한국BOBATH학회지 제9권 제1호
J Korean Acad Bobath Vol. 9. No. 1, 2004

보행가능한 편마비 환자에서 Harness 현수장치를 이용한 트레드밀 보행훈련의 효과비교

박이수 · 김명종*
아산재단 서울아산병원 물리치료실 · 인하대학교병원 물리치료실*

The Effect of Harness Suspension Treadmill Training on the Gait of Ambulatory Stroke Patients

Yi-Su Park · Myung-Jong Kim*

Department of Physical Therapy, Asan-Medical Center
*Department of Physical Therapy, Inha University Hospital**

Abstract

This study was aimed to compare the effects of gait training between 40% body weight reduction weight bearing and traditional gait training in ambulatory stroke patients. The ambulatory stroke patients for rehabilitation candidate were divided into two groups, one group was given with partial weight bearing gait training and another group was traditional gait training. In first group, gait training with 40% weight reduction was offered on treadmill with harness suspension system for four weeks. Another group was trained by traditional gait training method. Two groups were trained 30 minutes 3 times per week during four weeks. For estimation of ambulatory capacity, we used gait analysis. Gait analysis was assessed by Vicon 370 and linear parameters, kinematic data, and kinetic data were obtained. The results of treadmill gait training with 40% reduction weight bearing in ambulatory stroke patients were supplied more excellent and stable gait pattern because of the increased stride length and decreased knee valgus deformity of the affected limb as compared with traditional gait training. By and large, these findings indicated that treadmill gait training with partial weight bearing improves overground gait ability in ambulatory stroke patients

Key words: Stroke, Gait, Harness Suspension, Treadmill training

I. 서 론

현대사회에서 복잡 다변화된 사회와 인구의 고령화는 다양한 노인성 질환에 대한 유병율의 증가를 가져오게 되고, 이러한 노인성 성인병중 뇌졸중은 발병 후에는 사망률이 높은 것이 특징이며 설사 생존했다하더라도 다양한 동반 장애로 인해 성인에 있어서 장애의 큰 원인이 되고 있다. 뇌졸중으로 인한 편마비 환자에서는 상하지 기능 장애로 인한 보행 장애와 일상생활활동장애, 인

지 및 지각기능장애, 언어장애(김유철 등, 1992)등이 유발된다. 뇌졸중 환자의 재활에 있어서 보행능력의 회복은 환자와 이를 치료하는 치료사에게 가장 중요한 목적중 하나이다. 그러나 뇌졸중으로 인한 편마비 환자는 양하지 근력의 차이와 체중을 지지하는 능력의 차이를 보이고(Carlsoo, 1974; Dickstein, 1984; Eke-Okoro, 1984), 이러한 편마비 환자의 양하지 근력의 차이와 체중지지도의 차이는 독립적인 보행이 가능하다 하더라도 보행의 효율성을 저하시킨다. 따라서 보행의 효율성을 높이기 위해 편마비 환자를 치료하는 많은 물리치료사들은 보행시의 양하지 체중지지도의 대칭성 확보를 위해 많은 시간과 노력을 기울인다. 편마비 환자의 보행치료를 위한 전통적인 방법으로는 1) 보조기, 보행보조도구, 치료사에 의한 물리적 보조 등을 사용한 적극적인 기동(aggressive mobilization) 2) Brunnstrom 기술 3) 고유수용성 신경근 촉진법 기술(proprioceptive neuromuscular facilitation) 4) 신경발달치료(NDT therapy, Bobath)중 하나를 사용했다. 그러나 전통적인 보행치료 방법 외에 뇌졸중 환자의 보행치료 방법 중 하나로 과제 지향적 반복접근법(task-specific repetitive approach)이 보행훈련에 많이 이용되고 그 효과성도 입증되고 있다(Carr J & Shepherd, 1998). 중추신경 손상에 대한 트레드밀 트레이닝은 손상 후 보행기능(locomotor function) 회복에 대한 연구적 목적으로 동물실험에 많이 이용되었다(Barbeau, 1987). 동물을 이용한 실험에서 손상 후 보행기능의 회복에 대한 가설로 보행과 관련된 CPGs(central pattern generators)의 역할을 제안하였으며, 이에 대한 많은 근거가 제시 되어져 왔다(Brown, 1911). 과제 지향적 반복 접근법의 하나로서 트레드밀 트레이닝은 보행 장애나 편마비 환자의 재활에서 연구적인 치료로 시행되었었다(Visintin, 1998). 동물실험에서의 효과로 CPGs의 촉진을 통한 보행기능의 회복을 위해 새로운 재활 방법으로서 Vinstin과 Barbeau(1989)는 7명의 불완전 척수손상환자에게 트레드밀 트레이닝을 실시하였고 보행의 운동형상학적, 운동학적 측면에서 일시적인 효과를 보고 하였다. 그러나 뇌졸중을 비롯한 척수를 손상 받지 않은 중추신경계 손상 환자에서 보행능력의 회복을 위하여 트레드밀 트레이닝은 과제 지향적 방법의 일환으로 말초부위의 반복적인 감각자극을 통한 감각입력과 하지 굴곡근과 신전근의 교차적 반복움직임을 통해 보행치료를 위한 재활방법으로 제시 되어졌다(Miller, 2002). Laufer 등(2001)은 25명의 초기 재활과정에 있는 뇌졸중 환자를 대상으로 한 실험에서 트레드밀 트레이닝이 전통적인 보행훈련에 비해 편마비 환자의 보행능력과 심혈관건강에 이득이 된다고 하였다.

