

## PLS (Posterior Leaf Spring) 착용이 편마비 환자의 동적 균형에 미치는 영향

김종만  
서남대학교 물리치료학과  
이충휘  
연세대학교 보건과학대학 재활학과 및 보건과학연구소  
양희송  
삼성서울병원 물리치료실

### Abstract

#### Effect of PLS (Posterior Leaf Spring) on Standing Balance in Hemiplegic Patients

**Kim Jong-man, M.P.H., R.P.T., O.T.R.**

Dept. of Physical Therapy, Seonam University

**Yi Chung-hwi, Ph.D., R.P.T.**

Dept. of Rehabilitation Therapy, Yonsei University

Institute of Health Science, Yonsei University

**Yang Hoi-song, R.P.T.**

Dept. of Physical Therapy, Samsung Medical Center

The Posterior Leaf Spring (PLS) has been used for hemiplegic patients in order to help their walking and to increase their balance function. Past studies have mainly focused on the PLS's influence on patients' walking without taking balance function into consideration. The purpose of this study was to identify the immediate effect of PLS on the standing balance in hemiplegic patients. Fifteen hemiplegic patients participated in this study: 10 men and 5 women, with an average age of 53.8 years. Standing balance was measured using a computerized dynamic posturography device under three conditions namely bare-foot standing, standing in shoes without PLS, and standing in shoes with PLS. The results were as follows: 1) The composite equilibrium scores of patients who stood in shoes only and stood in shoes with PLS were higher than those of patients who stood bare-foot. 2) There were no statistical difference in the composite equilibrium scores between the standing condition of patients who stood bare foot and that of patients who stood in shoes with PLS. In conclusion, it is not clear whether or not the PLS affects the standing balance of hemiplegic patients.

Further study is required to determine the precise effect of the PLS on standing balance in hemiplegic patients who are not wearing shoes. This is particularly relevant in Korea culture where custom demands the removal of shoes when entering any house or even many restaurants.

**Key Words:** Posterior Leaf Spring; Balance.

## I. 서론

균형은 '상태(state)'로서의 균형과 '기능(function)'으로서의 균형으로 나눌 수 있다. 상태로서의 균형은 몸이 평형상태에 있는 것 혹은 힘의 합이 영인 상태로 정의되며(원종혁, 1998; Johansson 등, 1991), 기능으로서의 균형은 기저면 위에 체중을 유지하기 위하여 지속적인 근육활동과 관절운동이 요구되는 기능으로서 정의된다(Iverson 등, 1990). 균형은 편마비 환자에서 발생하는 체감각 기능이상, 시각 손상, 근육 약화, 관절 구축, 강직, 비정상적인 자세 등에 의해 더욱 손상이 되며, 이로 인해 기능적인 움직임과 낙상의 원인이 되기도 한다(김종만 등, 1997; Saladin, 1996). 물리치료사는 이들 각각의 요소들과 균형장애에 미치는 영향들을 평가하고 치료하여야 한다.

뇌졸중, 외상성 뇌손상 및 뇌성마비로 인한 편마비 환자들은 비대칭적인 자세, 비정상적인 신체 균형, 체중을 환측 하지로 이동하는 능력의 장애, 기능적인 과제를 수행하는 동안 자세를 유지하는 능력의 장애 등 균형과 관련된 문제점을 나타낸다(Carr와 Shepherd, 1980; Saladin, 1996). 뇌손상으로 인한 편마비 환자들은 앉거나 서는 능력, 균형이 무너졌을 때 회복하는 능력, 그리고 스스로 기능적인 움직임을 할 때 안전하게 균형을 유지하는 능력에 장애가 있다(Di Fabido 등, 1986; Lee 등, 1988). 뇌손상 환자들에서 나타나는 균형장애의 주요한 원인으로는 기립하

는 동안 수의적인 동요(sway)의 감소, 적절한 반응을 생성하기 위한 부적절한 근육들의 선택, 환측 사지에서의 반응력 크기의 감소, 환측 사지에서의 균형반응에 대한 증가된 잠복시간 등이 있다(Dettmann 등, 1987).

