

## 트레드밀 훈련이 뇌졸중 환자의 보행, 균형 및 체간조절에 미치는 영향

한양대학교의료원 물리치료실 · 영동세브란스병원 물리치료실<sup>1)</sup>

윤성익 · 천승철 · 이주상 · 정신호 · 이덕성 · 오덕원<sup>1)</sup> · 심재훈<sup>1)</sup> · 이규완<sup>1)</sup>

The effect of independent treadmill training on gait, balance and trunk  
control in a patient with chronic stroke

Yoon, Seung Ik, M.P.H., P.T. · Chun, Seung Chul, M.Sc., P.T. · Lee, Ju Sang, M.Sc., P.T.  
Geoung, Shin Ho, M.P.H., P.T., Lee, Duck Sung, P.T.  
Oh, Duck Won<sup>1)</sup>, M.P.E., P.T. · Shim, Jae Hun<sup>1)</sup>, M.P.E., P.T. · Lee, Gyu Wan<sup>1)</sup>, M.P.H., P.T.

*Physical Therapy Section, Dept. of Rehabilitation Medicine, Hanyang University Medical Center,  
Physical Therapy Section, Dept. of Rehabilitation Medicine, Yongdong Severance Hospital<sup>1)</sup>*

### ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the effect of treadmill training on gait, balance, and trunk control in a patient with hemiparesis. A female subject who had suffered a left hemiparesis 12 months previously was selected for this study. A single subject ABA design was used. Eight data-collection sessions were conducted during each of three phases (baseline-intervention-withdrawal). During baseline and withdrawal phases, the treatment based on Bobath approach was performed for the subject, and during the intervention phase, treadmill walking training was added. Assessment tools were made using the 10 m walk test, Rivermead Visual Gait Assessment(RVGA), Berg Balance Scale(BBS), and a seated Lateral Reach Test(LRT). During the intervention phase, the time measured in 10 m walk test and the scores of RVGA and

BBS were significantly improved, and the number of steps in 10 m walk test and LRT showed a small improvement. During withdrawal phase, the time measured in 10 m walk test and the scores of RVGA and BBS were shown the carry-over effect. This findings indicate that treadmill training has significant effect to gait function and balance in a patient with chronic hemiparesis.

## I. 서론

뇌졸중으로 인해 유발되는 편마비 환자의 보행 장애는 신체 이동 및 일상생활에 어려움을 발생시키며, 예후에 부정적인 영향을 미치게 된다. 뇌졸중 발병후 대부분의 환자들은 정상적인 보행으로 회복되지 않는다(Jorgenson 등, 1995). 보행능력의 회복은 신경병변 환자들의 치료에 있어서 주된 목표로 다양한 치료방법들이 환자의 능력에 맞게 시행되고 있다. 전통적으로 편마비 환자의 치료에 사용되고 있는 고유감각신경근 촉진법과 신경발달 치료는 보행 이상을 초래하는 여러 요인들 중 비정상적인 근긴장도와 비대칭적인 움직임 형태의 교정에 중점을 두고 있다. 그러나 이러한 전통적인 치료방법들은 보행에 대한 과제지향적인 요소가 부족하기 때문에 다양한 환경과 여러 가지 요소가 복합적으로 상호작용하여 이루어지는 보행 능력을 향상시키기 위해서는 많은 어려운 점이 있다(Hesse 등, 1995; Laufer 등, 2001). 이외에도 근력 운동, 강직 조절, 보행 대칭성 촉진, 평형반사 사용, 보행 자동화 (stepping automation), 지구력 훈련, 그리고 율동적 움직임의 반복 등과 같은 특징적인 형태의 치료들이 각기 다른 치료개념을 제시하며 다양하게 사용되고 있다. 보행 형태를 향상시키기 위하여 발목과 발 보조기는 보편적으로 사용되고 있으며, 최근에는 트레드밀 보행 훈련, 보행 기능 증진을 위한 약물 치료 (locomotor pharmacotherapy), 보톡스를 이용한 강직의 선택적인 조절, 그리고 시각 및 청각 생체피드백 치료 등이 보행 능력을 향상시키는데 도움이 된다는 것이 실험적으로 증명되고 있다(Mauritz, 2002).