그러나 Nilsson 등(2001)은 급성기의 뇌졸중 환자에서 지면보행의 집중도 면에서 전통적인 물리치료와 비교하여 트레드밀 트레이닝이 우수성을 보여주지 못했다고 하였다. 이러한 논란과 더불어 보행기능의 장애가 있는 편마비 환자에게 트레드밀 트레이닝은 안전상의 문제와 환자의 기능이 미치지 못하는 점 때문에 아주 제한적으로만 적용되었다. 최근에는 과제 지향적 방법으로 뇌졸중 환자에게 트레드밀 트레이닝과 더불어 환자 체중의 일부를 외부적 장치를 이용하여 지지해주는 트레이닝 방법을 사용한다. 외부적 지지를 통한 보행시의 체중감소는 근육의 요구도를 최소화해서 하지의 협응력

을 증진시킬 수 있고, 자세조절을 도와주게 된다(Harbun, 1993).

Barbeau 등(2003)은 100명의 편마비 환자를 대상으로 한 실험에서 Harness (over head harness)를 이용한 40% 탈 체중부하 트레드밀 트레이닝 군에서 탈 체중부하를 하지 않은 군보다 보행속도와 균형능력 등의 유의한 개선 효과가 있었고, 이러한 차이는 비교적 나이가 많은 중증의 환자에서 더욱 효과적이라고 하였다. 또한 이러한 결과는 트레드밀에서의 트레이닝이 지면에서의 보행능력으로 이전되는 증거라고 주장하였다. Stefan Hesse(1999)는 편마비환자 18명을 대상으로 체중의 0%, 15%, 30%를 탈 체중부하 하여 보행 훈련 시에 탈 체중부하군에서 환측 하지의 균형감각 촉진 및 보행패턴 발현을 촉진하고 발목 저측굴곡근의 경직(spasticity)을 감소시키며 하지의 동시수축(co-contraction)양상의 감소를 관찰하였다고 하였다. 하지만 탈 체중부하는 마비된 근육을 덜 사용하게 되고 보행훈련의 목적이 마비된 근육의 자극(facilitation)을 통한 기능적 회복이라는 측면에서 지속적인 탈 체중부하 트레이닝보다는 가능한 빨리 탈 체중부하율을 줄여서 트레이닝 할 것을 제안하였다(Hesse, 1999). 따라서 편마비 환자에 대한 체중 탈 부하 트레드밀 트레이닝은 주로 만성적인 뇌졸중 환자를 대상으로 실험적으로 시행(전계호, 1999; Hesse, 1995; Sullivan, 2002)되거나, 뇌졸중으로 인해 보행이 불가능 하거나 현재 보행이 이루어지지 않는 급성기 또는 아급성기 환자를 대상으로 여러 연구자들(송선홍, 2002; Werner, 2002)에 의해 실험적으로 실시되어 왔으며 어느 정도 보행이 가능한 편마비 환자는 체중을 탈 부하하는 것은 도움이 되지 않는 것으로 인식되어왔다. 임상적으로 편마비 환자의 보행능력을 효과적으로 증진시키기 위한 트레이닝 방법에 대한 연구가 활발히 이루어짐에도 불구하고 탈 체중부하를 이용한 트레드밀 트레이닝은 주로 보행이 불가능한 척수손상 환자 또는 급성기 뇌졸중환자의 보행 감각자극을 위해서 사용되며, 간혹 독립적 보행이 이루어지지 않는 만성 편마비 환자에게 운동 목적의 보행연습으로만 시행되는 것이 현실이다. 편마비 환자의 재활과정에서 아직까지는 전통적인 보행치료가 우선적으로 시행되고 있으며 새로운 치료방법에 대한 논란의 여지가 있다. 그러나 어느 정도 보행이 가능한 편마비 환자라 하더라도 양하지 근력의 차이와 균형능력의 장애, 보행 시 넘어지는 것에 대한 두려움 등으로 근육의 과긴장상태와 보행의 효율성에 제한이 있으며 빠른 보행 시 보행양상의 불균형은 더욱 심화되는 양상이 있다(An-Lun Hsu, 2003). 따라서 뇌졸중으로 인한 편마비 환자는 자신의 최대능력으로 지면보행 및 보행연습을 하는데 어려움이 있으며 특히 빠른 속도의 보행연습을 하기 어렵고 보행 시 넘어지는 것에 대한 두려움을 가지고 있다. 따라서 편마비 환자에게 안전한 상태에서 하지의 협응력과 자세지지 및 자신의 최대능력을 이용한 보행연습이 필요할 것으로 사료되며 이를 위해서 외부의 지지를 통한 체중 탈 부하 상태에서 트레드밀 보행연습과 지면에서의 보행연습이 동시에 필요할 것이다. 하지만 이러한 새로운 치료방법을 적용하기 위한 프로그램과 그 대상 환자에 대한 연구가 부족한 현실로 훈련방법을 결정하고 효과성을 검증하는 연구방법에 대해서 많은 연구가 시행되어야겠다. 따라서 본 연구는 독립적 보행이 가능하지만 일반적으

로 보여지는 보행의 비대칭성과 효율성 저하 등으로 보행치료를 필요로 하는 편마비 환자에게 40% 탈 체중부하 트레드밀 트레이닝을 시행하고 탈 체중부하 상태를 통한 보행의 자세 교정이 지면에서의 완전 체중부하 시 보행의 효율성과 대칭성에 미치는 영향을 알아보고자 한다. 본 연구의 가설은 고식적 보행훈련군과 40% 탈 체중부하 트레드밀 보행훈련군 모두에서 실험 전에 비하여 실험 후에 보행의 선형계수에서 유의한 향상을 보일 것이지만 40% 탈 체중부하 트레드밀 보행훈련을 겸한 실험군에서 고식적 보행훈련군 보다 더 큰 향상을 보일 것이다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 뇌졸중으로 인한 편마비로 진단을 받고 아산재단 서울아산병원에서 입원 또는 외래로 물리치료를 시행 받고 있는 환자를 무작위로 10명 씩 실험군과 대조군으로 나누어 총 20명을 대상으로 하였다. 본 연구에 참가한 환자는 치료자 또는 보호자의 도움 없이 10m 이상 평지에서 독립보행이 가능한 자, 체중지지 및 균형능력에 제한을 줄 수 있는 정형외과적 질환, 전정기관 및 시각 청각 손상을 앓고 있지 않거나 이전에 앓은 적이 없는 자, 치료자의 지시에 따른 움직임에 문제가 없으며, 의식상태가 정상인 자로서, 연구의 취지를 설명한 후 자발적인 참가 동의하에 연구를 실시하였다. 발병 후 1년이 경과한 편마비 환자는 이미 보행자세 등의 습관화가 고착되어 연구의 취지에 맞지 않으며 만성 편마비 환자에 대한 연구는 별도의 설계가 필요할 것으로 사료되어 대상자에서 제외하기로 하였다. 본 연구는 2004년 2월부터 2004년 5월까지 3개월 간 연구하였으며 40% 탈 체중부하 트레드밀 트레이닝은 주 3회 총 4주간 아산재단 서울아산병원에서 실시하였다.