최근 들어, 다양한 시스템들이 기능적인 과제를 성취하기 위하여 서로 협력한다는 시스템이론(system theory)에 영향을 받아 뇌손상 환자들의 균형에 관한 연구들이 활발히 진행되고 있다. Horack(1991)은 균형행동이 근골격계, 운동 협응(motor coordination), 방향에 대한 지각, 감각 구성, 예측적 중추조절(predictive central set), 환경 적응, 지각과 동기와의 같은 하위체계의 상호작용에 영향을 받는다고 하였다. 그러므로, 균형기능을 증진시켜야 할 치료사는 편마비 환자에서의 균형장애의 원인이 어느 하위체계의 문제인지를 규명하고, 해결하여야 할 책임이 있다.

한편 편마비 환자들의 균형능력과 보행특성을 개선하기 위해 다양한 보조기들이 이용되고 있다(Brandstater 등, 1987; Diamond와 Ottenbacher, 1990; Lehmann, 1983). Twitchell(1951)은 구축과 강직으로 인한 발과 발목의 관절 변형이 환측 하지로의 체중지지를 방해할 뿐만 아니라 체중지지 시간도 짧게 한다고 하였으며, 김종만과 이충휘(1997)는 균형을 증진시키기 위해서 단하지 보조기(ankle-foot orthoses)의 착용을 권하였다. 이한숙과 권혁철(1997)은 정상 청소년을 대상으로 발목각도에 따른 균형 수행 능력을 검사한 결과, 발목각도가 기립균형에 영향을

미친다고 보고하였다. 이러한 견해는 뇌손상으로 인한 편마비 환자에서 비정상적인 발목관절 장애가 환자들의 재활에 많은 장애될 가능성이 있음을 시사한다.

단하지 보조기는 발목관절을 지지해주고, 보호하며, 고정 기능과 함께 움직임을 바로 잡아주기도 한다(Light와 Kamenetz, 1966). Sarno와 Lehneis(1971)는 "PLS(Posterior Leaf Spring)"라고 불리는 단하지 보조기를 주로 무릎관절에 근력과 안정성이 있고, 하지에 중등도 강직(moderate spasticity)이 나타나며, 수의적인 발목 움직임이 없는 환자들에게 처방하였다. Diamond와 Ottenbacher(1990)는 발목과 발의 정렬(alignment)을 증진시키고 효과적인 체중이동을 위한 발의 체중분포를 증진시키기 위하여 역동적인 단하지 보조기를 처방하였다.

이상으로 볼 때, 편마비 환자에게 PLS를 착용케 하면 강직과 구축으로 인한 관절변형을 교정하여 체중지지 능력을 개선하므로 균형과 보행능력을 개선될 것이라 기대한다. 또한 PLS 보조기가 편마비 환자의 보행특성에 미치는 영향에 대한 연구들은 매우 많이 이루어졌으나(김택훈 등, 1996; Corcoran 등, 1970; Diamond와 Ottenbacher, 1990; Lehmann 등, 1987), PLS 보조기를 착용하였을 때 편마비환자의 균형능력에 어떠한 영향을 주는 지에 대하여는 알려진 바가 없다.

따라서 이 연구에서는 PLS착용 여부에 따른 편마비 환자의 균형능력에 미치는 영향을 평형분석기로 측정하여 알아보았다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

이 연구는 성균관대학교 의과대학 서울삼성병원 재활의학과에서 입원 혹은 외래로 물리치료를 받고 있는 15명(남자 10명, 여자 5명)의 편마비 환자들을 대상으로 하였다. 대상자의 선정조건은 첫째, 뇌졸중, 외상성 뇌손상, 뇌성마비로 인한 편마비가 된 환자, 둘째, 의사의 처방을 받아 본인의 보조기를 착용하고 있는 환자, 셋째, 연구자가 지시하는 내용을 이해하고 따를 수 있는 환자, 넷째, 타인의 신체적인 도움 없이 균형측정기구에서 10분 이상 독립적으로 서기가 가능한 환자, 다섯째, 양하지에 정형외과적 질환이 없는 환자, 여섯째, 연구에 참여할 것을 동의한 환자 등이었다. 연구 대상자들의 평균 나이는 58세이며, 왼쪽 편마비 환자가 7명이고, 오른쪽 편마비 환자가 8명이었다(표 1).

