한국전문물리치료학회지 제7권 제2호
KAUTPT Vol. 7 No. 2 2000.

편마비 환자의 비대칭적 체중지지가 기립균형 안정성 한계에 미치는 영향

권혁철
대구대학교 재활과학대학 재활과학과
정동훈
대구대학교 대학원 재활과학과

Abstract

A Study of Influence of Asymmetrical Weight-Bearing on the LOS of Independent Ambulatory Hemiparetic Patients on Standing

Kwon Hyuk-cheol, Ph.D., P.T., O.T.
Dept of Rehabilitation Technology, College of Rehabilitation Science, Taegu University
Jeong Dong-hoon, M.Sc., P.T.
Dept. of Rehabilitation Science, Graduate School, Taegu University

Decreased equilibrium in standing and walking is a common problem associated with hemiparesis secondary to cerebral vascular accident. In patients with hemiplegia, postural sway is increased and often displaced laterally over the non-affected leg, reflecting asymmetry in lower extremity weight bearing during standing balance. Human balance is a complex motor control task, requiring integration of sensory information, neural processing, and biomechanical factors. Limits of stability (LOS) is a one of the biomechanical factors. The purposes of this study were to establish the influence of asymmetrical weight-bearing on the LOS of independent ambulatory hemiparetic patients. The subjects of this study were 29 hemiparetic patients (18 males, 11 females) being treated as admitted or out patients at Young-Nam University Hospital and Taegu Catholic University Hospital, all of whom agreed to participate in the study. Participants were asked to lean and displace their center of gravity (COG) as far as possible in directions to the sides and front of the body. The LOS and weight-bearing ratio were measured with a Balance Performance Monitor (BPM) Dataprint Software Version 5.3. In order to assure the statistical significance of the results, the independent t-test and a Pearson's correlation were applied at the .05 and .01 level of significance. The results of this study were as follows: 1) There were statistically significant differences in anteroposterior LOS according to the cause of brain demage ($p<.01$). 2) There were statistically significant differences in mediolateral LOS according to the hemiparetic side ($p<.05$). 3) There were statistically significant

differences in anteroposterior and mediolateral LOS according to the brain operation ($p<.01$). 4) The mediolateral LOS significantly correlated with weight-bearing ratio ($p<.01$).

Key Words: Limits of stability (LOS); Hemiplegia.

Ⅰ. 서론

공간에서 신체 자세와 균형을 조절하는 능력은 인간이 하는 모든 동작에 기본이 되며, 인간의 일상생활은 자세와 균형을 조절하는 많은 과제들과 연루된다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995). 이렇듯 균형유지 능력은 인간이 단순히 일상생활을 영위해 가거나 목적 있는 활동을 하는데 가장 기본이 되는 필수 요소이다(Cohen 등, 1993).

자세와 균형조절 능력, 즉 지지기저면 내에 중력중심(COG)을 유지하는 것은 시각, 전정, 체성감각계 입력의 통합과 함께 조화로운 근수축인 운동 조절 시스템의 출력을 포함하는 것으로서, 지지기저면이 변할 때 이들 감각계는 그 변화를 발견해야 하며 운동계는 자세의 새로운 요구에 적응해야 한다. 그 결과로서 균형은 유지되어 질 수 있는 것이다(Nichols 등, 1995).

그러나 중추신경계 손상이나 관절 및 근육질환, 시각 및 전정기관 질환으로 균형 수행력에 영향을 미치는 요인에 장애가 생긴다면 기립위 안정성 유지, 체중부하 조절 및 보행능력에 지장을 초래하며 재활에 큰 걸림돌이 될 것이다(이한숙 등, 1996; Geurts 등, 1996). 특히, 뇌졸중은 운동과 감각신경로의 붕괴 및 감각 해석의 이상을 야기시켜 자세 및 선택적인 운동 조절을 방해하고(Sackley 등, 1992), 이로 인해 운동장애, 감각장애, 지각장애, 인지장애, 언어장애 등을 동반하게 된다(권혁철, 1987). 편마비 환자의 운동과 관련된 문제점은 비정상적인 신체의 균형, 비대칭적인 자세, 체중을 사방으로 이동하는 능력의 결함 등이며(Carr와 Shepherd, 1985), 이와 같은 문제점은 편마비 환자가 기립 균형을 유지하고 보행을 하는데 장애를 주고 나아가서는 일상생활동작을 수행하는데 어려움을 준다(권혁철, 1987).

Bohannon과 Larking(1985), 그리고 Dickstein과 Pillar(1984)의 연구에서 편마비 환자는 그들의 체중을 옮기는데 거의 80% 정도 건측 다리를 통해 지지했고, 그 밖의 연구자들이 측정한 편마비 환자의 환측 하지 체중지지율은 28.0%, 30.0%, 38.4%, 40.7% 등으로 건측 하지에 비해 낮은 지지율을 나타냈으며, 일반적으로 편마비 환자는 서 있을 때 환측 하지에 전체 체중의 50% 미만을 지지하는 것으로 나타났다(노미혜 등, 1998). 뇌손상 환자의 이러한 기계적, 일시적 비대칭성은 건측 하지의 조절을 통하여 보상적 변화가 생겨 비대칭성을 더욱 증가시키며 건측 하지로의 편중된 체중지지는 전반적인 신체의 움직임에 큰 영향을 주게 되며(Hocherman 등, 1984), 정상적인 운동 패턴의 확립을 방해하고 기능적인 활동을 제한하며 낙상의 최대 원인이 된다. 따라서 편마비 환자의 경우 임상에서 체중이동 훈련이 환자의 대칭적인 자세 유지와 보행에 효과가 있을 것이라는 가정하에 이 훈련을 지속적으로 실시해오고 있으며, 이에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다(권오윤, 1999).

균형은 감각조직화 요인, 운동협응적 요인, 생역학적 요인을 포함하는 복잡한 운동 조절 작업으로서(Horak, 1987), Nashner(1990)는 균형 과업의 생역학적 특성, 감각정위(orientation) 정보의 인지, 그리고 평형을 이룩하기 위한 인체 운동의 협응을 포함하는 인체 균형의 조직적이고 기능적인 모델을 제시하며 균형의 생역학적 특성의 하나인 안정성 한계

(limits of stability: LOS)에 대해 강조하였다.

편마비 환자는 비대칭적인 기립 균형으로 인하여 안정성 한계의 변화를 초래하고 비정상적인 안정성 원추를 형성함으로써 낙상과 같은 위험 요소에 항상 노출되어 있다(그림 1). 이러한 안정성 한계에 관한 연구는 발길이, 신장, 입각 너비 같은 안정성 한계에 영향을 줄 수 있는 인자(McCollum과 Leen, 1989)나 다양한 감각 조건에 따른 안정성 한계의 비교(권오윤과 최흥식, 1996)와 같이 주로 정상 성인을 대상으로 하여 이루어져 왔다. 그러나 비대칭적인 체중지지로 인하여 비정상적인 원추를 형성하는 편마비 환자의 안정성 한계의 정도나, 그러한 비대칭적인 체중분배율에 따라 안정성 한계가 어떻게 변화하는지에 대한 연구는 거의 찾아보기 힘들다.