2. 실험도구

1) 현수장치(Harness Suspension)

현수장치(JB-4PA LINAK Ltd. Denmark.)는 유압식 상하전자장치, 전자저울, Harness로 구성되어 환자의 체중을 견인하기 위해 디자인된 이동식 전자시스템 기계이다. 부착되어있는 전자저울을 이용하여 환자의 체중을 계산하고 Harness 타입의 겉옷을 입고 전자식 장치를 이용하여 견인하면서 체중을 계산해서 감해 준다. 이동식으로 지면에서도 시행이 가능 하지만 트레드밀 위에 고정 한 후 사용하였다.

2) 트레드밀(Treadmill)

트레드밀은 환자의 보행능력에 따라 환자 스스로 속도를 조절할 수 있도록 계기판이 전방에 부착 되어 있으며 속도는 1m/sec씩 조절이 가능하도록 만들어졌다. 양쪽 측방과 전방에는 안전 손잡이가 장착 되어있어 보행 시 불균형이 발생하면 손으로 잡도록 하였으며 트레이닝 시에는 가능하면 손을 잡지 않은 상태에서 팔 흔들림(arm swing)을 독려 하였다. 계기판을 통해 자신의 트레이닝 시간을 확인 할 수 있고 총 거리를 동시에 확인할 수 있다.

3) 보행분석기(Gait Analysis)

보행분석은 Vicon 370을 이용하여 실시하였다. 이 시스템은 5개의 적외선 카메라와 2

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

구 분	실험군(Partial weight bearing group : n=10)	대조군 (Traditional group : n=10)
성 별	남 : 8	남 : 7
	여 : 2	여 : 3
마비측부위	우측편마비 : 3	우측편마비 : 6
	좌측편마비 : 7	좌측편마비 : 4
진 단 명	뇌출혈 : 3	뇌출혈 : 2
	뇌경색 : 7	뇌경색 : 8
발병 기간	5.6±3.34	5.5±2.76
연령 (세)	57.2±4.42	55.0±7.14
신장 (cm)	165.6±6.97	164.8±7.18
체중 (kg)	63.14±6.28	66.5±8.91

개의 힘 측정판, 2개의 비디오카메라, 데이터 스테이션, 그리고 퍼스널 컴퓨터로 이루어져 있다. 적외선 카메라를 이용하여 피 시험자에게 부착된 표식자를 인식케 하여 관절의 운동 범위를 측정하였고 힘 측정판을 이용하여 지면 반발력을 구하였다. 보행시 속도는 각 개인별 차이가 있을 수 있으므로 주관적으로 가장 안정된 속도로 보행하게 하였다. 각 시간적 지표를 구하였고 양측 족관절, 슬관절, 고관절의 최대 및 최소 관절운동 범위를 측정하였고, 또한 보행시 지면반발력을 구하였다.

3. 측정방법

발병 1년 미만인 성인편마비 환자 중 보조기의 사용여부에 상관없이 10m이상을 독립적으로 보행 가능한 20명을 각각 고식적 보행훈련만을 하는 대조군10명과 40% 탈 체중부하 트레드밀 보행훈련을 겸하는 실험군 10명으로 무작위로 나누어 주3회 4주간 실험을 하였다.

실험군과 대조군 모두 병상기록 조사를 통하여 환자들의 일반적 특성인 성별, 연령, 발병시기와 원인, 체중, 키 등을 조사하고 실험에 참여한다는 동의를 받았다.

실험 전에 대상자 전원에 대하여 보행분석기(Vicon 370)를 이용하여 보행의 선형변수, 운동학적 변수, 운동 역학적 변수를 검사하고 실험군은 주3회 매회 당 30분간 4주간 40% 탈 체중부하 트레드밀트레이닝을 실시하였다.

대조군은 고식적인 보행훈련만을 실시하였다. 4주 후 다시 보행분석기를 이용하여 보행의 선형변수, 운동학적 변수, 운동 역학적 변수를 검사하여 결과를 분석하였다. 트레드밀 보행훈련동안 환자는 균형능력을 상실하지 않을 정도의 편안한 속도 중 최대의 속도로 실시하였으며 환자는 트레드밀 위에서 보행능력의 향상에 따라 자의적으로 속도를 올리도록 하였고 보행훈련을 시행하는 30분 동안에 자의적으로 자신의 신체능력에 따라 속도를 줄일 수 있도록 하였다.

4. 분석방법

본 연구에서의 자료 분석은 Windows용 SPSS 10.1 version을 이용하여 전산처리 하였다. 실험군과 대조군의 일반적 특성(연령, 성별, 체중, 키) 및 의학적 특성(원인, 마비측, 발병기간)을 평균(M)과 표준편차(SD)로 산출하여 비교하였다. 실험군과 대조군 각각의 실험 전후 보행의 선형변수, 운동학적 변수, 운동 역학적 변수의 변화를 짝비교 t 검정(paired t-test)을 사용하여 비교하였다. 두 군간 실험 전후 보행의 선형변수, 운동학적 변수, 운동 역학적 변수의 증가량 차이를 비교하기 위하여 독립 t검정(independent t-test)을 실시하여 비교하였다. 가설검정을 위한 유의수준은 $p<0.05$이다.

III. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

연구 대상자 20명중 남자 15명, 여자 5명이었다. 연령 분포는 44세에서 64세까지였다. 연구 대상자의 키 분포는 153cm에서 174cm까지였다. 몸무게는 50kg에서 79kg까지 분포를 보였다. 편마비 발생 원인별 분포를 보면 뇌출혈이 5명, 뇌경색이 15명이었다. 마비 부위는 우측이 9명, 좌측이 11명 이었으며 검사 시까지 유병기간은 최소 2달에서부터 최대 11개월까지였다(표 1).

2. 실험 전·후의 선형변수 비교

실험 전과 후에 측정한 마비측 보행의 선형변수를 비교한 결과 에서는 대조군 에서는 4주간의 실험 후에 실험 전에 비해서 분속수에서 증가(p=0.014)를 보였고, 보속 에서도 유의한 증가(p=0.022)를 보였다. 실험군에서는 보속의 변화는 없었지만 실험 전에

표 2. 실험 전·후의 선형변수 비교

선형변수	대조군			실험군		
(Linear parameters)	실험전/후	T	p	실험전/후	T	p
Cadence(step/min)	74.30±17.36 82.80±14.19	-3.021	0.014*	76.2±13.6 87.8±12.7	-2.139	0.061
Speed(m/sec)	0.44± 0.19 0.46± 0.20	-0.507	0.624	0.45±0.19 0.60±0.17	-2.621	0.028*
Stride length(m)	0.70± 0.21 0.69± 0.27	0.02	0.985	0.68±0.25 0.82±0.16	-2.721	0.024*
Step time(sec)	0.94± 0.20 0.78± 0.50	2.76	0.022*	0.91±0.28 0.79±0.15	1.253	0.242
Single support (%cycle)	23.74± 5.88 24.62± 8.40	-0.47	0.648	26.71±7.54 31.83±4.30	-2.847	0.019*
Double support (%cycle)	40.09±11.46 39.35±14.03	0.275	0.790	35.63±10.78 29.92±7.55	2.001	0.076

*$p<0.05$

표 3. 실험 전·후의 운동학적, 운동역학적 변수 비교

운동학적, 운동역학적 변수	대조군			실험군		
	실험 전/후	T	p	실험 전/후	T	p
Hip flexion Maximum	36.67±13.8 36.6±10.77	-0.861	0.412	27.87±11.87 32.91±14.77	-1.023	0.333
Minimum	6.67± 4.29 7.49± 2.85	-0.558	0.591	9.70± 4.69 6.81± 3.74	2.338	0.044*
Knee Flexion Stance	13.33± 5.43 12.61± 5.70	0.888	0.398	14.73± 6.97 15.20± 6.60	-0.257	0.803
Knee Flexion Swing	11.91± 5.95 11.12± 5.46	0.612	0.556	12.35± 5.12 11.56± 7.73	0.419	0.685
Knee valgus Maximum	-1.1±34.49 -11.32±37.1	0.94	0.372	-15.16±30.95 3.81±27.07	-2.369	0.042*
Minimum	7.28±11.6 6.62±13.1	0.44	0.670	5.44± 7.83 3.05± 7.80	1.096	0.302
Hip flexion moment Terminal swing(Nm/kg)	0.12± 0.11 0.17± 0.11	-1.090	0.304	0.16± 0.10 0.23± 0.12	-2.346	0.044*
Hip abduction power Terminal stance(w/kg)	0.18± 0.30 0.14± 0.21	0.554	0.593	-0.02± 0.06 0.07± 0.12	-2.783	0.021*

*$p<0.05$

표 4. 평균차에 대한 집단간 선형 변수 비교

선형변수 (Linear parameters)	실험군 (M±SD)	대조군 (M±SD)	자유도	T	p
Cadence(step/min)	11.6±17.15	5.4±8.87	13.496	1.015	0.328
Speed(m/sec)	0.15± 0.18	0.02±0.14	18	1.806	0.088
Stride length(m)	0.14± 0.16	-0.02±0.09	18	2.784	0.012*
Step time(sec)	-0.13± 0.32	-0.13±0.18	18	0.035	0.973
Single support(%cycle)	5.11± 5.68	0.48±4.09	18	2.092	0.051
Double support(%cycle)	-5.71± 9.02	-0.42±7.23	18	-1.447	0.165

*$p<0.05$

비해 실험 후에 보행속도가 빨라졌고(p=0.028), 환측의 활보장도 길어졌다(p=0.024). 또한, 단하지 지지기가 길어졌지만(p=0.019), 양하지 지지기는 두 군 모두에서 실험 전과 후에 차이가 없었다(표 2).

3. 실험 전·후의 운동학적, 운동역학적 변수 비교

실험 전과 후에 측정한 마비 측 보행의 운동학적 변수를 비교한 결과에서는 대조군에서는 실험 후에 유의한 증가를 보이지 않았지만 실험군에서는 최소 고관절 굴곡도의 증가(p=0.044)와 환측 최대 슬관절 외반도의 감소(p=0.042)가 관찰되었고, 마비측 보행의 운동 역학적 변수를 비교한 결과 에서는 대조군 에서는 4주간의 실험 후 실험전에 비해서 변수들의 유의한 증가를 보이지 않았지만 실험군에서는 환측 고관절 유각기 말기모멘트의 감소(p=0.044)와 환측 고관절 외전 말기입각기 파워의 증가(p=0.021)가 관찰되었다(표 3).