연구 대상자들의 의학적 특성을 표 2에 제시하였다.

표 1. 연구 대상자의 일반적 특성 (N = 15)

특성	평균±표준편차	대상자수(명)
성별		
남		10
여		5
연령(세)	53.8±13.8	
체중(kg)	60.9± 6.3	

**표 2. 연구 대상자의 의학적 특성** (N = 15)

특성	평균±표준편차	실수
진단명		
뇌출혈		10
뇌경색		5
마비부위		
오른쪽		8
왼쪽		7
유병기간(주)	153.5±513.2	

## 2. 실험기구 및 측정방법

측정에 사용된 평형분석기는 EquiTest 5.02"로 환자의 안정성을 위한 안전대, 힘 측정판(force plate), 시각배경(visual surround), 시각배경의 눈 높이에 걸쳐있고 개폐가 가능한 모니터, 그리고 이것들의 여러 가지 동작 환경을 제어할 수 있는 EquiTest Program, Sensory Organization Test(SOT) 등의 소프트웨어와 컴퓨터로 구성되어 있다. 힘 측정판(23 cm × 46 cm)은 좌우 2개로 되어 있고 키에 따라 그어져 있는 종선에 피검사자의 발의 위치를 두도록 되었다. 압력감지기 4개가 각각 2개씩 전후로 양쪽 힘 측정판에 내장되어 있다. 검사가 진행되는 동안 피검사자의 팔은 자연스럽게 옆으로 내리고 발의 위치를 변경하지 말도록 지시하였다.

평가는 1) 눈을 가리지 않은 상태, 2) 눈을 가린 상태, 3) 눈을 가리지 않고 힘 측정판은 고정되어 있으며 시각배경이 대상의 전후 자세 기울기에 비례하여 움직이는 상태, 4) 눈을 가리지 않고 힘 측정판이 대상의 전후 자세 기울기에 비례하여 움직이는 상태, 5) 눈을 가리고 힘 측정판이 대상의 전후 자세 기울기에 비례하여 움직이는 상태, 6) 눈을 가리지 않고 힘 측정판과 시각배경이 대상의 전후 자세 기울기에 비례하여 움직이는 상태 등 모두 6가지 항목으로 이루어져 있다. 각

항목에 대한 평가를 20초간 3번씩 실시하였다. 6가지 평가에 대한 측정값을 평형지수(equilibrium score)라고 하며, 대상이 전혀 움직임이 없는 상태를 100%, 불안정하여 넘어진 상태를 0%로 나타낸다. 6가지 평가 측정값의 평균을 평균평형지수(composite equilibrium score)로 정하였다.

## 3. 실험과정

본 연구의 실험과정은 다음과 같다.

가. 연구 대상자의 신체적 평가항목은 관절과 관절가동범위는 체중부하율과 균형기능 측정 전에 실시하였으며, 무릎 관절 과신전 여부는 대상자의 기립 시에 평가하였다.

나. EquiTest 프로그램을 이용하여 맨발, 신발만 착용하여 선 상태, PLS를 신발과 함께 신고 선 자세를 취할 때의 체중부하 분포를 측정한다.

- 1) 컴퓨터 모니터를 대상자가 보지 못하도록 돌려놓는다.
- 2) 검사도구에 대상자를 올라서게 하고 대상자에게 "편안하게 서 있으세요"라고 말한다.
- 3) 대상자의 체중을 측정한다.
- 4) 10초 간격으로 3회 반복하여 측정한다.

1) NeuroCom International Inc., U.S.A.

5) 3가지 조건을 위와 같은 방법으로 측정하며, 순서효과(order effect)를 제거하기 위해 측정 순서는 제비뽑기를 이용하여 무작위로 선정하였다.