트레드밀 훈련은 보행에 대한 과제지향 훈련방법의

하나로(Shepherd와 Carr, 1999), 하지 협응운동을 촉진하고 보행에 필요한 근육사용을 최소화시켜 효과적인 움직임 전략을 만드는데 도움이 된다(Miller 등, 2002). 트레드밀 위에서 걷는 동안 체중지지, 보행 및 균형과 같은 기본요소들이 통합됨으로 인해 기능적인 자세와 반복적인 보행 움직임이 유도될 수 있다(Winstein 등, 1989; Winter, 1989). Schindl 등(2000)과 Gardner 등(1998)은 지면에서의 보행과 달리 트레드밀에서의 보행 훈련은 고정된 속도를 유지할 수 있기 때문에 편마비환자의 보행 능력에 많은 영향을 미칠 수 있다고 하였으며, Miller(2002)와 Trublood(2001)는 트레드밀에서의 보행 훈련은 실제 보행과 유사하게 진행되므로 전형적인 운동치료 방법보다 보행능력을 더 향상시킬 수 있다고 하였다. 그러나 Dean과 Shepherd(1997)는 트레드밀 훈련이 다른 치료들과 비교하여 보행 능력에 더 좋은 효과가 있다고 결론내리기는 어렵다고 하였다.

트레드밀 훈련을 통해 나타날 수 있는 균형 및 체간 조절 능력의 향상에 대해서는 잘 연구되지 않았으며, 균형 및 체간조절 능력을 향상시키기 위하여 요구되는 보행 훈련의 특성과 이월효과(carry over effect)에 대해서는 명확히 설명되고 있지 않다. 체간의 안정성과 조절 능력이 균형과 상하지의 기능적 활동에 큰 영향을 미치기 때문에 임상 치료사들은 환자의 체간 조절에 대한 재훈련에 많은 시간을 할애한다. 향상된 체간 조절 능력은 균형과 기능에 긍정적인 효과를 가져올 것으로 고려되지만 이에 대한 실험적인 증거는 대단히 부족한 실정이다(Mudge, 2003).

최근 트레드밀 훈련의 효과에 대한 관심이 증가되면서 현수장치를 이용한 체중지지 트레드밀 보행훈련 (body weight support treadmill training), 혹은 속

도 의존적 트레드밀 보행훈련(speed dependent treadmill training) 방법에 이르기까지 다양한 훈련 방법들이 소개되고 있다. 그러나 대부분의 연구에서 트레드밀 훈련의 효과를 환자의 근력, 균형능력, 혹은 일상생활동작에 초점을 맞추고 있기 때문에 실질적인 효과를 평가하기 위해서는 보행능력에 중점을 둔 연구가 필요한 실정이다(Macko 등, 1997). 이에 본 연구는 트레드밀 보행 훈련이 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 보행, 균형, 체간조절에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 하였다.

## II. 연구방법

### 1. 대상자

본 연구에 참여한 대상자는 우측 중대뇌동맥(middle cerebral artery)의 출혈로 인하여 좌측 편마비가 된 후 12개월이 경과된 여성으로 신장이 168 cm이고 체중이 65 kg이었다. 지팡이와 같은 보조도구 없이 실내에서의 보행이 가능하였으며, 최소한의 도움으로 계단이용과 실외보행이 가능한 상태였다. 기본적인 일상생활동작은 독립적으로 가능하였다. 대상자는 과거 및 현재에 골절과 같은 정형외과적 문제는 없었으며, Modified Mental Screening Examination의 점수가 28점으로 인지적인 문제도 없었다. 대상자는 과거에 트레드밀 보행훈련을 경험한 적이 없었다. 본 연구의 저자들은 연구에 대한 전체적인 사항들에 대해 대상자에게 설명하였으며, 대상자는 연구에 참여하는 것을 동의하였다.