이에 본 연구에서는 컴퓨터화 된 발판(forceplate)이 달린 BPM (Balance Performance Monitor)을 이용하여 편마비 환자의 체중분배율과 안정성 한계의 정도를 측정하고 비교해 봄으로써 균형에 장애가 있는 환자의 평가와 치료 디자인을 위한 자료를 제공하며, 균형 훈련의 효과를 평가할 때 기초자료를 제공하고자 연구를 시행하였다.

본 연구의 목적을 달성하기 위해 설정한 가설은 다음과 같다.

첫째, 뇌손상 발생 원인에 따른 안정성 한계에는 유의한 차이가 없다.

둘째, 체지 마비 부위에 따른 안정성 한계에는 유의한 차이가 없다.

셋째, 뇌손상 이후 뇌수술 시행 유무에 따른 안정성 한계에는 유의한 차이가 없다.

넷째, 체중분배율과 안정성 한계와는 상관관계가 없다.

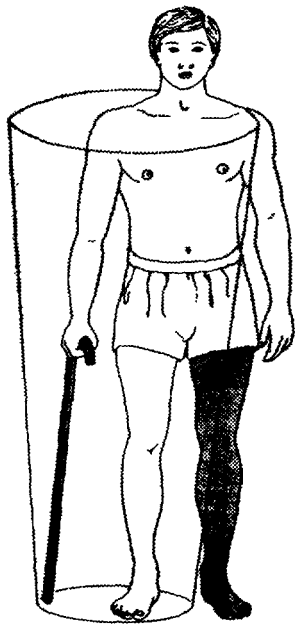

그림 1. 좌측 편마비 환자의 변형된 안정성 한계

Ⅱ. 연구방법

1. 연구대상 및 연구기간

본 연구의 대상자는 영남대학교의료원 재활의학과 및 대구가톨릭의료원 재활의학과에서 뇌경색, 뇌출혈 및 뇌외상으로 인하여 편마비라고 진단을 받고 입원 또는 외래 통원치료를 받는 환자 중 아래의 필요조건을 충족시키고 본 연구의 참가에 동의한 29명을 연구 대상으로 하였다.

본 실험의 참가에 동의한 대상자의 필요조건은 다음과 같다.

첫째, 뇌경색, 뇌출혈 및 뇌외상으로 인하여 이차적으로 편마비가 된 환자

둘째, 타인의 물리적 도움이나 보조장구 없이 30 m 이상 독립 보행이 가능한 환자

셋째, 연구자가 지시하는 내용을 이해하고 따를 수 있는 환자

위의 조건을 충족시키는 환자를 대상으로 실험을 실시하였으며 연구기간은 1999년 7월 2일부터 동년 7월 8일 까지 기준 조건에 합당한 5명을 대상으로 예비실험을 실시한 후, 문제점을 수정, 보완하여 1999년 7월 12일부터 동년 7월 30일 까지 연구대상자 전원에 대해 실험을 시행하였다.

2. 연구대상자의 일반적 특성

가. 연구대상자의 성별 및 연령별 분포

연구대상자 29명 중 남자 환자는 18명(62.0%), 여자 환자는 11명(38.0%)이었으며, 연령은 1999년 7월 1일 기준으로 최저 42세에서 최고 77세까지 분포되었는데 평균 연령은 60.75세이었다. (표 1).

나. 편마비의 마비측 분류

연구대상자 29명 중 우측 편마비 환자가 14명(48.3%), 좌측 편마비 환자가 15명(51.7%)으로 좌측 편마비 환자가 우측 편마비 환자보다 1명 더 많았다(표 2).

표 1. 연구대상자의 성별 및 연령별 분포 (단위: 명)

연령(세)	성별		계(%)
	남자(%)	여자(%)	
40 ~ 49	3(10.4)	0(0.0)	3(10.4)
50 ~ 59	5(17.2)	6(20.7)	11(37.9)
60 ~ 69	5(17.2)	3(10.4)	8(27.6)
70 ~ 79	5(17.2)	2(6.9)	7(24.1)
계	18(62.0)	11(38.0)	29(100.0)

표 2. 편마비의 마비측 분류

마비측	대상자수(명)	백분율(%)
우측	14	48.3
좌측	15	51.7
계	29	100.0

다. 뇌손상의 발생 원인별 빈도

뇌손상의 발생 원인별 빈도를 보면 뇌경색이 18명(62.1%), 뇌출혈이 10명(34.5%), 뇌외상이 1명(3.4%)으로 뇌경색에 의한 뇌손상 환자가 가장 많았다(표 3).

라. 뇌손상 이후 수술 시행 유·무에 따른 빈도

뇌손상 이후 뇌수술을 받은 환자는 8명(27.6%)이고 뇌수술을 받지 않은 환자는 21명(72.4%)으로, 수술을 받지 않은 환자가 13명 더 많았다(표 4).

마. 발병 후 물리치료 기간

1999년 7월 1일을 기준으로 환자의 발병 후 치료 기간을 보면 최저 1개월에서 최고 114개월까지로 분포되어 있었고, 6개월 이내가 12명(41.4%), 7~12개월까지가 3명(10.3%), 13~18개월까지가 2명(6.9%), 19~24개월까지가 5명(17.3%), 24개월 이상이 7명(24.1%)으로 이들의 발병 후 평균 치료 기간은 18개월이었다(표 5).

표 3. 뇌손상의 발생 원인별 빈도

발생원인	대상자수(명)	백분율(%)
뇌경색	18	62.1
뇌출혈	10	34.5
뇌외상	1	3.4
계	29	100.0

표 4. 뇌손상 이후 수술 시행 유·무에 따른 빈도

수술유무	대상자수(명)	백분율(%)
수술	8	27.6
비수술	21	72.4
계	29	100.0

표 5. 발병 후 물리치료 기간

기간	대상자수(명)	백분율(%)
1~6 개월	12	41.4
7~12 개월	3	10.3
13~18 개월	2	6.9
19~24 개월	5	17.3
24 개월 이상	7	24.1
계	29	100.0

3. 실험방법

가. 실험에 사용된 도구

본 연구에서는 균형 능력 평가를 위하여 타당도와 신뢰도가 검증된 영국의 SMS Healthcare사에서 제작한 BPM Dataprint Software Version 5.3을 사용하였다(그림 2). 유용한 피드백을 제공하는 BPM의 타당성은 단일-사례 실험 설계(single-case experimental design)를 이용한 임상 연구 프로젝트에서 평가되어져 왔고(Sackley 등, 1992), Haas와 Whitmarsh(1998)는 BPM을 이용한 체중분배와 신체 동요의 측정에서 높고 유의한 측정자간-측정자내 신뢰도를 보고하였다.

BPM은 다양한 시각 및 청각 피드백을 주기 위해 고안된 가볍고 이동이 간편한 균형측정기구로서 전·후 방향과 좌·우 방향으로 대칭적인 체중지지를 했을 경우에는 피드백용 화면응시장치(display console)상에 초록색의 불빛이 나타나고 비대칭적인 방향으로 편위 되었을 경우에는 점차 붉은 빛이 진하게 나타남으로써 시각 정보가 주어진다. 청각 신호는 대칭적인 체중지지를 했을 경우에는 부저음이 울리지 않고 전·후 방향과 좌·우 방향으로 대칭적인 체중지지가 안되었을 경우 부저음이 울려서 청각 피드백을 주도록 되어 있다. 그러나 본 연구에서는 균형 능력에 영향을 줄 수 있는 시각과 청각적 감각피드백을 제거하였다.