다. EquiTest의 SOT 프로그램을 이용하여 맨발로 선 자세, 신발만 착용하여 선 자세, PLS와 신발을 함께 신고 선 상태에서 균형기능을 측정하였다.

#### 4. 분석방법

측정자료가 정규 분포하는지 여부는 단일 표본 Kolmogorov-Smirnov 검정을 이용하여 알아보았다. 맨발 기립시, 신발만 착용하여 기립시, PLS와 신발을 함께 착용하고 기립시와 같은 3가지 기립 조건에 따른 균형기능을 비교하기 위하여 반복 측정된 일요인 분산분석(one-way analysis of variance)을 하였다. 다중비교방법으로는 Bonferroni 검정을 하였다. 통계분석 프로그램으로는 SAS (Statistical Analysis System)를 사용하였고, 각 통계방법의 유의수준  $\alpha = 0.05$ 로 정하였다.

### III. 결과

#### 1. 각 기립조건간의 평형분석기로 측정된 평균평형지수의 비교

각 기립조건에서의 평형지수가 정규 분포하는지 여부를 단일표본 Kolmogorov-Smirnov 검정을 한 결과 정규분포를 하였다. 그리고 세 가지 기립 조건에 따른 각 군별 평균 평형지수를 표 3에 제시하였다.

각 기립 조건하에서 평형분석기로 측정된 평균평형지수에 값들이 정규분포를 하였으므로 반복 측정된 일요인 분산분석을 하였다. 그 결과 세 기립 조건간의 평균평형지수 사이에 통계학적으로 유의한 차이가 있었다 ( $p < 0.05$ , 표 4).

따라서 다중비교방법으로 Bonferroni 검정을 실시한 결과, 신발 착용 기립조건과 신발과 PLS를 함께 착용한 기립조건간의 평균평형지수가 맨발 기립조건에 비하여 통계학적으로 유의하게 높았으며 ( $p < 0.05$ ), 신발만 착용한 기립조건과 신발과 PLS를 함께 착용한 기립조건간에는 유의한 차이가 없었다.

표 3. 기립조건에 따른 평균평형지수 (단위: %)

특성	평균 ± 표준편차
맨발 기립	65.20 ± 9.22
신발착용 기립	68.40 ± 7.44
신발과 PLS 착용 기립	68.73 ± 8.85

표 4. 기립조건간의 평균평형지수에 대한 반복 측정된 일요인 분산분석

변인	평방향	자유도	평방향평균	F	prob.
기립조건	114.2	2	57.1	4.4	0.02
오차	364.5	28	13.0		

#### IV. 고찰

임상에서 PLS는 성인 편마비 환자의 기립 균형과 보행을 증진시킬 목적으로 흔히 처방하고 있다. 그러나 보조도구(orthotic device)는 본래의 움직임 제한하기 때문에 정상적인 기능보다는 적응력이 떨어지게 된다는 점과 발목 주위 근육의 기능회복을 적절히 자극하지 하지 못한다는 단점이 있다. 이러한 단점이 있음에도 불구하고 PLS의 효능을 입증하는 연구들은 드물다. 이 연구에서는 처방된 PLS가 성인 편마비 환자의 기립균형에 미치는 영향을 알아보는지 여부를 알아보았다.

균형은 정적균형(static balance)과 동적 균형(dynamic balance)으로 나눌 수 있다. 정적 균형은 고정된 지지면에 흔들림 없이 서 있을 수 있는 능력을 말하고, 동적 균형은 지지면이 움직이거나 외부로부터 자극이 있을 때, 혹은 스스로 움직일 때의 균형기능을 말한다. 균형기능을 평가하는 평가도구들도 특성에 따라서 정적균형검사와 동적균형검사, 기능적 수행능력검사로 분류된다(Ragnarsdottir, 1996). 본 연구는 PLS 착용이 편마비 환자의 균형기능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 평형분석기를 이용하여 동적 균형을 평가하였다. 그 결과 착용하지 않고 기립하였을 때보다 PLS를 착용하고 기립하였을 때 균형이 더 좋았다( $p < 0.05$ ). 그러나 PLS를 착용하였을 때와 신발만을 착용하였을 때와는 평균평형지수에 차이가 없었다.