### 2. 연구설계

본 연구는 단일사례연구 방법 중 ABA 디자인을 사용하였다. 기초선 단계(baseline phase), 치료 단계(intervention phase), 그리고 회귀 단계(withdrawal phase)에서 각각 8회의 측정이 시행되었다. 기초선

단계와 회귀 단계에서는 Bobath 접근법에 근거된 치료가 시행되었으며, 치료 단계에서는 Bobath 접근법에 근거된 치료 종료 1시간 후에 트레드밀을 이용한 보행훈련을 시행하였다. 모든 치료는 주 3회씩 시행하였으며, 각 단계는 3주의 기간이 소요되었다. 연구를 진행하기 전 트레드밀 장비 및 전체 연구의 진행 사항에 대해 환자에게 설명하였다.

### 3. 치료 방법

#### 1) Bobath 접근법에 기초한 치료

Bobath 접근법에 기초한 치료는 Lennon(2001)이 제시하고 있는 치료절차에 따라 적용되었다.

#### 2) 트레드밀 보행 훈련

트레드밀(Intertrack 6000, 태하 메카트로닉스) 보행 훈련시 속도는 1.5 km/h, 2 km/h 및 3 km/h로 각각 10분씩 총 30분간 순차적으로 적용되었다. 훈련하는 동안에 보인 약간의 피로도는 무시하였고 시각 피드백을 위한 전신거울, 청각 피드백을 위한 구두지시(verbal cue), 체성감각 피드백을 위한 촉각자극(tactile stimulation)을 주었고 연합반응(association reaction)을 차단하기 위하여 환측 손은 트레드밀 팔받이 부분을 잡도록 하였다.

### 4. 측정

측정에 대한 신뢰성을 높이기 위하여 모든 측정은 한 명의 치료사가 담당하였으며 치료 및 훈련으로 인해 발생하는 피로감에 대한 영향을 배제하기 위하여 모든 측정은 치료 종료 1시간 후에 시행되었다. 연구 기간동안 아래의 측정이 수행되었다.

- 1) 10 m 보행 검사(Wade, 1987)를 통해 보행 시간과 걸음수를 측정하였다.
- 2) 보행능력은 Rivermead Visual Gait Assessment (RVGA)(Lord 등, 1998)를 이용하여 평가하였다.

- 3) 균형 능력은 타당도와 신뢰도가 입증된 Berg Balance Scale(BBS)(Berg 등,1992)를 이용하였다.
- 4) 체간조절 능력은 Lateral Reach Test(LRT)(Jonsson, 2003)를 이용하여 평가하였으며 환측과 건측으로의 LRT를 모두 측정하였다.

## 5. 자료처리

기초선 단계, 치료 단계, 그리고 회귀 단계에서 측정값들의 변화를 시각적으로 분석하고 측정값 차이를 구별하기 위하여 기준선 기법(acceleration line technique)을 이용하였으며, 각 단계의 측정값들에 의해 이루어지는 기울기(slope)와 경향(trend)을 사용하였다.

## III. 결과

기초선, 치료 및 회귀 단계에서의 측정 결과는 표 1에 요약되어 있다.

### 1. 10 m 보행 시간

10 m 보행에서 측정된 시간은 치료 단계의 초기 3회부터 크게 감소하여 8회에서 가장 낮은 값을 보였다. 그리고 회귀단계에서도 보행시간은 감소된 상태로 유지되었다(그림 1).

### 2. 10 m 걸음수

10 m 걸음수는 기초선 단계 측정값들의 평균보다

표 1. 기초선 단계, 치료 단계, 그리고 회귀 단계에서의 측정 결과

|        | 10 m 보행 시간                                      | 10 m 걸음수              | RVGA                  | BBS                   | 환측 LRT                | 건측 LRT                |
|--------|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 기초선 단계 | 25.63±1.06 <sup>a</sup><br>(24-27) <sup>b</sup> | 15.75±0.71<br>(15-17) | 20.63±1.30<br>(19-22) | 30.75±1.28<br>(29-33) | 21.63±1.41<br>(20-24) | 19.63±1.41<br>(18-22) |
| 치료 단계  | 20.25±2.96<br>(17-25)                           | 15.13±1.13<br>(14-17) | 14.12±2.42<br>(11-17) | 38.63±2.67<br>(35-43) | 24.50±2.00<br>(22-28) | 22.25±1.98<br>(19-25) |
| 회귀 단계  | 17.87±0.83<br>(17-19)                           | 14.25±0.71<br>(13-15) | 11.25±0.71<br>(10-12) | 43.63±1.06<br>(42-45) | 24.25±1.49<br>(22-26) | 22.87±1.46<br>(20-25) |

