

뇌졸중 환자의 정적, 동적 선자세 균형 대칭성과 보행 기능의 상관관계 연구

김 중 휘

대구가톨릭대학교 의료과학대학 물리치료학과

A Study on the Correlation between Static, Dynamic Standing Balance Symmetry and Walking Function in Stroke

Joong-Hwi Kim, PT, PhD

Department of Physical Therapy, Collage of Medical Science, Catholic University of Daegu

Purpose: The aim of the present study was to measure the standing balance symmetry of stroke patients using a force-plate with computer system, and to investigate the correlation between the standing balance symmetry and that of the walking function in stroke patients.

Methods: 48 patients with stroke (34 men, 14 women, 56.8 ± 11.72 years old) participated in this study. Static standing balance was evaluated by the weight distribution on the affected and the nonaffected lower limbs, sway path, sway velocity, and sway frequency, which reflected the characteristic of body sway in quiet standing. Dynamic standing balance was evaluated by anteroposterior and mediolateral sway angle, which revealed the limit of stability during voluntary weight displacement. Symmetry index of static standing balance, (SI-SSB) calculated by the ratio of the affected weight distribution for the nonaffected weight distribution, and symmetric index of dynamic standing balance (SI-DSB) by the ratio of the affected sway angle for the nonaffected sway angle. Functional balance assessed by a Berg balance scale (BBS), and the functional walking by 10m walking velocity, as well as the modified motor assessment scale (mMAS).

Results: Static balance scales and SI-SSB was the only correlation with BBS ($p < 0.05$). Dynamic balance scales and SI-DSB, not only was correlated with BBS, but also with 10m walking velocity and mMAS ($p < 0.01$). Additionally, there was a significant difference between SI-SSB and that of SI-DSB ($p < 0.01$).

Conclusion: The balance and the walking function relate to real life in the stroke showed strong relationships with the dynamic standing balance symmetry in the frontal plane and the ability of anterior voluntary weight displacement in sagittal plane.

Keywords: Stroke, Standing balance symmetry, Berg balance scale, Walking velocity

I. 서론

대부분의 뇌졸중으로 인한 편마비 환자들은 뇌졸중 이후 발생

하는 운동적, 감각적, 지각적, 인지적인 문제들로 인해 선자세 균형을 제어하는 데 있어 상당한 어려움 가지며, 균형 수행과 보행 수행 시 환측으로 체중을 옮기는 능력에 문제를 보인다. 이로 인해 뇌졸중 환자들은 기능적 활동과 일상생활을 영위하는데 상당한 불편과 어려움을 느낀다.¹

Nichols²는 선자세 균형의 기능은 선자세의 대칭성(symmetry), 부동성(steadiness), 동적 안정성(dynamic stability)이 상호 의존적으로 작용하는 과정이라고 하였으며, Nardone³은 대

Received March 16, 2012 Revised April 4, 2012

Accepted April 9, 2012

Corresponding author Joong-Hwi Kim, ibobath@hanmail.net

Copyright © 2012 by The Korean Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

칭성은 하지 간의 동일한 체중 분배이고, 부동성은 두 발 사이에 압력 중심을 유지한 상태에서 최소의 동요를 가지고 선택된 자세를 유지하는 능력이며, 동적 안정성은 외부의 흔들림에 대하여 자세 유지를 위하여 반응하거나 보행처럼 스스로 신체중심을 흔드는 과정에서 균형을 유지하는 능력으로 정의하였다. 또한 그들은 뇌졸중으로 인한 편마비가 있는 환자들은 이러한 모든 균형의 요소들이 비정상이며, 이들 중 한 가지라도 기능 소실이 발생하게 된다면 다른 모든 균형 기능에 영향을 미치게 된다고 하였다.

균형을 연구하거나 손상된 균형을 훈련시키기 위해 가장 대표적으로 사용되는 것은 컴퓨터시스템과 연결되어 신체 압력중심(center of pressure)의 정보를 수치화된 정보로 알려주고, 다양한 시각적, 청각적 피드백 장치와 연동하여 사용할 수 있는 힘판(force platform) 장비이다. 뇌졸중 환자를 대상으로 하는 균형에 관한 여러 연구들이 다양한 종류의 힘판 장비를 통해 이루어져왔으며, 이러한 힘판은 뇌졸중 환자가 가지는 균형 특성들을 분석하거나 피드백 장치와 연동하여 균형능력을 개선하기 위한 훈련 도구로 활용되어 왔다.⁴⁻¹⁰