4. 평균차에 대한 집단간 선형변수 비교

실험군과 대조군을 비교한 보행의 선형변수에서는 환측 활보장에서 고식적 보행 훈련군에 비해 부분 체중부하 트레드밀 보행 훈련군에서 유의하게 길어졌지만(p=0.012), 다른 요소들에서는 유의한 차이를 보이지 않았다(표 4).

5. 실험 전·후의 평균차에 대한 집단간 운동학적, 운동역학적 변수 비교

실험군과 대조군을 비교한 보행의 운동학적 변수에서는 대조군에 비해 실험군에서 환측 최대 슬관절 외반도에서 유의하게 감소(p=0.044)되었으나(실험군의 평균±표준편차=18.98±25.32, 대조군은 -10.21±34.33), 다른 요소들에서는 유의한 차이를 보이지 않았고, 보행의 운동역학적 변수에서는 두군간 유의한 차이를 보이지 않았다(p<0.05).

Ⅳ. 고 찰

뇌졸중 후 생존한 환자의 최대 목표는 장애를 최소화하고 독립적 생활을 유지함으로써 인간다운 삶을 영위하는 것이다. 따라서 뇌졸중후 독립생활의 중요한 요소 중 하나인 보행기능의 회복을 최대화시키기 위해 보행회복에 효과적인 치료방법을 찾아내어 적절한 목표를 세우고 효과적 치료계획을 수립하는 것은 재활의학적 치료 측면에서 중요한 일이다. 편마비 환자의 대부분은 파행적 보행 양상으로 환측의 체중지지 감소, 속도저하, 슬관절 과신전등의 여러 양상이 나타난다. 편마비 환자의 보행훈련의 궁극적인 목적은 좀 더 안정되고 균형적인 보행 양상이라고 할 때 이를 위하여 체중지지 훈련을 비롯하여 다양한 시도들이 있어 왔다. Richard 등(2001)은 만성 뇌졸중 환자 23명을 대상으로 한 트레드밀 트레이닝에서 최대산소 포화도와 보행의 에너지 효율성 향상 효과를 보고하였고, Laufer 등(2001)은 뇌졸중 환자에 대한 초기 재활과정에서도 고식적 보행훈련과 비교하여 트레드밀 트레이닝의 보행요소 향상효과를 보고하였다. 그러나 뇌졸중 환자의 재활과정에서 적절한 지지 없이 트레드밀 트레이닝을 실시하는 것은 편마비 환자가 갖는 근 약화와 균형능력의 부족 그리고 낙상에 대한 공포 등으로

인하여 환자 및 치료사가 이를 시도하는데 여러 가지 어려움이 있다. 현수장치를 이용한 부분 체중 부하 트레드밀 보행 훈련은 척수손상이나(Pinter, 1999), 뇌졸중으로 인해 보행이 불가능 하거나 현재 보행이 이루어지지 않는 환자를 대상(Hesse, 1995)으로 여러 연구자들에 의해 실험적으로 실시되어 왔다. 부분 체중 부하 트레드밀 보행 훈련의 장점은 보행시 전 체중을 딛지 않으므로 적은 자구노력으로 보행을 실시 할 수 있고 현수장치를 통하여 안정감을 줄 수 있으므로 편마비 환자에서 흔히 볼 수 있는 낙상에 대한 공포를 없애주고 불필요한 근 긴장이 증가하는 현상을 줄일 수 있다(Hesse S, 1999). Danielsson 등(2000)은 체중 탈 부하로 인하여 산소 소모량이 적어지므로 적은 에너지로 더 많은 보행을 할 수 있는 측면에서도 보행 양상을 호전시키는 것이라고 보고하였으며 전계호 등(1999), Hesse 등(1995), Sullivan 등(2002)은 만성 편마비 환자를 대상으로 시행한 연구에서 부분 체중 부하 트레드밀 트레이닝의 우수한 보행개선 효과를 보고하였다.

Stefan Hesse(1999)는 편마비 환자에 대한 부분 체중부하 트레드밀 트레이닝에서 다양한 체중부하율(0%, 15%, 30%)을 실시한 결과 30%에서 가장 효과적이라고 하였고, Barbeau 등(2003)은 체중부하를 40% 줄여서 트레드밀 트레이닝을 시행하였을 때 전 체중을 지지하고 트레이닝을 실시한 환자 보다 우수한 보행 개선효과를 보고하였다. 그러나 대부분의 연구들은 보행이 안 되는 환자를 대상으로 부분체중부하와 전체중부하의 효과를 비교하거나, 만성 편마비 환자에 대한 트레이닝 효과를 알고자 하였다. 또한 과연 어느 정도의 체중지지율이 트레이닝 효과를 최대화시키는지에 대한 관심으로 연구를 시행하였다. 지금까지 임상에서 부분 체중부하 트레드밀 트레이닝은 주로 지면에서의 보행이 불가능한 환자를 대상으로 보행 훈련을 시킬 목적으로 이용되고 있으며 어느 정도 보행이 가능한 환자의 재활과정에서 아직까지는 전통적인 보행치료가 우선적으로 시행되고 있다. 그러나 어느 정도 보행이 가능한 환자라 해도 보행시 낙상에 대한 공포와 과도한 근긴장도 양하지 근력차이로 인한 비대칭적 보행양상 및 근력의 불균형으로 인한 이상보행 등이 여전히 편마비 환자의 보행에서 주된 문제로 남아있게 된다. Richard 등(1999)은 점진적인 트레드밀 유산소 운동을 통한 과제지향적(task oriented)운동 방법이 만성 뇌졸중환자에서 마비측 하지의 반사적 움직임을 줄여주고 자의적 근 조절능력을 향상시켜 주며 에너지 소모와 심혈관 요구도를 줄여준다고 하였다.