평균±표준편차<sup>a</sup>, 범위<sup>b</sup>

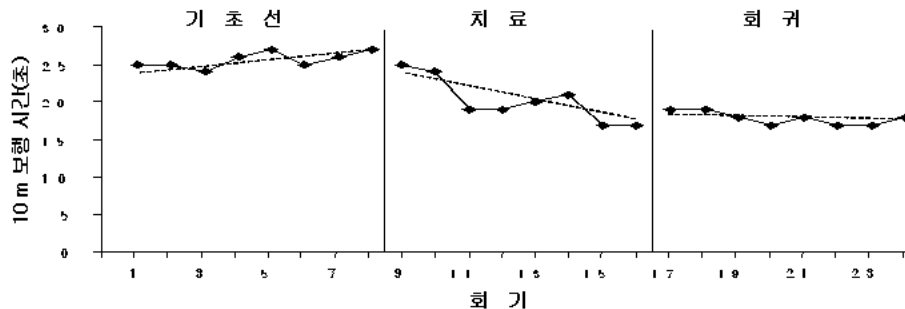


그림 1. 기초선, 치료, 회귀단계 동안 10m 걸기에서 측정된 보행시간

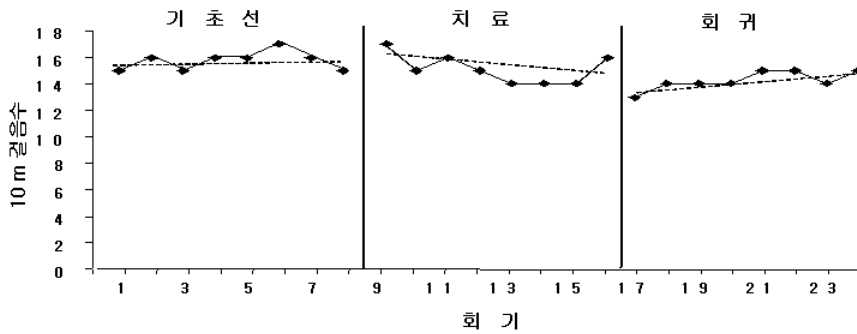


그림 2. 기초선, 치료, 회귀 단계 동안 10 m 걸기에서 측정된 걸음수

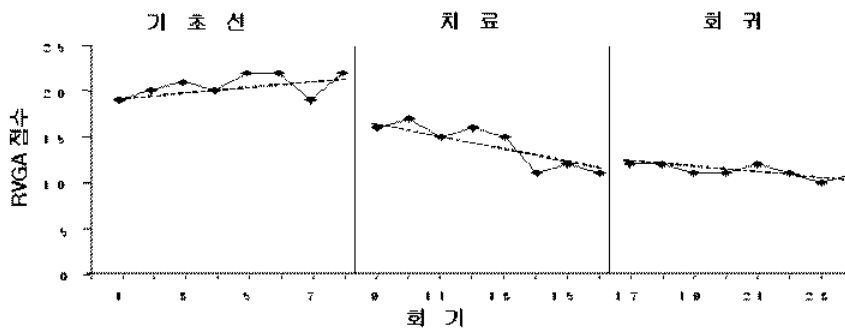


그림 3. 기초선, 치료, 회귀 단계 동안 측정된 RVGA

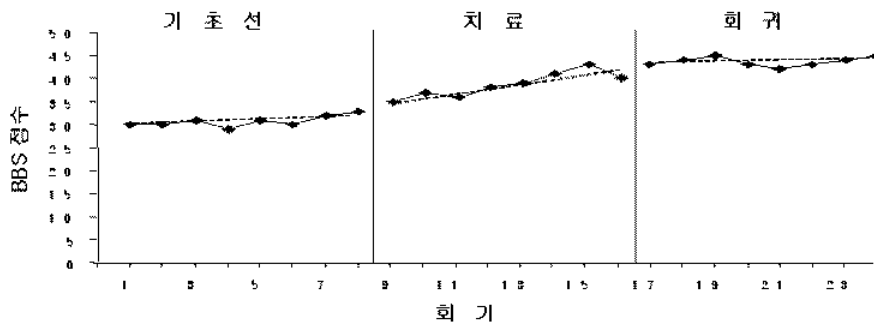


그림 4. 기초선, 치료, 회귀 단계 동안 측정된 BBS

치료 단계와 회귀 단계에서의 평균이 약간 낮게 유지되었다. 그러나 치료 단계에서는 측정값들이 감소되는 분포 경향을 보인 반면 회귀 단계에서는 증가되는 경향을 보였다(그림 2).