이 균형측정기구는 피드백용 화면응시장치와 이동이 가능한 두발 기립용 발판 및 외발 기립용 발판과 좌위용 판(seat plate)으로 구성되어 있다. 컴퓨터와 피드백용 화면응시장치가 연결되어 있고, 피드백용 화면응시장치는 발판과 연결이 되어 대상자의 좌·우 체중이동 정도와 전·후 체중이동 정도, 시간대별 균형 흔적 및 체중심이 수직선으로부터 멀어진 각도 등을 발판의 센서가 감지하여 결과를 컴퓨터 스크린상에 수치화 및 그래프화 되어 나타나게 고안된 장치이다. 또한 체중분배의 정도와 자세동요의 객관적인 측정치를 제공한다(Sackley과 Baguley, 1993).

나. 실험절차

본 실험에 앞서 연구자는 연구보조원 2명에게 연구의 목적 및 실험방법에 대한 이론적인 교육과 실습을 시행한 후 연구보조원 1명은 대상자의 일반적 특성 기록 및 컴퓨터 작동을 담당하게 하였고, 나머지 연구보조원은 대상자의 준비상태 점검 및 발판 위의 발의 위치와 두발 사이의 너비를 조절하게 하였으며, 실험중 대상자의 낙상과 같은 만일의 사태에 대비하여 대상자를 보호하게 하였다. 그리고 본 연구자는 대상자 전원에게 연구의 목적 및 실험방법에 대한 간단한 설명과 시범을 보인 후 모든 대상자에게 동일한 순서대로 진행하였다.

연구대상자의 일반적인 특징을 알기 위해 신장, 체중을 측정한 후, 대상자는 설치된 발판 위에 올라간다. 팔은 체간에 나란히 늘어뜨린 자세를 취하고 편안한 의복에 신발은 벗은 상태로 측정하였다. 기립 시 양발사이의 너비는 기존의 연구(권오윤과 최홍식, 1996; Nashner, 1990)와 비교 분석하기 위해 동일하게 4인치 너비로 하였다. 또한 발판 위의 발의 위치는 인체의 중력선이 족관절에서 지나는 선과 발판 위 표시선이 수직으로 만나도록 맞추었다(그림 3).

측정의 신뢰도를 높이기 위하여 각 실험은 1회 30초간, 3회씩을 측정하였으며, 먼저 좌·우 체중분배율을 측정한 후, 전·후 및 좌·우 안정성 한계 측정을 실시하였다. 좌·우 체중분배율은 대상자가 발판 위에 올라가서 시선은 전방 약 15° 위를 주시하고 편안하게 서있는 상태에서 측정되었고, 안정성 한계 측정은 지지기저면의 변화 없이 균형을 잃지 않고 30초간 전·후 및 좌·우로 신체를 최대한 기울이도록 지시하였다.

안정성 한계의 검사 중 실험시간인 30초가 경과하였거나 무게중심 정렬이 안정성의 제

한을 초과해서 넘어지지 않으려고 스텝을 밟거나 비틀거릴 때, 균형을 잡기 위해 체간에 놓여뜨린 팔을 과도하게 움직이며 발이 발판 위에서 이격되었을 때, 고관절과 체간 운동으로 보상작용이 나타났을 때는 실험을 중지하였다.

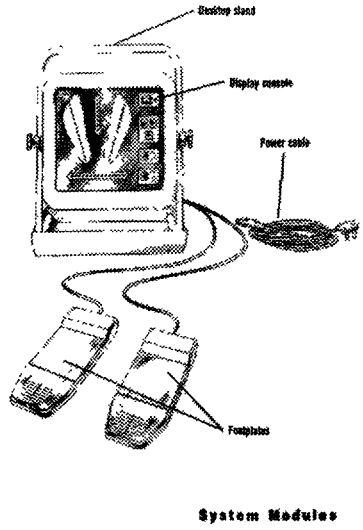

그림 2. 실험에 사용된 도구(BPM)

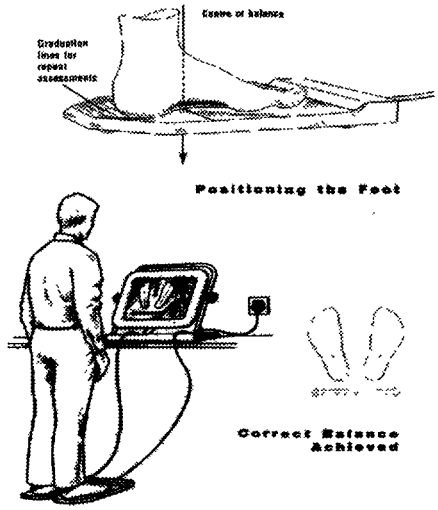

그림 3. 측정시 자세 및 발판위 발의 위치

4. 분석방법

측정된 결과를 부호화하여 컴퓨터에 입력한 후 SPSS/Windows (version 7.5)를 이용하여 통계처리 하였다. 각 측정은 3회 실시 후 평균값을 산출하여 분석에 사용하였으며, 대상자의 뇌손상 발생 원인과 체지 마비 부위 및 뇌손상 이후 수술 시행 유무에 따른 전·후 및 좌·우 안정성 한계에 차이가 있는지 알아보기 위하여는 독립표본 t-검정을, 그리고 체중분배율과 안정성 한계와의 상관관계는 피어슨 상관계수를 구하여 알아보았다. 통계학적 유의수준을 검증하기 위한 유의수준 α는 05와 .01로 정하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 기립균형시 대상자의 동요거리 및 면적, 동요 시 최대 속도와 비마비측 하지의 체중분배율

29명의 환자가 두발기립용 발판에 30초 동안 기립하고 있을 때, 체중심이 흔들린 거리인 동요거리의 평균은 375.24 ㎜이고, 최대값이 747 ㎜, 최소값이 193 ㎜으로 환자마다 다양한 편차를 보였다. 동요거리에 의해 형성되는 동요면적의 평균은 427.72 ㎟이고, 환자의 체중심이 흔들리는 최대속도의 평균은 64.55 ㎜/s이었다.

환자의 비마비측 하지에 실리는 체중분배율의 평균은 58.71%이고, 최대값이 68.70%, 최소값이 50.10%이었다(표 6).

2. 대상자의 전·후 및 좌·우 안정성 한계의 결과

대상자의 전 안정성 한계의 평균은 4.97°이고, 후 안정성 한계의 평균은 .38° 였으며, 전·후 안정성 한계의 평균은 5.36° 였다. 대상자의 좌 안정성 한계의 평균은 3.89° 이고, 우 안정성 한계의 평균은 4.03° 였으며, 좌·우 안정성 한계의 평균은 7.92° 였다(표 7).

