이며, 트레드밀 보행과 전동식 보행 훈련의 EMG 비교에서 트레드밀 보행 훈련의 가자미근(gastrocnemius)은 강직 의존성 경련활동(spasticity-related clonic activity)보였지만, 전동식 보행 훈련에서 저축 굴곡근은 강직 의존성 경련활동(spasticity-related clonic activity)을 보이지 않는다고 하였는데 이는 유각기 동안 족관절의 운동 각도가 정상인의 보행과 유사하도록 발판의 배굴과 저굴이 일어나도록 운동궤적을 따라 움직이는 기계적 도움으로 인한 것으로 보인다고 하였다.

Werner 등 (2002)은 전동식 보행 훈련기와 트레드밀 보행 훈련을 비교하기 위해 아급성기의 걷지 못하는 뇌졸중 환자를 대상으로 무작위 대조군 연구를 실시하여, 전동식 보행 훈련이 기존의 트레드밀 보행 훈련에 비해 유사한 결과를 얻으면서도 치료사의 부담은 훨씬 줄일 수 있다고 하였으며, 대부분 환자들도 트레드밀 보행훈련보다 전동식 보행 훈련을 선호한다고 하였다. 이는 더욱 안정감 있는 보행과 더불어 체중 탈부하와 함께 정상적인 보행 주기에 따라 체중심이 조절되며 족관절의 운동궤적을 따라 정상 보행 패턴에 가깝게 조절해줄 수 있기 때문이라고 하였다. 체중 탈부하와 더불어 보행과 유사한 운동을 반복적으로 수행할 수 있도록 고안된 전동식 보행 훈련기가 운동학습이론에 근거한 특정 과제 연습(task-oriented practice)은 아니지만 실제의 보행환경과 유사한 과제 지향적 접근법으로서 뇌졸중 후 편마비 환자 보행 재활의 유용한 방법이 될 수 있으며, 장기간 보행 훈련을 실시해도 호전이 없는 마비 환자들과 다양한 형태의 장애를 가지고 있는 뇌졸중 환자들에게 전동식 보행훈련기는 하나의 대안적 치료 방법이 될 수 있을 것이며, 환자가 동일한 치료 시간동안 더 많은 보행 훈련을 경험할 수 있다는 것이다.

본 연구는 국립재활병원에 입원하고 있는 환자 중 본 연구의 선정 조건을 충족하는 환자만을 대상으로 하였기에 표본 집단이 5명으로 너무 작았으며 대조군과 비교할 수 없었다. 따라서 모든 뇌졸중 환자에게 일반화하여 해석하는데 제한점이 있으며, 추후 변인 추가(뇌손상 정도와 부위 및 일반적인 특성)와 다양한 형태의 질환을 가지고 있는 환자들을 포함하는 연구가 진행되어야 할 것이다.

V. 결 론

본 연구의 목적은 전동식 보행 훈련이 뇌졸중 환자의 보행 능력(TUG, 안정·최대보행속도, FAC)과 하지의 운동 기능(FMA각각, CSS)의 변화량을 알아보기 위한 선행 연구이다. 본 연구의 대상자는 국립재활병원에 입원한 환자 중 본 연구의 필요조건을 충족하는 환자 5명을 대상으로 일반적인 물리치료와 작업치료를 20분씩 하였으며, 실험군은 전동식 보행 훈련을 주 3회 20분씩 8주 동안 실시하였다. 전동식 보행 훈련을 8주간 실시 한 결과는 TUG, 안정·최대보행속도, FMA(하지 운동 기능)은 통계적으로 유의하게 증가하였고, FAC, FMA각각, CSS는 기능 호전을 보였지만 통계적으로 유의하지 않았다. 체중 탈부하와 더불어 보행과 유사한 운동을 반복적으로 수행할 수 있도록 고안된 전동식 보행 훈련은 운동학습이론에 근거한 특정 과제 연습(task-oriented practice)은 아니지만 실제의 보행환경과 유사한 과제 지향적 접근법으로서 뇌졸중 후 편마비 환자 보행 재활의 유용한 방법이 될 수 있음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- 김미정, 이수아, 김상규 등. 뇌졸중 환자의 보행속도에 관한 연구. 대한재활의학회지. 1994;18(4):736-741
- 김태윤, 신영일, 이형수. 트레드밀을 이용한 불완전 척수손상자 보행훈련의 사전 연구. 대한물리치료사학회지. 2003;15(4):869-880.
- 박시운, 최유남, 위항미 등. 전동식 보행 훈련시스템