### 3. RVGA

RVGA 측정값들은 기초선 단계에 비해 치료 단계에서 크게 감소하였으며 회귀단계에서도 감소된 상태

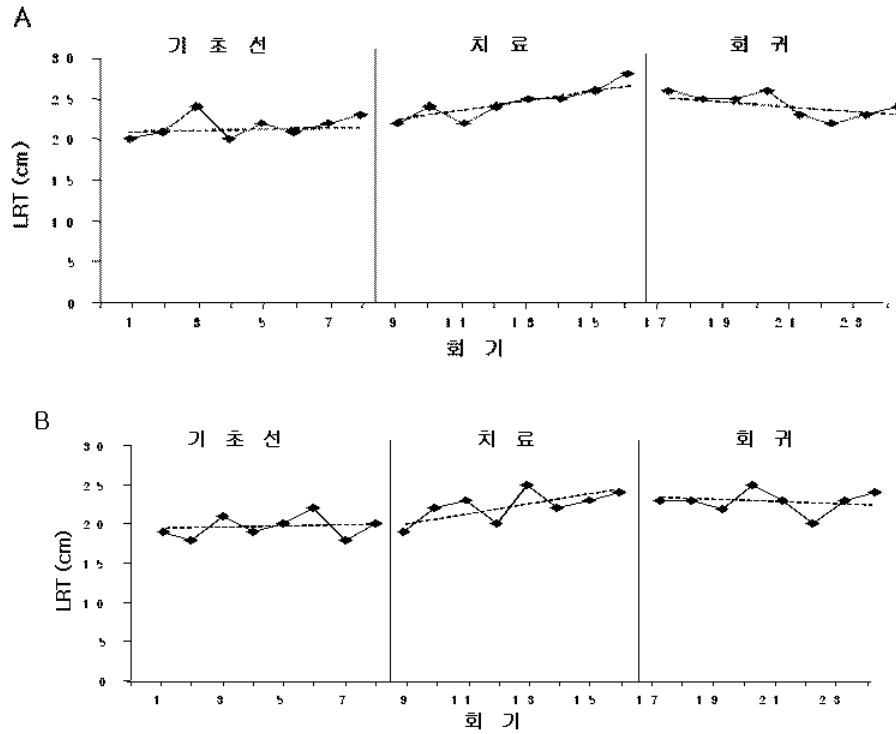


그림 5. 기초선, 치료, 회귀 단계 동안 환측(A), 건측(B)으로 측정된 LRT

로 유지되었다(그림 3).

#### 4. BBS

BBS 측정값은 치료 단계에서 지속적으로 증가하여 기초선 단계보다 더 높은 값을 보였으며 회귀 단계에서도 높게 유지되었다(그림 4).

#### 5. LRT

환측과 건측으로의 LRT 측정값들은 기초선 단계보다 치료 단계와 회귀 단계에서 약간 높게 유지되었다. 그러나 회귀 단계에서 건측으로의 LRT 측정값들은 지속되는 반면 환측으로의 LRT 측정값들은 감소되는 경향을 보였다(그림 5).