따라서 본 연구는 지면에서의 보행능력의 향상을 목표로 보행의 양상이나 질적 향상을 꾀하는 어느 정도 보행이 가능한 편마비 환자를 대상으로 재활과정에서 보행훈련의 더 나은 방법을 모색하기 위해 현수장치를 통하여 탈 체중부하하고 트레드밀 위에서 고정함으로써 낙상에 대한 두려움과 공포를 줄여주며 동시에 보행에 필요한 에너지 소모를 최소화하고 근 요구도를 최소화하여 최대 속도로 트레드밀 트레이닝을 시행 할 수 있도록 하였다. 본 연구에서는 40% 탈 체중부하 상태에서 자신의 균형능력을 유지하는 상태로 최대속도로 30분간 트레드밀 트레이닝을 실시하고 보행분석(Vicon 370)을 이용하여 보행의 선형변수, 운동학적 변수 및 운동 역학적 변수를 검사하였다.

보행의 선형변수에서는 실험 전에 비교하여 4주간의 실험 후에 대조군에서 분속수와 보속의 증가를 보였고, 실험군에서는 보행속도가 빨라졌고, 환측 활보장의 향상, 그리고 단하지 지지기도 길어졌다. An-Lun Hsu 등(2003)은 뇌졸중 환자에서 보행속도의 손상은 주로 환측 하지의 고관절 굴곡근과 무릎 신전근의 약화 때문이며, 비대칭적 보행양상은 족저굴곡근의 경직정도에 영향을 받는다고 하였다. 40% 탈 체중부하 트레드밀 보행훈련 군에서 보행속도의 향상과 단하지 지지기의 향상은 환측 하지의 근력향상에 기인하는 것으로 추론 되어지며 환측 으로의 체중지지가 좀 더 원활하게 이루어지는 것으로 볼 수 있다.

Hassid 등(1997)은 편마비 환자에게 부분 체중 부하 트레이닝을 실시할 경우 정상 보행과 관련된 감각 되먹임(sensory feedback)이 증가되어 보행 속도의 증진효과를 나타낼 것이라고 추론하였고, Finch 등(1991)의 연구에 의하면 부분 체중 부하 시 보행속도의 증가는 부분 체중을 줌으로써 근육의 활성도를 감소시키고 특히 진출기시 족저굴곡근의 활성도를 감소시켜 에너지 소모를 감소시키기 때문이라고 하였다. 뇌졸중 환자에서는 마비측보다는 비마비측에서 보장(step length)이 짧아지고, 활보장(stride length)은 마비측에서 더욱 짧아지는 경향이 생기는데 이로 인해 보행의 비대칭이 심화된다. 부분 체중부하 트레드밀 보행훈련 군에서 환측 단하지 지지기 및 활보장 길이의 향상은 환측으로의 체중지지기의 증가를 의미하므로 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 보행 대칭성의 향상을 의미하는 것으로 볼 수 있다. 실험군과 대조군의 선형변수를 비교하였을 때 실험군에서 환측 활보장의 유의한 향상을 보여 주었고, 단하지 지지기의 증가는 통계학적으로 의미는 적었지만 고식적 보행훈련 군에 비해 부분 체중부하 트레드밀 보행훈련군에서 증가하는 경향이 관찰되었다. 대조군과 비교하여 40% 탈 체중부하 트레드밀 보행훈련 군에서 환측 활보장의 향상은 탈 체중부하 트레드밀 보행훈련이 단기간의 훈련에도 불구하고 보행의 대칭성을 향상시키는데 유용한 방법임을 보여주는 것이다.

운동학적 변수에서 고식적 보행훈련 군에서는 4주간의 실험 후에 실험 전에 비해서 변수들의 유의한 증가를 보이지 않았지만 탈 체중부하 트레드밀 보행훈련 군 에서는 최소 고관절 굴곡도의 증가와 환측 최대 슬관절 외반도의 감소가 관찰되었다. 최소 고관절 굴곡도의 증가는 보행속도의 향상에 의한 것으로 해석되어지며 보행속도와 관련된 고관절 굴곡근의 활동이 보행동안 비교적 활성화 되는 것으로 볼 수 있다. 또한 고관절 굴곡도의 증가는 환측 하지의 보행주기에서 유각기의 증가를 의미하기도 한다. 슬관절 외반도를 비롯한 환측 하지의 치우침(deviation)현상은 관절손상과 통증을 유발하고 과도한 에너지 소모를 조장하게 되며 낙상의 위험도를 증가시킨다. 또한 Karen 등(2003)은 환측하지의 치우침 현상은 빠른 속도의 보행 시에 더욱 심화 된다고 하였다.

실험군에서의 슬관절 외반도의 감소는 환측으로 체중을 지지할 때 근육의 불균형으로 인한 슬관절 불안정성이 다소 호전을 보이는 것으로 사료된다. 실험군과 대조군을 비교한 자료에서도 고식적 보행훈련 군에 비해 탈 체중부하 트레드밀 보행훈련 군에서 환측 최대 슬관절 외반도의 유의한 감소가 관찰되었다. 따라서 40% 탈 체중부하 트레드밀 보행훈련이 환측하지의 근육의 활성

화에 기여하며 보행 시 부분적으로 관절의 안정성을 향상시키는데 유용한 트레이닝 방법임을 보여주었다.

운동 역학적 변수들 에서는 고식적 보행훈련 군에서는 실험 후에 변수들의 유의한 증가를 보이지 않았지만 탈 체중부하 트레드밀 보행훈련군에서는 실험 전과 비교하여 환측 고관절 유각기 말기 모멘트의 감소와 환측 고관절 외전 말기 입각기 파워의 증가가 관찰되었다. 고관절 유각기 말기 모멘트 감소와 말기 입각기 파워의 증가는 보행속도 및 고관절 최소 굴곡도의 증가와 관련이 있을 것으로 사료되나 이에 대해 다른 요소의 변화가 관찰되지 않았고 실험군과 대조군을 비교한 검사에서도 통계적으로 유의한 차이가 발견되지 않아 더 연구가 필요할 것으로 사료된다.