표 6. 기립균형시 대상자의 동요거리 및 면적, 동요시 최대속도와 비마비측 하지의 체중분배율

변인(단위)	대상자수(명)	평균±표준편차	최대값	최소값
동요거리(㎜)	29	375.24±136.24	747.00	193.00
동요면적(㎟)	29	427.72±252.68	1029.00	103.00
최대속도(㎜/s)	29	64.55±41.59	260.00	40.00
체중분배율(%)	29	58.71±5.45	68.70	50.10

표 7. 대상자의 전·후 및 좌·우 안정성 한계 (단위: °)

안정성 한계	대상자수(명)	평균±표준편차	최대값	최소값
전	29	4.97±1.24	7.80	2.80
후	29	.38± .60	2.20	.00
전·후	29	5.36±1.43	8.30	2.90
좌	29	3.89±1.23	6.40	1.30
우	29	4.03±1.99	6.60	.70
좌·우	29	7.92±1.78	12.80	4.10

3. 뇌손상 발생 원인에 따른 전·후 안정성 한계의 비교

연구대상자를 뇌손상 발생 원인에 따라 분류하면 뇌경색이 18명, 뇌출혈이 10명, 뇌외상이 1명으로, 이중 뇌외상으로 인한 환자가 1명이기 때문에 통계학적 분석에서는 뇌경색과 뇌출혈로 인한 뇌손상 환자만을 비교 분석하였다

뇌경색 환자의 전 안정성 한계의 평균은 5.31° 이고 뇌출혈 환자의 전 안정성 한계의 평균은 4.34° 로 통계학적으로 유의한 차이가 있었으며($p<.05$), 후 안정성 한계에서도 뇌경색 환자가 .58° , 뇌출혈 환자가 .06° 로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.01$). 또한 뇌경색 환자의 전·후 안정성 한계의 평균은 5.89° 이고, 뇌출혈 환자의 전·후 안정성 한계의 평균은 4.40° 로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.01$),(표 8).

4. 뇌손상 발생 원인에 따른 좌·우 안정성 한계의 비교

뇌경색 환자의 좌 안정성 한계의 평균은 4.05° 이고, 뇌출혈 환자의 좌 안정성 한계의 평균은 3.46° 로 통계학적으로 유의한 차이가 없었으며($p>.05$), 우 안정성 한계에서도 뇌경색 환자가 4.31° , 뇌출혈 환자가 3.70° 로 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($p>.05$). 또한 뇌경색 환자의 좌·우 안정성 한계의 평균은 8.36° 이고, 뇌출혈 환자의 좌·우 안정성 한계의 평균은 7.16° 로 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($p>.05$),(표 9).

표 8. 뇌손상 발생 원인에 따른 전·후 안정성 한계의 비 (단위: °)

안정성 한계	발생원인	대상자수(명)	평균±표준편차	t
전	뇌경색	18	5.31±1.25	2.06*
	뇌출혈	10	4.34±1.07	
후	뇌경색	18	.58± .69	3.04**
	뇌출혈	10	.06± .15	
전·후	뇌경색	18	5.89±1.42	2.92**
	뇌출혈	10	4.40±1.01	

* $p<.05$, ** $p<.01$

표 9. 뇌손상 발생 원인에 따른 좌·우 안정성 한계의 비교 (단위: °)

안정성 한계	발생원인	대상자수(명)	평균±표준편차	t
좌	뇌경색	18	4.05±1.24	1.23
	뇌출혈	10	3.46±1.13	
우	뇌경색	18	4.31±1.93	.77
	뇌출혈	10	3.70±2.15	
좌·우	뇌경색	18	8.36±1.75	1.73
	뇌출혈	10	7.16±1.75	

5. 체지 마비 부위에 따른 전·후 안정성 한계의 비교

체지 마비 부위에 따른 전·후 안정성 한계를 비교해 보면, 우측 마비 환자의 전 안정성 한계의 평균은 4.86° 이고, 좌측 마비 환자의 전 안정성 한계의 평균은 5.08° 로 통계학적으로 유의한 차이가 없었으며($p>.05$), 후 안정성 한계에서도 우측 마비 환자가 .26° , 좌측 마비 환자가 .49° 로 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($p>.05$). 또한 우측 마비 환자의 전·후 안정성 한계의 평균은 5.12° 이고, 좌측 마비 환자의 전·후 안정성 한계의 평균은 5.58° 로 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($p>.05$),(표 10).

6. 체지 마비 부위에 따른 좌·우 안정성 한계의 비교

체지 마비 부위에 따른 좌·우 안정성 한계를 비교해 보면, 우측 마비 환자의 좌 안정성 한계의 평균은 4.82° 이고, 좌측 마비 환자의 좌 안정성 한계의 평균은 3.02° 로 통계학적으로 유의한 차이가 있었으며($p<.01$), 우 안정성 한계에서도 우측 마비 환자가 2.41° , 좌측 마비 환자가 5.54° 로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.01$). 또한 우측 마비 환자의 좌·우 안정성 한계의 평균은 7.24° 이고, 좌측 마비 환자의 좌·우 안정성 한계의 평균은 8.56° 로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$),(표 11).

표 10. 체지 마비 부위에 따른 전·후 안정성 한계의 비 (단위: °)

안정성 한계	마비부위	대상자수(명)	평균±표준편차	t
전	우측	14	4.86±1.27	-.47
	좌측	15	5.08±1.24	
후	우측	14	0.26±0.33	-1.01
	좌측	15	0.49±0.78	
전·후	우측	14	5.12±1.37	-.84
	좌측	15	5.58±1.51	

표 11. 체지 마비 부위에 따른 좌·우 안정성 한계의 비교 (단위: °)

안정성 한계	마비부위	대상자수(명)	평균±표준편차	t
좌	우측	14	4.82± .79	5.83*
	좌측	15	3.02± .87	
우	우측	14	2.41±1.44	-6.89*
	좌측	15	5.54± .96	
좌우	우측	14	7.24±2.02	-2.10**
	좌측	15	8.56±1.29	

* $p<.01$, ** $p<.05$

7. 뇌손상 이후 수술 시행 유무에 따른 전·후 안정성 한계의 비교

뇌손상 이후 수술 시행 유무에 따른 전·후 안정성 한계를 비교해 보면, 수술을 시행한 환자의 전 안정성 한계의 평균은 4.12° 이고, 수술을 시행하지 않은 환자의 전 안정성 한계의 평균은 5.30° 로 통계학적으로 유의한 차이가 있었으며($p<.05$), 후 안정성 한계에서도 수술을 시행한 환자는 .07° , 수술을 시행하지 않은 환자는 .50° 로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$). 또한 수술을 시행한 환자의 전·후 안정성 한계의 평균은 4.20° 이고, 수술을 시행하지 않은 환자의 전·후 안정성 한계의 평균은 5.80° 로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.01$),(표 12).

8. 뇌손상 이후 수술 시행 유무에 따른 좌·우 안정성 한계의 비교

뇌손상 이후 수술 시행 유무에 따른 좌·우 안정성 한계를 비교해 보면, 수술을 시행한 환자의 좌 안정성 한계의 평균은 3.50° 이고, 수술을 시행하지 않은 환자의 좌 안정성 한계의 평균은 4.04° 로 통계학적으로 유의한 차이가 없었으며($p>.05$), 우 안정성 한계에서도 수술을 시행한 환자는 3.27° , 수술을 시행하지 않은 환자는 4.31° 로 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($p>.05$). 그러나 수술을 시행한 환자의 좌·우 안정성 한계의 평균은 6.77° 이고, 수술을 시행하지 않은 환자의 좌·우 안정성 한계의 평균은 8.36° 로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$),(표 13).