## IV. 고찰

편마비 환자들은 보행 속도가 느리고, 입각기(stance phase)가 짧아 편측보행이 유발되며, 환측에 대한 체중지지가 감소되어 보행에 대한 에너지 소모율이 증가된다(윤성익, 2004). 트레드밀 훈련은 지면에서 보행훈련을 하는 것 보다 환측의 체중지지 시간을 연장시켜 자세 대칭성을 향상시키며, 족저굴곡근의 강직감소로 보행훈련에 도움이 된다(Hesse 등, 1999). 또한 트레드밀 훈련은 환자들에게 보행 움직임에 대한 의욕을 높이고, 보행속도를 일정하게 유지하도록 환자의 노력을 증가시키며, 보행 패턴을 반복해서 연습시킬 수 있는 이점이 있다(Malouin 등, 1992). 보행 훈련시 자세 및 움직임에 대한 피드백은 고유감각 정보를 활성화시켜 보행 훈련의 효과를 높

이는데 도움이 된다(Hesse 등, 1997). 본 연구에서는 거울과 구두지지 및 신체 접촉을 이용한 시각, 청각 및 촉각 피드백을 적용하여 보행 동작의 비대칭성을 환자 스스로 인지할 수 있도록 하였으며, 트레드밀 훈련 시 나타날 수 있는 연합반응을 감소시키기 위하여 환측 손을 트레드밀의 팔받이에 위치시켰다.

보행의 여러 지표 중 보행속도를 측정하는 것은 환자의 일상생활능력과 기능 수준을 파악하고 예후를 예측하는데 도움이 된다(Bohannon, 1987). 본 연구에서 사용된 평가방법 중 10 m 보행 검사는 보행 속도 및 걸음수를 간단하게 측정할 수 있어 임상에서 보편적으로 사용되는 방법이다. 또한 RVGA는 높은 신뢰도와 타당도를 보이는 시각적인 보행 평가도구로 10 m 보행 검사를 통해 알 수 없는 보행 관련 항목들을 평가할 수 있는 장점이 있다(Lord 등, 1998). 본 연구의 결과 치료 단계 및 회귀 단계에서 측정된 10 m 걸음수는 기초선 단계와 큰 차이가 없었다. 그러나 10 m 보행 시간은 기초선 단계보다 치료 단계에서 더 낮은 것으로 나타났으며 이는 회귀 단계에서도 유지되었다. 이는 Hesse 등(1999)과 Visintin 등(1998)의 연구 결과와 일치한다. 또한 RVGA는 치료 단계에서보다 회귀 단계에서 더 낮은 값을 보였다. 이러한 결과는 본 연구에서 트레드밀 훈련과 더불어 여러가지 피드백을 적용한 것이 비정상적인 보행 움직임의 교정에 긍정적인 영향을 미쳐 회귀 단계에서 이월효과를 가져온 것으로 사료된다.

본 연구에서 BBS 측정값은 기초선 단계에서 30.75점이었고 치료 단계에서 38.63점이었으며 회귀 단계에서 43.63점이었다. 기초선 단계와의 점수 차이는 치료 단계에서 7.88점 그리고 회귀 단계에서 12.88점으로 나타나 균형 능력에서 많은 향상을 보였다. 이러한 결과는 Waagfjord 등(1990), Stevenson(2001), 그리고 김명진 등(2003)의 연구 결과와 일치한다. 균형 조절 능력과 밀접하게 연관되는 측정 항목인 환측과 건측으로의 LRT는 타당도에 대해서는 충분히 설명되어 있지는 않지만(Mudge 등, 2003), 체간조절 능력을 평가하는 유용한 방법으로

여겨지고 있다. 본 연구에서 환측과 건측으로의 LRT 측정값들은 치료 및 회귀 단계에서 모두 기초선 단계보다 높게 유지되었다. 건측으로의 LRT 측정값은 회귀 단계에서 증가되는 경향을 보였으나 환측으로의 LRT 측정값들은 감소되는 경향을 보였다. 이는 건측과 환측 상하지의 움직임 능력의 차이로 인한 것으로 판단된다.