40% 탈 체중 부하 트레드밀 트레이닝 시 입원환자의 경우 재원 기간의 조절에 어려움이 있어 트레이닝 기간을 4주로 설정하였으나 이는 충분한 트레이닝의 효과가 나타나기에는 어려움이 있었다고 보여 진다. 그러나 보행의 여러 요소 중 선형변수와 운동학적 변수에서 몇몇 유의한 호전을 보였고 추후 더 많은 기간을 설정하여 연구 되어져야할 부분으로 여겨진다. 뿐만 아니라 Ichiro Miyai 등(2002)은 파킨슨씨병 환자에서도 부분 체중부하 트레드밀 보행훈련을 적용하여 보행 속도의 증진과 지구력의 증가를 관찰할 수 있었는데 향후 이러한 트레이닝 방법은 보행 장애를 가진 여러 다른 환자에게 적용이 가능할 것이라 고려되어진다.

V. 결 론

본 연구는 뇌졸중환자에 대한 탈 체중부하 트레드밀 보행훈련이 보행가능한 편마비 환자의 보행능력 개선에 미치는 영향을 규명하기 위한 것으로 트레이닝전과 후의 보행의 선형변수, 운동학적 변수, 운동 역학적 변수를 평가하여 뇌졸중 환자에 대한 탈 체중부하 트레드밀 트레이닝이 얼마나 효과적인지를 알아보는 연구이다. 연구는 뇌졸중으로 인한 편마비 환자를 대상으로 현수장치(JB-4PA LINAK Ltd. Denmark.)와 Harness를 이용하여 트레드밀 트레이닝을 실시하였다. 대조군에서는 분속수(p=0.014)와 보속(p=0.022)에서 유의한 증가를 보였고, 실험군에서 보행속도가 빨라졌고(p=0.028), 환측의 활보장(p=0.024)과 단하지 지지기(p=0.19)가 길어졌으며 환측 활보장이 길어져(p=0.012) 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 운동학적 변수에서 대조군에서는 실험 전에 비해서 실험 후에 변수들의 유의한 증가를 보이지 않았지만 실험군에서는 최소 고관절 굴곡도의 증가(p=0.044)와 환측 최대 슬관절 외반도의 감소(p=0.042)가 관찰되었다. 평균차에 대한 집단간 비교 에서는 대조군에 비해 실험군에서 환측 최대 슬관절 외반도의 유의한 감소(p=0.044)가 관찰되었다. 운동학적 변수를 비교한 결과에서 대조군에서는 4주간의 실험 후에 변수들의 유의한 증가를 보이지 않았지만 실험군에서는 환측 고관절 유각기 말기 모멘트의 감소(p=0.044)와 환측 고관절 외전 말기 입각기 파워의 증가(p=0.021)가 관찰되었다. 그러나 평균차에 대한 집단간 비교에서는 두 군간 유의한 차이가 없었다($p<0.05$).

뇌졸중으로 인한 편 마비 환자의 궁극적인 재활 목표는 가능한 손상 이전의 생활로의 복귀와 사회생활의 영위이다. 이를 위해

서는 보행능력의 획득이 필수적이며 에너지 소모를 최소화 할 수 있는 효율적인 보행패턴을 연습하여야 한다. 하지만 중추신경의 손상으로 인한 편마비 환자는 양하지 근력의 차이와 체중을 지지하는 능력의 차이, 균형 장애, 비대칭성, 경직, 낙상에 대한 공포로 인하여 불필요한 근 긴장이 증가하는 현상 등의 다양한 문제로 인해 정상에 가까운 보행의 재획득은 쉬운 과제가 아니다. 따라서 이제 막 보행능력을 일부 회복한 편마비 환자에게 자신의 전 체중을 지지한 체 보행 훈련을 시행하는 것은 여러 가지의 제한을 가진다. 따라서 탈 체중부하를 통한 트레드밀 트레이닝을 통하여 환측 하지의 고관절 굴곡근의 근 활동성이 촉진되어지고 편마비로 인한 환측 하지의 불안정성과 비대칭성이 회복되는 결과를 얻었다. 하지만 환자의 다양성과 연구 대상자의 범위가 좁고, 짧은 연구기간으로 모든 환자들에게 연구결과의 일률적인 적용은 다소 무리가 따를 것으로 사료되며, 앞으로 좀 더 다양한 연구가 필요할 것이다. 특히 점진적 체중지지군과 지속적인 탈 체중지지군 에 대한 비교연구 및 보행능력만이 아닌 균형능력과 지구력향상 등에 대해서 다양한 연구가 시행 되어야 할 것이며 적합한 부분 체중부하 훈련 프로그램의 개발도 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

김유철, 장순자, 박미연, 박시운. 뇌졸중 환자의 보행에 영향을 미치는 인자. 대한 재활의학회지. 1992;16(4):443-451.

김진호, 한태륜. 재활의학. 군자출판사. 1999; 99-126.

김종만, 이충휘. 신경계 물리치료학. 정담. 1997;161-165.

송선홍. 초기 뇌졸중 환자에서 부분 체중 부하 Harness 착용 하 보행 훈련 효과 비교. 의학석사 학위논문. 울산대학교. 2002.

전계호, 조강희, 김봉옥. 체중 탈부하가 편마비 보행에 미치는 영향. 대한재활의학회지. 1999;23(2):371-376.

장영재, 전중선. 편마비 환자에서 PLS 착용 전후의 선형적 변수의 비교연구. 한국 Bobath 학회지. 1999;4(1):1-15.

An-Lun Hsu, Pei-Fang Tang, Mei-Hwa Jang. Analysis of Impairments influencing gait velocity and asymmetry of hemiplegic patients after mild to moderate Stroke. Arch Phys Med Rehabil. 2003; 84:1185-1193.

Barbeau H. Rossignol S. Recovery of locomotion after chronic spinalization in the adult cat. Brain Res. 1987;412:84-95.