일반적인 보조기의 역할을 고려해보면 보조기를 착용했을 때 상실된 기능을 대신해주고 관절을 보호 지지해 주고 고정과 함께 움직임을 바로 잡아주기 때문에 환측 하지에 안정성을 주어 하지의 균등한 체중부하와 기립균형에 영향을 줄 것이라 한다(Lehmann 등, 1983; Perry, 1974). Condie와 Condie(1995)는 많은 연구자들과 임상가들이 조기에 체중지지를 강조함으로써 균형 기능과 고유감각 되먹임을 증진시킬 목적으로 PLS를 사

용한다고 하였다. 또한 관절 구축을 예방하고 원시 반사패턴들을 억제하는데도 효과가 있다고 하였다.

김택훈(1966)은 편마비 환자가 PLS를 착용했을 때와 착용하지 않았을 때의 하지 체중부하율을 연구하였는데, 착용하지 않았을 때의 환측 체중부하율이 42.7%, 착용하였을 때 40.1%로 PLS를 착용하지 않았을 때 더 체중부하를 많이 하였다. 이러한 결과는 PLS 착용하였을 때 발바닥의 체감각과 발목주위 근육과 관절에서의 고유감각의 저하가 기립균형에 미세한 영향을 줄 수 있을 것으로 생각된다. 물론 1.6%의 차이가 실제로 임상적인 의미가 있을 것인가에 대하여는 논란의 여지가 있다. 본 연구 결과에서도 신발만을 착용한 기립이 맨발일 때보다는 균형능력이 향상되었지만 신발과 PLS를 함께 착용하였을 때보다는 균형기능이 더 이상 증진되지는 않았다. 이는 PLS를 신고 신발을 착용하였기 때문에 PLS의 효과가 신발에 의하여 가려졌을 가능성이 있다. 또한 PLS만을 착용한 경우에는 발목관절 전략(ankle strategy)을 사용할 수 없기 때문에 오히려 균형능력이 떨어질 가능성이 있지만 이 연구에서는 PLS만을 적용하고 균형능력을 측정하지 않았기 때문에 단정할 수는 없다.

추후의 연구에서는 PLS만을 착용하고 기립자세를 유지한 상태에서 평균평형지수를 측정하여 신발만을 신었을 때의 측정된 평균평형지수를 비교함으로써 PLS의 효과를 알아 볼 수 있겠다. 그러나 임상적인 면에서는 PLS만 신고 보행연습을 하기보다 PLS와 신발을 신고 보행연습을 하는 경우가 일반적이므로 실질적인 의미에서는 PLS와 신발을 동시에 신고 측정된 평균평형지수를 비교하는 것이 의미가 있을 것이다.

본 연구는 삼성서울병원에서 입원 또는 외래로 치료를 받고 있는 환자 중 본 연구의 선정조건을 충족시키는 일부분의 환자만을 대상으로 연구를 시행하였으므로 일반화하는데는 제한점이 있다. 또한 실험과정에서 PLS

만을 착용한 상태에서의 기립균형 능력을 측정하지 않았으므로 PLS 착용이 성인 편마비 환자의 기립균형을 증진시킨다고 결론을 내릴 수는 없다. 다만 PLS와 신발을 동시에 착용한 경우에는 기립균형이 증진되었음을 확인할 수 있었다. 추후 연구에서는 PLS와 신발의 개별적인 착용효과를 비교할 필요가 있다.

## V. 결론

이 연구는 성인 편마비 환자를 대상으로 PLS 착용이 기립 균형에 미치는 영향을 알아보는 것이었다. 신발만 착용하였을 때의 기립 조건과 신발과 PLS를 동시에 착용한 기립 조건의 평균평형지수가 맨발로 서 있을 때의 기립조건에 비하여 높았다. 그러나 신발만 착용한 기립조건과 신발과 PLS를 함께 착용한 기립조건하에서의 평균평형지수의 차이는 없었다. 따라서 편마비 환자의 기립균형과 관련하여 PLS만을 착용한 효과와 신발만을 착용한 효과를 비교하는 연구가 필요하다.