트레드밀 보행시 편마비 환자들은 동적인 보행 움직임에 대해 체간과 지질의 자세 및 균형을 유지하기 위하여 하지 관절들을 자연스럽게 움직이게 되며 이에 따라 보행시 필요한 동적균형 요소와 균형조절을 위한 시각 및 고유수용감각정보가 지속적으로 제공된다(Knikou과 Rymer, 2002). 트레드밀 훈련은 체중지지와 이동에 초점을 맞춘 보바스 접근보다 보행과 균형 능력의 향상에 더 큰 효과를 나타낼 수 있다(Miller 등, 2002). 본 연구의 대상자는 트레드밀 훈련 기간동안 지구력과 보행 능력이 향상되었다고 자가 평가하였으며 이를 통해 보행에 대한 자신감도 표현하였다. 이러한 요소들은 편마비 환자의 치료에 대한 의욕을 증진시키고 환자의 잠재적인 능력을 높이는데 도움이 된다.

본 연구가 한 명의 환자를 대상으로 한 개별사례 연구이기 때문에 연구의 타당성에 문제가 제기될 수 있다. 그러나 일반적으로 이러한 문제점은 안정적인 기초선 과정을 설립하는 것에 의해 조절될 수 있다(Portney 과 Watkins, 2000). 본 연구에서 모든 변수들의 측정값들은 기초선 단계에서 안정적인 분포를 보여주고 있다. 개별사례 연구는 연구 진행에 있어서 실험 여건이 제한적인 임상 치료사들에게 많은 이점이 있으며, 치료에 대한 연구대상자의 반응들을 보다 체계적으로 연구할 수 있다는 장점이 있어 임상적인 상황에 보다 적합한 것으로 고려된다. 그러나 소수의 환자를 대상으로 하기 때문에 연구의 결과를 일반화시키는데 제한점이 있으므로 편마비 환자들에 대한 트레드밀 훈련의 효과를 충분히 설명하고 그 결과를 일반화시키기 위해서는 더 많은 수의 환자를 대상으로 한 연구가 계속적으로 진행되어야 할 것이며, 트레

드밀 보행 훈련의 효과 평가에 있어서 과학적이고 정량적인 측정뿐만 아니라 근긴장도, 기능 및 일상생활 동작과 같은 보다 실질적인 영역들을 포함하는 연구들이 이어져야 할 것이다.

## V. 결론

본 연구는 좌측 편마비 환자를 대상으로 트레드밀 보행훈련의 효과를 알아보기 위하여 시행되었다. 트레드밀 보행 훈련시 거울, 구두지지 및 신체접촉을 이용한 시각, 청각 및 촉각 피드백을 제공하였으며 보행 시 유발될 수 있는 연합반응을 줄이기 위하여 환측 손을 트레드밀 팔받이에 위치시킨 후 순차적으로 트레드밀 보행훈련을 시행하였다. 그 결과 치료단계동안 10 m 보행시간, RVGA 그리고 BBS에서 유의한 향상이 있었으며 이는 회귀 단계에서도 유지되었다. 또한 10 m 걸음수와 LRT도 치료단계동안 약간의 향상을 보였다. 이러한 결과는 트레드밀 훈련이 보행 및 균형 능력을 향상시키는데 효과적인 방법이라는 것을 의미한다.

## 참고문헌

김명진. 체중지지 트레드밀 훈련이 편마비 환자의 보행과 서기균형에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지, 10(1); 29-33, 2003.

윤성익. 성인 편마비 환자에서 팔걸이가 보행 중 에너지 소모량에 미치는 영향. 한양대학교 대학원 보건학 석사 학위논문, 2004

Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams J. Measuring balance in the elderly : validation of an instrument, Can J Public Health, 83; S7-S11, 1992.

Bohannon RW. Gait performance of hemiparetic

stroke patients, selected variables, Arch Phys Meds Rehabil, 68; 777-781, 1987.

Dean CM, Shepherd RB. Task-related training improves performance of seated reaching tasks after stroke, A randomized controlled trial, Stroke, 28; 722-728, 1997.