Barbeau H, Vinstin M. Optimal outcomes obtained with body weight support combined with treadmill training in stroke subjects. Arch Phys Med Rehabil. 2003;84:1458-1465.

Bobath B. Adult hemiplegia; Evaluation and treatment. 3rd edition, London: Heinemann. 1990.

Brown TG. The intrinsic factors in the act of progression in the animal. Proc R Soc Land Ser B. 1911;84:308-319.

Carr J, Shepherd R. Neurological Rehabilitation. Oxford, UK: Butterworth & Heinemann. 1998.

Carr J, Shepherd R. Investigation of a new motor assessment scale for stroke patients. Phys Ther. 1985;65:175-180.

Carlsoo S, Dahllof AG, Holm J. Kinematics analysis of the gait in patients with hemiparesis and in patients with intermittent claudication. Scand J Rehabil Med. 1974;6:166-179.

Danielsson A, Sunnerhagen KS. Oxygen Consumption during treadmill walking with and without body weight support in patients with hemiparesis after stroke and in healthy subjects. Arch Phys Med Rehabil. 2000;81:953-957.

Dickstein R, Nissan M, Pillar T, Scheer D. Foot ground pressure pattern of standing hemiplegic subjects: major characteristics and patterns of improvement. Phys Ther. 1984;64:19-23.

Eke-Okoro ST, Larsson L. Comparison of the gait of paretic patients with the of control subjects carrying a load. Scand J Rehabil Med. 1984;38:36-41.

Ellen Winchell Miller, Matthew E Quinn, Patricia Gawlik Seddom. Body weight support treadmill and overground ambulation training for two patients with chronic disability secondary to stroke: Phys Ther. 2002;82;53-61.

Finch L. Barbeau H. Hemiplegic gait. New treatment strategies. Physiother. Can. 1985;38:36-41.

Finch L. Barbeau H, Arsenault B. Influences of body weight support on normal human gait: the development of a gait retraining strategy. Phys Ther. 1991;71:842-856.

Grillner S. Locomotion in vertebrates: central mechanism and reflex integration. Physiol Rev. 1975;55:247-304.

Harburn KL, Hill KM, Karmer JF, et al. An overhead harness and trolley system for balance and ambulation assessment and training. Arch Phys Med Rehabil. 1993;74:220-223.

Hassid E, Rose D, Commisarow J. Improved gait symmetry in hemiparetic stroke patients induc- ed during body weight supported treadmill stepping. J Neuro Rehabil. 1997;11:21-26.

Hesse S, Bertelt C, Jahnke MT, Schaffrin A. Treadmill training with partial bodt weight support compared with physiotherapy in nonambulatory hemiparetic patients. Stroke. 1995;26:976-981.

Hesse S, Matthias, Dietmar Uhlenbrock. Treadmill walking with partial body weight support versus floor

walking in hemiparetic subjects. Arch Phys Med Rehabil. 1999; 80:421-427.

Hesse S, Werner C, Paul T et al. The influence of walking speed on lower limb muscle activity and energy consumption during treadmill walking of hemiparetic patients. Arch Phys Med Rehabil. 2001;82:71-77.

Hesse S, Werner C. Partial body weight supported treadmill training for gait recovery following stroke. Advances in Neurology. 2003;92 :423-428.

Ichiro. Long term effect body weight support treadmill training in Parkinson's disease: Randomized control trial. Arch Phys Med Rehabil. 2002;83:1370-1373.

Karen J. Dodd, Meg E. Morris. Lateral pelvic displacement during gait: Abnormalities after stroke and changes during the first month of rehabilitation. Arch Phys Med Rehabil. 2003;84:1200-1205.

Laufer Y, Dickstein R. The effect of treadmill training on the ambulation of stroke survivors in the early stage of rehabilitation: a randomized study. J Rehabil Res. 2001;38:69-78.

Marilyn Mackay-Lyons. Central Pattern Generation of locomotion: A review of the evidence. Phys Ther. 2002 ;82:69-83.

Marder E, Calabrese RL. Principle of rhythmic motor pattern generation. Physiol Rev. 1996;76:687-717.

Nilsson L, Carlsson J. Walking training of patients with hemiparesis at an early stage after stroke: a comparison of walking training on a treadmill with body weight support and walking training on the ground. Clin Rehabil. 2001;15 :515-527.

Patricia C. Montgomery, Barbara H. Connolly et al. Motor control and physical therapy: Theoretical framework and practical applications. Chattanooga group. 1991;1 -11.

Perry. Gait Analysis. Slack. 1992;3-86.

Pinter MM, Dimitrijevic MR. Gait after spinal cord injury and the central pattern generator for locomotion. Spinal Cord. 1999;37:531-537.

Richard F, Gerald V. et al. Treadmill training improves fitness reserve in chronic stroke patients. Arch Phys Med Rehabil. 2001;82:879 -884.

Sherrington CS. Flexion-reflex of the limb crossed extension reflex and the stepping reflex and standing. J Physiol. 1910;40:28-121.

Sullivan K, Barbara J. Knowlton. Step training with body weight support: effect of treadmill speed and paradigms on poststroke locomotor recovery. Arch Phys Med

Rehabil. 2002;83:683-691.

Visintin M, Barbeau H, Korner-Bitensky N, Mayo NE. A new approach to retain gait in stroke patients through body weight support and treadmill stimulation. Stroke. 1998; 29:1122-8.

Visintin M, Barbeau H. The effects of body weight support on the locomotor pattern of spastic paretic patients. Can J Neurol Sci. 1989; 16:315-325.

Wernig A, Muller S. Laufband locomotion with body weight support improved walking in person with severe spinal cord injuries. Paraplegia. 1992;30:229-238.

Winstein CJ, Gardner ER, McNeal DR. Standing balance training: effect on balance and locomotion in hemiparetic adults. Arch Phys Med Rehabil. 1989;70:755-762.