## 인용문헌

김종만, 이정원, 이충휘 등. 편마비 환자의 균형기능과 감각조직화. 한국전문물리치료학회지. 1997;4:61-69.  
김종만, 이충휘. 신경계물리치료학. 정담. 1997.  
김택훈, 구애련, 김종만. 편마비 환자의 단하지 보조기 착용유무에 따른 하지체중지지율과 보행특성의 변화에 관한 연구. 한국전문물리치료학회지. 1996;3:55-76.  
원종혁. 당뇨병성 신경병증 환자의 균형기능 평가. 연세대학교. 석사학위논문. 1998.  
이한숙, 권혁철. 불안정한 바닥 위에서 발목 각도가 기립균형에 미치는 영향. 한국전

문물리치료학회지. 1997;4:34-44.

Brandstater ME, Bruin H, Gowland C, et al. Hemiplegic gait: Analysis of temporal variables. Arch Phys Med Rehabil. 1987;64:583-587.  
Carr JH, Shepherd RB. Physiotherapy in Disorders of the Brain. London, Heinemann, 1980.  
Condie E, Condie D. Orthotic management of stroke patients. In: Harrison MA, ed. Physiotherapy in Stroke Management, Churchill Livingstone, 1995.  
Corcoran PJ, Jebsen RH, Brengelmann GL, et al. Effects of plastic and metal leg braces on speed and energy cost of hemiparetic ambulation. Arch Phys Med Rehabil. 1970;51:69-77.  
Dettmann MA, Linder MT, Sepic SB. Relationships among walking performance, postural stability, and functional assessments of the hemiplegic patient. Am J Phys Med Rehabil. 1987;66:77-90.  
Diamond MF, Ottenbacher KJ. Effect of a tone-inhibiting dynamic ankle-foot orthosis on stride characteristics of an adult with hemiparesis. Phys Ther. 1990;70:423-430.  
Horack FB. Assumptions underlying motor control for neurological rehabilitation. In: Lister MJ, ed. Contemporary Management of Motor Control Problems: Proceedings of the II STEP Conference. Alexandria, VA: APTA, 1991.  
Iverson BD, Gossman MR, Shaddeau SA, et al. Balance performance, force production, and activity levels in non-institutionalized men 60 to 90 years of age. Phys Ther. 1990;70:348-

355.

- Johansson R, Magnusson M. Human postural dynamics. *Biomed Eng.* 1991; 18:413-437.
- Lee WA, Deming L, Sahgal V. Quantitative and clinical measures of static standing balance in hemiparetic and normal subjects. *Phys Ther.* 1988;68: 970-976.
- Lehmann JF, Condon SM, Price R, et al. Gait abnormalities in hemiplegia: Their correction by ankle-foot orthoses. *Arch Phys Med Rehabil.* 1987;68:763-771.
- Lehmann JF, Esselman PC, Ko MJ, et al. Plastic ankle-foot orthoses: Evaluation of function. *Arch Phys Med Rehabil.* 1983;64:402-407.
- Light S, Kamenetz H. *Orthotics Etcetera.* New Haven, Elizabeth Licht, 1966.
- Perry J. Kinesiology of lower extremity bracing. *Clin Orthop.* 1974;102:18-31.
- Ragnarsdottir M. The concept of balance. *Physiotherapy.* 1996;82:368-375.
- Saladin LK. Cerebrovascular Disease. In: Fredericks CM, Saladin LK, eds. *Pathophysiology of the motor systems: Principles and clinical presentations,* Philadelphia, FA Davis Co, 1996.
- Sarno JE, Lehneis HR. Prescription consideration for plastic below-knee orthoses. *Arch Phys Med Rehabil.* 1971;52:503-510.
- Twitchell TE. Restoration of motor function following hemiplegia in man. *Brain.* 1951;74:443-480.