표 12. 뇌손상 이후 수술 시행 여부에 따른 전·후 안정성 한계의 비교 (단위: °)

안정성 한계	마비부위	대상자수(명)	평균±표준편차	t
전	수술	8	4.12± .90	-2.48*
	비수술	21	5.30±1.21	
후	수술	8	.07± .17	-2.65*
	비수술	21	.50± .67	
전·후	수술	8	4.20± .82	-3.05**
	비수술	21	5.80±1.38	

* $p<.05$, ** $p<.01$

표 13. 뇌손상 이후 수술 시행 여부에 따른 좌·우 안정성 한계의 비교 (단위: °)

안정성 한계	마비부위	대상자수(명)	평균±표준편차	t
좌	수술	8	3.50±1.36	-1.06
	비수술	21	4.04±1.17	
우	수술	8	3.27±2.21	-1.27
	비수술	21	4.31±1.87	
좌·우	수술	8	6.77±1.65	-2.29*
	비수술	21	8.36±1.66	

* $p<.05$

9. 체중분배율과 전·후 안정성 한계와의 상관관계

비마비측 하지로의 체중분배율과 전·후 안정성 한계와의 상관관계를 보면, 전 안정성 한계의 상관계수는 -.370으로 뚜렷한 음적 선형관계를 이루어 통계학적으로 유의하였으나($p<.05$),(그림 4), 후 안정성 한계의 상관계수는 -.086으로 통계학적으로 유의하지 않았다($p>.05$). 또한 전·후 안정성 한계는 통계학적으로는 유의하지 않았으나($p>.05$) 상관계수가 -.356으로 뚜렷한 음적 선형관계를 이루어 상관관계가 있었다(표 14).

표 14. 체중분배율과 전·후 안정성 한계와의 상관관계

안정성 한계	r	p
전	-.370	.048
후	-.086	.658
전·후	-.356	.058

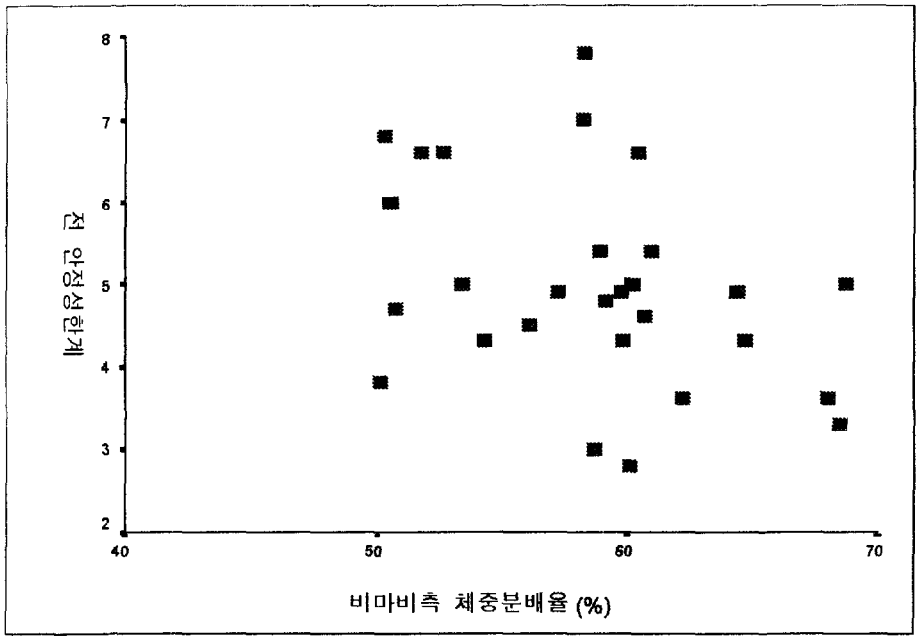

그림 4. 체중분배율와 전 안정성 한계의 산점도

10. 체중분배율과 좌·우 안정성 한계와의 상관관계

비마비측 하지로의 체중분배율과 좌·우 안정성 한계와의 상관관계를 보면, 좌 안정성 한계의 상관계수는 -.285로 약한 음적 선형관계를 이루어 통계학적으로 유의하지 않았고(p>.05), 우 안정성 한계의 상관계수도 -.283으로 약한 음적 선형관계를 이루어 통계학적으로 유의하지 않았다(p>.05). 그러나 좌·우 안정성 한계의 상관계수는 -.511로 뚜렷한 음적 선형관계를 이루어 통계학적으로 유의하였으며(p<.01) 상관관계가 있었다(표 15),(그림 5).

표 15. 체중분배율과 좌·우 안정성 한계와의 상관관계

안정성 한계	r	p
좌	-.285	.135
우	-.283	.137
좌·우	-.511	.005

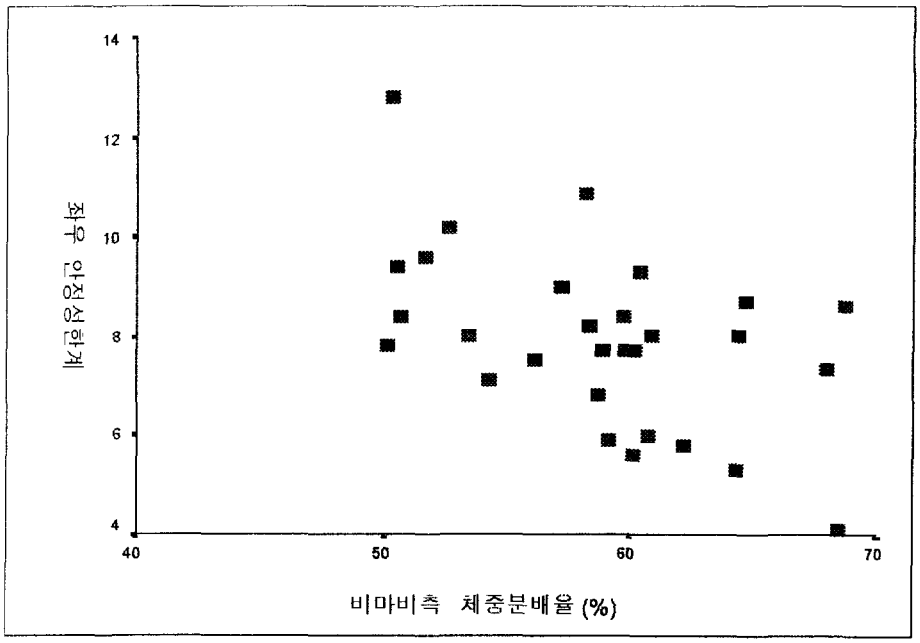

그림 5. 체중분배율과 좌우 안정성 한계의 산점도

Ⅳ. 고찰

균형은 다소 이중적인 용어로, 체중지지 자세에서 낙상 없이 그 자세를 유지하거나 또는 이동할 수 있는 능력이다. 균형은 부동성(steadiness)과 대칭성(symmetry) 및 동적 안정성(dynamic stability)의 세 가지 측면으로 세분화할 수 있으며, 부동성은 최소한의 동요로 주어진 자세를 유지할 수 있는 능력이고, 대칭성은 체중지지 요소(기립위에서 발, 좌위에서 엉덩이 등)간의 균등한 체중 분배를 기술하는 용어이다. 그리고 동적 안정성은 균형을 잃지 않고 주어진 자세내에서 움직일 수 있는 능력이다. 뇌졸중 이후에는 균형의 이들 세 가지 요소 모두가 방해를 받아서, 뇌졸중 후 이차적으로 편마비가 된 환자는 정적기립 동안 매우 큰 자세동요와 비마비측 하지로 더 많은 체중을 지지하는 비대칭성, 그리고 체중지지 자세에서 균형을 잃지 않고 이동할 수 있는 능력의 감소를 보인다. 또한 균형기능은 보행속도, 독립성, 외모 또는 옷 입기 동작과 의자차의 이동과 같은 일상생활 동작과도 상관성이 있다고 증명되어 왔다. 그래서 뇌졸중 환자의 물리치료에 있어서 균형기능의 재확립은 주요한 목표가 되고 있다(Nichols, 1997).