- 을 이용한 뇌졸중 환자의 보행 훈련. 대한재활의학회지. 2004;28(2):182-183.
- Barbeau H, Rossignol S. Recovery of locomotion after chronic spinalization in the adult cat. *Brain Res.* 1987; 412:84-85.
- Barbeau H, Visintin M. Optimal outcome obtained with body-weight support combined with treadmill training in stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(10):1458-1465.
- Bohannon RW. Strength of lower limb related to gait velocity and cadence in stroke patient. *Physio-therapy Canada.* 1986;38:204-206.
- Collen FM, Wade DT, Bradshaw CM, Mobility after stroke: reliability of measures of impairment and disability. *Int Disabil Studies.* 1990;12:6-9.
- Da Cunha IT Jr., Lim PA, Qureshy H, et al. Gait outcomes after acute stroke rehabilitation with supported treadmill ambulation training: A randomized controlled pilot study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(9):1258-1265.
- Duncan PW, Propst M, Nelson SG. Reliability of the Fugl-Meyer assessment of sensorimotor recovery following cerebrovascular accident. *Phys Ther.* 1983;63:1606-1610.
- Edelle C. Combined use of body weight support, Functional electrical stimulation and treadmill training to improve walking ability in individuals with chronic incomplete spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82:818-824.
- Elizabeth J, Protas, S, Ann H, et al. Supported treadmill ambulation training after spinal cord injury: A pilot study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82:825-831.
- Finch, L, Barbeau. H. Hemiplegic gait: New treatment strategies. *Physio ther Can.* 1985;38,;36-41.
- Finch, L, Barbeau. H, Arsenuault. B. Influences of body weight support on normal human gait: The development of gait retraining strategy. *Phys Ther.* 1991;71:842-856.
- Fugl-Meyer AR, Jaasko L, Leyman I, et al. The post-stroke hemiplegic patient. *Scand J Rehabil Med.* 1975;7:13-31.
- Grillner S, Shik ML. On the descending control of the lumbosacral spinal cord from 'mesencephalic locomotor region'. *Acta Physiol Scand.* 1973;87: 320-333.
- Goldie PA, Matyas TA, Evans OM. Deficit and change in gait velocity during rehabilitation after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996;77:1074-1082.
- Hesse S, Bertelt C, Jahnke MT et al. Treadmill training with partial body weight support compared with physiotherapy in nonambulatory hemiparetic patients. *Stroke.* 1995;26:976-981.
- Hesse S. Treadmill training with body weight support in hemiparetic patients: further research needed. *Neurorehabil Neural Repair.* 1999;13:179-181.
- Hesse S, Sarkodie-Gyan T, Uhlenbrock D. Development of an advanced mechanised gait trainer, controlling the movement of the center of mass, for restoring gait in nonambulatory subjects. *Tech.* 1999;44: 194-201.
- Hesse S, Uhlenbrock D. A mechanized gait trainer for restoring gait. *J Rehabil Res Dev.* 2000; 37(6):701-708.
- 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): 1158-1161.
- Hesse S, Werner C, Tina P et al. Influence of Walking speed on lower limb muscle activity and energy consumption during treadmill walking of hemiparetic. *Arch Phys Med Rehabil.* 82;1547-1550,2001.
- Hesse S, Werner C, Bardeleben A. Electromechanical gait training with functional electrical stimulation: case studies in spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2004;42:346-352.
- Hayes SM. Gait Awareness. In: Burkhardt A, editor.

- Stroke Rehabilitation. A Function-Based Approach, St. Louis: Mosby, 1998;243-266.
- Hunt SM, Mckenna SP, Williams J. Reliability of a population survey tool for measuring perceived health problems: a study of patients with osteoarthritis. *J Epidemiol Community Health*. 1981;35:297-300.
- Katherine J, Sullivan, Barbara J. et al. Step training with body weight support: The effect of treadmill speed and practice paradigm on poststroke locomotor recovery. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002;83:683-691.
- Jacques D, Henery W.A.A., Van DC, Neural control of locomotion: part 1: The central pattern generator from cats to humans. *Gait and Posture*. 1998;7:131-141.
- 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):13-19.
- Kottke FJ, Lehman JF. *Krusens. hand book of physcial Medicine and rehabilitation. Therapeutic Excercise to Develop Neuromuscular Coordination*, 3th ed, Philadelphia, WB Saunders. 1990;19: 452-479.
- Levin MF, Hui-Chan CWY. Relief of hemiparetic spasticity by TENS is associated with improvement in reflex and voluntary motor functions. *Electroencephal Clin Neurophysiol*. 1992;85:131-142.
- Levin MF, Hui-Chan CWY. Are H and stretch reflexes in hemiparesis reproducible and correlated with spasticity?. *J Neurol*. 1993;240:63-71.
- 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*, 1992;72:781-789.
- 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*. 2002;82:53-61.
- Morris S, Morris ME, Ianssek R. Reliability of measurements obtained with Parkinson disease. *Phys Ther*. 2001;81:810-818.
- Norkin CC, Levangie PK. *Joint structure and function*, 2nd ed. Philadelphia, FA Davis Co. 1992;448-470.
- Nadeau S, Arsenault AB, Grave ID, Lepage Y et al. Analysis of the spasticity index used in adults with a stroke. *Can J Rehabil*. 1998;11:219-220.
- Podisadlo D, Richardson S. The timed "up & go": A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*. 1991;39:142-148.
- 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;29:1122-1128.
- 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): 2895-2901.
- Richards CL, Malouin F, Dumas F, et al. Gait velocity as an outcome measure of locomotor recovery after stroke. In: Craik RL, Oatis C. *Gait Analysis: Theory and application*. St-Louis, Mosby, 1995.
- Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L. Age and gender-related test performance in community dwelling elderly people: Six-minute walk test, Berg balance scale, timed up & go test, and gait speeds. *Phys Ther*. 2002;82:128-137.
- Shumway-Cook, A, & Wollacott, MH. *Motor control: Theory and practical application*, 2ed. Maryland, Williams & Wilkins, 2001.
- Suzuki K, Nakamura R, Yamada Y et al. Determinants of maximum walking speed in hemiparetic stroke patients. *Tohoku J Exp Med*. 1990;162:337-344.
- 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;29:1122-1128.