Gardner M, Holden M, Leikuskas J et al. Partial body weight support with treadmill locomotion to improve gait after incomplete spinal cord injury: a single-subject experimental design, Phys Ther, 78(4); 361-374, 1998.

Hesse S, Bertelt C, Jahnke MT et al. Restoration of gait by combined treadmill training and multichannel electrical stimulation in non-ambulatory hemiparetic patients, Scand J Rehabil Med, 27; 199-204, 1995.

Hesse S, Helm B, Krajnik J et al. Treadmill training with partial body weight support: influence of body weight release on the gait of hemiparetic patients, J Neurol Rehabil, 11; 15-20, 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(4); 421-427, 1999.

Jonsson E, Henriksson M, Hirschfeld H. Does the functional reach test reflect stability limits in elderly people?, J Rehabil Med, 35(1); 26-30, 2003.

Jorgenson HS, Nakayama H, Raaschau HO et al. Recovery of walking function in stroke patients : The Copenhagen Stroke Study, Arch Phys Med Rehabil, 76; 27-32, 1995.

Knikou M, Rymer Z. Effects of changes in hip joint angle on H-reflex excitability in humans, Exp Brain Res, 143(2); 149-159, 2002.

Laufer Y, Dickstein R, Chefez Y et al. The effect of treadmill training on the ambulation of stroke



- survivors in the early stages of rehabilitation : a randomized study, *J Rehabil Res Dev*, 38: 69-78, 2001.
- Lennon S. Gait re-education based on the Bobath concept in two patients with hemiplegia following stroke, *Phys Ther*, 81: 924-935, 2001
- Lord SE, Halligan PW, Wade DT. Visual gait analysis: the development of a clinical assessment and scale, *Clin Rehabil*, 12: 107-119, 1998.
- Macko RF, Desouza CA, Tretter LD et al. Treadmill aerobic exercise training reduces the energy expenditure and cardiovascular demands of hemiparetic gait in chronic stroke patients : a preliminary report, *Stroke*, 28(2): 326-330, 1997.
- Malouin F, Potvin M, Prevost J et al. Use of an intensive task-oriented gait training program in a series of patients with acute cerebrovascular accidents, *Phys Ther*, 72: 781-789, 1992.
- Mauritz KH. Gait training in hemiplegia, *Eur J Neurol*, Suppl 1:23-9, 53-6, .2002.
- 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(1): 53-61, 2002.
- Mudge S, Rochester L, Recordon A. The effect of treadmill training on gait, balance and trunk control in a hemiplegic subject : a single system design, *Disabil Rehabil*, 25(17):1000-7, 2003.
- Portney L, Watkins. *Foundations of clinical research: applications to practice* 2nd ed, Upper Saddle River NJ, Prentice Hall, 223-264, 2000.
- Schindle MR, Forstner C, Kern H. Treadmill training with partial body weight support in nonambulatory patients with cerebral palsy, *Arch Phys Med Rehabil*, 81(3): 301-306, 2000.
- Shepherd R, Carr J. Treadmill walking in neurorehabilitation, *Neurorehabil Neural Repair*, 13(3): 171-173, 1999.
- Stevenson TJ. Detecting changes in patients with stroke using the Berg Balance Scale, *Aust J Physiother*, 47(1): 29-38, 2001.
- Trueblood PR. Partial body weight treadmill training in persons with chronic stroke, *Neuro-Rehabilitation*, 16(3): 141-153, 2001.
- 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*, 29(6): 1122-1128, 1998.
- Waagfjord J, Levangle PK, Certo CM. Effects of treadmill training on gait in a hemiparetic patients, *Phys Ther*, 70: 549-560, 1990.
- Wade DT, Wood VA, Heller A et al. Walking after stroke, Measurement and recovery over the first 3 months, *Scand J Rehabil Med*, 19: 25-30, 1987.
- Winstein CJ, Gardner ER, McNeal DR et al. Standing balance training : effect on balance and locomotion in hemiparetic adults, *Arch Phys Med Rehabil*, 70(10): 755-762, 1989.
- Winter DA. Biomechanics of normal and pathological gait: implication for understanding human locomotor control, *J Mot Behav*, 21: 337-356, 1989.