기립균형의 평가는 신경 손상을 받은 환자에 있어서 기립균형의 불안정 상태를 치료하기 위한 기본적인 사항으로, 특히 편마비 환자의 기립 균형 평가는 신체의 자세유지 능력 혹은 기립하고 있는 동안 외부의 도움을 받고 기립하고 있는지 또는 스스로 기립하고 있는지에 대한 질적인 평가가 이루어져야 한다(권혁철, 1989; Lee 등, 1988). 이는 편마비 환자의 독립보행 유무와 깊은 관계가 있기 때문이다(Hamrin 등, 1982).

재활과정에서 보행 능력의 달성은 주요한 목표가 되는데 그 이유는 기능적 독립성을 이루는데 보행이 중요한 항목이기 때문이다(Turnbull 등, 1995). Keenan 등(1984)은 보행능력이 균형감각과 높은 상관관계가 있음을 발견하였고, 다른 여러 연구에서도 기립균형이 보행 능력과 유의한 상관관계가 있음을 보고하였다(Bohannon, 1989; Bohannon과 Leary, 1995).

편마비 환자의 불안정한 기립 균형은 손상된 평형반응으로부터 나타난다. 대부분의 편마비 환자들은 불안정한 기립 자세를 보이며, 체중의 많은 부분을 손상 받지 않은 하지쪽에 지지한다(Dickstein 등, 1984). 이러한 비대칭성은 편마비 환자 물리치료의 중요한 목표인 보행과 높은 상관성을 나타내며, 보행회복에도 영향을 미치는 것으로 알려졌다(김종만, 1995; DiFabio와 Badke, 1990). 또한 편마비 환자의 과도한 신체 흔들림은 심리적으로 넘어질 것에 대한 두려움과 결합하여 환자의 기능적 활동을 제한하는 요인이다(Winstein 등, 1989).

균형은 감각을 통하여 신체의 움직임을 인지하고 중추신경계 안에서 입력된 정보를 통합시켜 근골격계를 적절하게 반응하는 복잡한 과정이다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995). 균형은 감각정보 통합, 신경계 처리, 생역학적 요인을 포함하는 복잡한 운동조절 작업으로(Duncan, 1989), 생역학적 요소 중의 하나가 안정성 한계이다. Holbein과 Chaffin (1997)은 자세 안정성에 관계된 질환들이 많이 있지만 안정성에 대한 이슈가 인체공학적 분석으로 언급된 적은 없다고 하였으며, 기립위에서 기능적 안정성 한계를 다양한 외적 부하와 발의 위치 상태에 따라 측정하였다. 그 결과 부하 없이 기립 시는 대상자들이 안정성 한계의 이론적 최대값의 99% 내에서 체중심을 연장할 수 있었지만, 손에 물건을 쥐고 있는 것과 같은 부하를 주었을 때는 체중심의 움직임이 좀더 제한적(89%)이며, 모든 변인들이 안정성 한계에 영향을 미쳤다고 하였다.

개인과 환경의 역학적 제한에 의해 결정되어 지는 안정성 한계내에 체중심을 유지시키는 것은 낙상과 그로 인한 이차적인 손상을 예방하기 위해 필수적이며, 따라서 그만큼 안

정성 한계의 개념도 중요하다고 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 편마비 환자들의 체중분배율과 안정성 한계의 정도를 측정하고 뇌손상 발생 원인별 및 뇌손상 후 수술 시행 유무와 체지 마비 부위에 따른 안정성 한계의 정도를 비교 분석하고 체중분배율과 안정성 한계와의 상관관계를 알아보고자 연구를 시행하였다.

본 연구에서 편마비 환자들의 비마비측 하지의 체중분배율은 58.71%였고, 이는 편마비 환자의 기립시 전체 체중의 50% 미만을 마비측 하지에 부하한다는 기존의 연구와 일치하였다. 또한 편마비 환자들의 비마비측 하지 체중분배율의 최대값이 68.70%, 최소값이 50.10%로 큰 편차를 보인 이유는 뇌졸중 환자들의 회복정도와 회복기간이 매우 다양하며(Wade 등, 1985), 편마비 환자의 균형 결함의 특정 요인을 결정한다는 것은 실제적으로 상당히 어렵고 이러한 기립균형에 영향을 주는 것은 신체의 기질적 요인, 인지능력, 생리학적 요인, 운동감각 요인 등이 복합적으로 작용(Keenan 등, 1984)하기 때문이라 사려된다. 그리고 30초간 정적 상태로 기립하고 있는 동안 체중심이 흔들린 거리인 동요거리의 평균은 375.24 ㎜이고, 체중심의 순간 최대속도는 64.55 ㎜/s로 신경학적으로 정상인 성인보다 크게 증가하였다. 이러한 비대칭적인 하지 체중부하율 분포와 과도한 신체의 흔들림은 기립 자세의 유지와 정상적인 운동 패턴의 확립을 방해하고 낙상의 최대 원인이 된다(노미혜 등, 1998).

Nashner(1990)는 정상 성인의 4인치 발을 벌린 기립자세에서 전·후 안정성 한계는 12° 이고, 좌·우 안정성 한계는 16° 라고 하였다. 또한 권오윤과 최홍식(1996)은 20대 연령의 정상 성인에서 4인치 양발을 벌린 기립자세에서 전·후 안정성 한계는 11.72° 이며, 좌·우 안정성 한계는 15.10° 라고 하였다. 본 연구에서 동일하게 4인치 벌린 양발 기립자세에서 편마비 환자들의 전·후 안정성 한계의 평균은 5.36° 였고, 좌·우 안정성 한계는 7.92° 로 크게 감소하였는데, 이는 뇌졸중 후 이차적으로 비복근의 경직으로 아킬레스건이 짧아져서 배측굴곡이 충분히 일어나지 않는 것과 같은 근골격계의 제한이 균형에 사용되는 운동 전략들을 한정시키고 안정성 한계를 감소시킨다는 기존의 연구(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995)와 일치하였다. 정상 자세조절은 변화하는 과제와 환경 요구에 적응하여 반응할 수 있는 능력을 요구하고 이런 유연성은 복합적 운동 전략의 사용과 과제와 환경에 알맞는 전략을 선택하는 능력을 필요로 하는데, 신경학적 장애를 가진 환자들은 변화하는 과제 요구에 운동을 수정할 수 없는 무능력으로 인해 전형적 운동 패턴에 고정되어 운동 유연성과 순응력 상실을 보임으로써 자세와 균형 조절에 어려움을 겪는다(Shumway-Cook 과 Woollacott, 1995).

Denes 등(1982)은 연구에서 뇌졸중 발병 6개월 후, 우측 편마비 환자가 더 많은 기능적 독립성과 더 빠른 운동성의 회복이 일어난다고 보고하였다. 그러나 뇌졸중 마비 부위에 따른 예후 차이에 대한 많은 연구 가운데, Andrews 등(1982)은 마비측 부위가 기능적 능력이나 회복의 속도에 영향을 미치지 않는다고 하였고, Mills와 DiGenio(1983)도 기능적 능력 회복에 마비측 부위에 따른 차이가 없다고 하였다. 그 밖의 많은 연구들에서도 마비측 부위에 따른 회복의 차이는 없다고 하였다(Gowland, 1982; Jimenez와 Morgan, 1979). 본 연구의 체지 마비 부위에 따른 전·후 안정성 한계의 비교에서, 전 안정성 한계는 우측 편마비 환자가 4.86° , 좌측 편마비 환자가 5.08° 였으며, 후 안정성 한계는 우측 편마비 환자가 .26° , 좌측 편마비 환자가 .49° 였다. 또한 전·후 안정성 한계는 우측 편마비 환자가 5.12° 이고 좌측 편마비 환자가 5.58° 로 전체적으로 통계학적 유의성은 없었지만, 우측 편마비 환자에서 전후 안정성 한계의 범위가 좌측 편마비 환자보다 다소 감소함을 알 수 있었다. 체지 마비 부위에 따른 좌·우 안정성 한계의 비교에서, 좌측 편

마비 환자들은 좌 안정성 한계가, 우측 편마비 환자들은 우 안정성 한계가 크게 감소하였고 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 이는 뇌졸중 발생 후 초기 단계에서 환자들은 편마비를 보상하기 위해 신체의 비마비측을 과활동시키는 경향이 있고, 이 단계 바로 이후부터는 마비측의 움직임을 지속적으로 억압(suppression)하는 "학습된 비사용 증후군(learned nonuse syndrome)"이라는 새로운 양상을 발달시키기 때문이다(Taub, 1980).

뇌손상 발생 원인에 따른 안정성 한계에서 뇌출혈로 인한 환자가 뇌경색으로 인한 환자보다 전·후 및 좌·우 안정성 한계가 감소하였고, 전·후 안정성 한계에서는 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 또한 뇌손상 이후 수술 시행 유무에 따른 안정성 한계에서 뇌수술을 시행한 환자가 시행하지 않은 환자보다 전·후 및 좌·우 안정성 한계에서 통계학적으로 유의한 차이를 보이며 크게 감소하였는데, 이는 본 연구의 대상자중 뇌수술을 시행한 환자 8명 전원이 뇌출혈로 인한 편마비 환자였기 때문이다.

체중분배율과 안정성 한계와의 상관관계에서 좌·우 안정성 한계는 통계학적으로 유의하였으며 높은 상관관계를 보였고, 전·후 안정성 한계에서는 통계학적 유의성은 없었지만 상관관계를 보였다.

편마비 환자의 재활에 있어서 가장 큰 초점은 마비측 하지에 부하를 증가시킴으로써 균형을 증진시키고 결과적으로 대칭적인 기립자세를 유도하는 것이다(Bobath, 1978; Brunnstrom, 1970; Carr 과 Shepherd, 1983; Shumway-Cook 등, 1988). 임상에서도 체중이동 훈련이 환자의 대칭적인 자세 유지와 보행에 효과가 있을 것이라는 가정 하에 이 훈련을 지속적으로 실시해 오고 있지만, 체중이동 능력의 증진이 보행능력 증진에 영향을 미치는가에 대한 연구 결과는 서로 일치하지 않고 있다(Winstein, 1990). 물론 이러한 견해 차이는 치료방법, 평가방법 등 연구 방법론적 차이 때문일 수도 있다(권오윤, 1999). 본 연구에서는 대칭적인 체중분배가 자세와 균형조절에 중요한 안정성 한계에 영향을 미친다는 사실을 알 수 있었다.

안정성 한계의 정확한 표시 또는 모델은 자세조절 회복에 필수적이며, 이것은 환자가 신경학적 병변에 기인한 장애에도 불구하고 새로운 안정성 한계내에 남아 있는 동안 새로운 감각과 운동 전략의 발달을 가능하게 한다(Montgomery와 Connolly, 1991). 그래서 병변 후 자세조절 회복과정은 자세조절과 관련된 신체 능력의 정확하고 새로운 표현의 발달을 포함한다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

자세와 균형조절의 문제는 인간의 일상생활에서 필수적이고 임상에서도 환자의 기능적이고 독립적인 재활을 위해 중요하다. 균형조절 기전이 근골격계 요소, 운동협응적 요소, 그리고 감각조직화 요소 등이 매우 복합적으로 상호작용하여 이루어지기 때문에 균형에 대한 평가도 이러한 요인들을 모두 고려한 접근이 필요하며 또한 그러한 평가 후에 균형조절을 제한하는 근본적인 원인을 찾아 이들 요소의 문제점을 해결해 나가는 방향으로 치료전략을 수립해야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 영남대학교의료원 재활의학과 및 대구가톨릭의료원 재활의학과에서 뇌경색, 뇌출혈 및 뇌외상으로 인하여 편마비라고 진단을 받고 입원 또는 외래 통원치료를 받는 환자 중 본 연구의 필요조건을 충족하는 편마비 환자 29명을 대상으로 Balance Perform-ance Monitor Dataprint Software Version 5.3을 이용하여 양측 하지에 실리는 체중분배율 및 안정성 한계를 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 뇌손상 발생 원인에 따른 전·후 안정성 한계의 비교에서, 뇌경색 환자의 전·후 안정성 한계와 뇌출혈 환자의 전·후 안정성

한계는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다 ($p<.01$).

2. 뇌손상 발생 원인에 따른 좌·우 안정성 한계의 비교에서, 뇌경색 환자의 좌·우 안정성 한계와 뇌출혈 환자의 좌·우 안정성 한계는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다 ($p>.05$).

3. 체지 마비 부위에 따른 전·후 안정성 한계의 비교에서, 우측 마비 환자의 전·후 안정성 한계와 좌측 마비 환자의 전·후 안정성 한계는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($p>.05$).

4. 체지 마비 부위에 따른 좌·우 안정성 한계의 비교에서, 우측 마비 환자의 좌·우 안정성 한계와 좌측 마비 환자의 좌·우 안정성 한계는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$).

5. 뇌손상 이후 수술 시행 유무에 따른 전·후 안정성 한계의 비교에서, 수술을 시행한 환자의 전·후 안정성 한계와 수술을 시행하지 않은 환자의 전·후 안정성 한계는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.01$).

6. 뇌손상 이후 수술 시행 유무에 따른 좌·우 안정성 한계의 비교에서, 수술을 시행한 환자의 좌·우 안정성 한계와 수술을 시행하지 않은 환자의 좌·우 안정성 한계는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$).

7. 비마비측 하지로의 체중분배율과 전·후 안정성 한계와의 상관관계를 보면, 상관계수가 -.356으로 뚜렷한 음적 선형관계를 이루어 상관관계가 있었다.

8. 비마비측 하지로의 체중분배율과 좌·우 안정성 한계와의 상관관계를 보면, 상관계수가 -.511로 뚜렷한 음적 선형관계를 이루어 통계학적으로 유의하였으며($p<.01$) 상관관계가 있었다.

이상과 같은 결과로 미루어 볼 때 편마비 환자의 균형수행력을 평가할 수 있는 안정성 한계의 범위는 뇌손상 발생 원인과 체지 마비 부위 및 뇌손상 이후 뇌수술 시행 유무에 따라 영향을 받을 수 있으며, 비마비측 하지로의 체중분배율 증가, 즉 비대칭적인 체중지지는 안정성 한계의 범위를 감소시킬 수 있다.

인용문헌

권오윤. 균형조절기전. 전국 물리치료학과 학생 학술 논집. 1999;9(1):65-87.

권오윤, 최홍식. 20대 연령에서 다양한 감각조건에 따른 안정성 한계의 비교. 대한물리치료사학회지. 1996;3(2):129-139.

권혁철. 독립보행이 가능한 편마비 환자의 하지체중지지 특성에 관한 고찰. 연세대학교 대학원 석사학위 논문. 1987.

권혁철. 편마비 환자의 기립 균형에 영향을 주는 요인에 관한 연구. 대한물리치료학회지. 1989;1(1):15-25.

김종만. 시각 및 청각 되먹임을 통한 하지 체중이동 훈련이 편마비 환자 보행 특성에 미치는 효과에 대한 연구. 연세대학교 대학원 석사학위 논문. 1995.

노미혜, 이충희, 조상현, 김태우. 편마비 환자의 환측 하지 체중부하율 향상을 위한 효과적인 외적 되먹임 빈도. 한국전문물리치료학회지. 1998;5(3):1-10.

이한숙, 최홍식, 권오윤. 균형조절 요인에 관한 고찰. 한국전문물리치료학회지. 1996;3(3):82-91.

Andrews K, Brocklehurst JC, Richards B, et al. Stroke: Does side matter? Rheumatol Rehabil. 1982;21:175-178.

Bobath B. Adult Hemiplegia: Evaluation and treatment. 2nd ed. London. Heinnemann. 1978.

Bohannon RW. Selected determinants of ambulatory capacity in patients with hemiplegia. Clin Rehabil. 1989;3:47-53.

Bohannon RW, Larkin PA. Lower extremity weight bearing under various standing conditions in independently ambulatory patients with hemiparesis. Phys Ther.

1985;65(9):1323-1325.

Bohannon, RW, Leary KM. Standing balance and function over the course of acute rehabilitation. Arch Phys Med Rehabil. 1995;76:994-996.

Brunnstrom S. Movement Therapy in Hemiplegia: Neurophysiological approach. New York: Harper & Row Publishers, 1970.

Carr JH, Shepherd RB. Investigation of a new motor assessment scale for stroke patients. Phys Ther. 1985;65(2):175-180.

Carr JH, Shepherd RB. Motor Relearning Programme for Stroke. Rockville: Aspen Publishers, 1983.

Cohen H, Blatchly CA, Gombash LL. A study of the clinical test of sensory interaction and balance. Phys Ther. 1993;73(6):346-354.

Dickstein R, Hecherman S, Pillar T. Platform training postural stability in hemiplegia. Arch Phys Med Rehabil. 1984;65:588-592.

Dickstein R, Pillar M. Foot-ground pressure pattern of standing hemiplegic patients: Major caracteristics and patterns of improvement. Phys Ther. 1984;64(1):19-23.

DiFabio RP, Badke MB. Extraneous movement associated with hemiplegic postural sway during dynamic goal-directed weight redistribution. Arch Phys Med Rehabil. 1990;71:365-371.

Duncan PT. Balance. Proceedings of the APTA Forum. 1989.

Geurts AC, Ribbers GM, Knoop JA. Identification of static and dynamic postural instability following traumatic brain injury. Arch Phys Med Rehabil. 1996;77:639-644.

Haas BM, Whitmarsh TE. Inter- and intra-tester reliability of the Balance Performance Monitor in a nonpatient population. Physiother Res Int. 1998;3(2):135-147.

Hamrin E, Eklund G, Hillgren AK, et al. Muscle strength and balance in post stroke patients. Ups J Med Sci. 1982; 87:11-26.

Hocherman S, Dickstein R, Pillar T. Platform training and postural stability in hemiplegia. Arch Phys Med Rehabil. 1984;65:588-592.

Holbein MA, Chaffin DB. Stability limits in extreme postures: Effects of load positioning, foot placement, and strength. Hum Factors. 1997;39(3):456-468.

Horak FB. Clinical measurement of postural control in adults. Phys Ther. 1987;67 (12):1881-1885.

Jimenez J, Morgan P. Predicting improvement in stroke patients referred for inpatient rehabilitation. Can Med Assoc J. 1979; 121:1481-1484.

Keenan MA, Perry J, Jordan C. Factors affecting balance and ambulation following stroke. Clin Orthop. 1984;182:165-171.

Lee WA, Deming L, Saghal V. Quantitative and clinical measures of static standing balance in hemiparetic and normal subjects. Phys Ther. 1988;68:970-976.

McCollum G, Leen T. The form and exportation of mechanical stability limits in erect stance. J Mot Behavior. 1989;21:225-238.

Mills VM, DiGenio M. Functional differences in patients with left or right cerebrovascular accidents. Phys Ther. 1983;63: 481-488.

Montgomery P, Connolly B. Motor Control

and Physical Therapy. Hixson: Chattanooga Group, 1991.

Nashner LM. Sensory, neuromuscular, and biomechanical contributions to human balance. Proceedings of the APTA Forum. APTA Publication, 1990.

Nichols DS. Balance retraining after stroke using force platform biofeedback. Phys Ther. 1997;77(5):553-558.

Nichols DS, Glenn TM, Hutchinson KJ. Changes in the mean center of balance during balance testing in young adults. Phys Ther. 1995;75(8):699-706.

Sackley CM, Baguley BI. Visual feedback after stroke with the balance performance monitor: Two single-case studies. Clin Rehabil. 1993;7:189-195.

Sackley CM, Baguley BI. Gent S, Hodgson P. The use of balance performance monitor and weight-transference in the treatment of weight-bearing problems after stroke. Physiother. 1992;78(12):907-913.

Shumway-Cook A, Anson D, Haller S. Postural sway biofeedback: Its effect on reestablishing stance stability in hemiplegic patients. Arch Phys Med Rehabil. 1988;69:395-400.

Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor Control: Theory and practical applications. Baltimore: Williams & Wilkins, 1995.

Taub E. Somatosensory Deafferentation Research With Monkeys: Implications for rehabilitation medicine. Baltimore: Williams & Wilkins, 1980.

Turnbull GI, Charteris J, Wall JC. A comparision of the range of walking speeds between normal and hemiplegic subjects. Scand J Rehabil Med. 1995;27:175-182.

Wade D, Wood V, Langton-Hewer R. Recovery after stroke: The first 3 months. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1985; 48:7-13.

Winstein CJ. Balance retraining: Does it transfer? Proceeding of the APTA Forum, APTA Publication, 1990.

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