뇌졸중 환자를 대상으로 하는 힘판 연구들 중 선자세 균형과 관련된 내용들은 기저면 내에서 신체의 중심을 고정하거나 유지하는 능력을 알아보기 위하여 선자세에서 의지적 또는 인위적인 흔들림을 제공하지 않는 상태에서의 이루어지는 정적 균형(quiet standing balance; static standing balance)과 인위적인 흔들림에 대해 반응하거나 의지적으로 움직일 때의 균형을 연구하는 동적 균형(dynamic standing balance)을 다루어 왔다. 그 결과 지금까지 밝혀진 뇌졸중 환자들의 정적 균형의 특성들은 마비측 하지의 체중부하 능력 감소로 인한 비대칭성, 정적 선자세를 유지하는 동안 자세 동요(postural sway)의 증가가 나타나며,^{4,8,10-13} 동적 균형의 특성들은 외부적 흔들림에 대한 지연되거나 손상된 평형반응,^{14,15} 선행적 자세조절의 손상(특히, 환측 하지),^{16,17} 비환측으로의 보상적 근활동,¹⁸⁻²⁰ 환측으로의 안정성 한계의 감소^{17,21-23} 등이 나타난다고 보고되었다.

하지만 뇌졸중 환자의 선자세 균형을 반영하는 신체 중심의 다양한 특성들에 대한 기존의 많은 연구들 중 뇌졸중 환자의 정적 선자세의 대칭성에 대한 다양한 연구들이 이루어져 왔지만 환측과 비환측의 동적 균형 능력의 차이를 반영하는 동적 선자세 균형의 대칭성이 실생활에 요구되는 기능적 균형 활동 및 보행 수행 능력과 어떠한 상관관계가 있는지에 관한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 컴퓨터 시스템이 연결된 힘판 장치를 이용하여 뇌졸중 환자의 선자세에서 신체중심이 나타내는 정적,

동적 균형의 특성 및 균형의 대칭성을 측정하고 이를 기능적 균형과 보행 능력을 반영하는 척도들과 비교하여 뇌졸중 환자의 정적 및 동적 균형의 대칭성과 기능적 균형과 보행 능력과의 상관관계의 특성들을 분석하는 데 그 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 뇌졸중으로 인한 편부전마비로 진단받고 대구시 소재 OO대학병원 및 OO재활병원에 입원해서 재활치료를 받고 있는 보행이 가능한 뇌졸중 환자 48명을 대상으로 하였다. 대상자 선정조건은 실내에서 30 m 이상 보행이 가능한 자, MMSE-K 24점 이상인 자, 하지에 정형외과적인 질환이 없는 자, 본 연구에 자발적으로 참여하기로 동의한 자로 정하였다. 대상자들의 일반적 특성은 남자 34명(70.8%), 여자 14명(29.2%)이며, 평균 나이는 56.8±11.7세이었다. 진단명은 뇌경색 27명(56.3%), 뇌출혈 21명(43.8%)이었고, 환측은 우측 편마비 28명(58.3%), 좌측 편마비 20명(41.7%)이었으며, 평균 유병 기간 15.71±11.6 개월이었다(Table 1).

2. 연구방법

1) 측정도구

(1) Balance performance monitor (BPM)

뇌졸중 환자의 선자세 균형의 중요한 변수가 되는 신체중심의 정적 및 동적 특성들에 관한 자료를 수집하기 위해 BPM (Dataprint software 5.3, SMS Healthcare Inc., 영국)을 이용하

Table 1. Demographics of the participants (n=48)

	Nor mean±SD	%
Sex		
Male	34	70.8
Female	14	29.2
Age, years	56.8±11.7	
Months after stroke	15.7±11.6	
Diagnosis		
Cerebral infarction	27	56.3
Cerebral hemorrhage	21	43.8
Side of hemiplegia		
Right	28	58.3
Left	20	41.7

였다.²⁴ BPM은 시각 및 청각 피드백을 제공하여 균형을 훈련하고 측정하기 위한 도구로 고안된 힘판 시스템이다. 선 자세 균형을 측정하기 위해 컴퓨터 센서가 내장된 두 개의 발판을 이용하였다. 두 개의 발판 위에는 발의 모양과 이마면(frontal plane)의 여러 선이 표시되어 있어 정확한 발의 위치를 잡을 수 있다. BPM은 신체중심의 분포와 동요각(sway angle), 동요거리(sway path), 동요속도(sway velocity), 동요주기(sway frequency) 등을 컴퓨터화된 측정과 계산을 통해 정확하게 제공해주어 균형을 위한 평가도구로써 많이 사용되고 있다.

(2) 기능적 균형

① Berg 균형척도(Berg balance scale, BBS)

균형에 대한 기능적 수행의 정도를 측정하기 위해 과제 수행을 통해 균형 조절 능력을 평가할 수 있는 Berg 균형척도(BBS)를 이용하였다.^{25,26} 항목들은 일상생활에서 자주 이용되는 동작들이 응용된 것으로 자세유지 능력, 자발적 운동조절 능력, 외부요인에 대한 반사 능력으로 구성되어 있다. 이 척도는 14개 과제로 구성되어 있고, 각 항목의 점수는 0점에서 4점까지 줄 수 있는 5점 척도로 되어 있고, 14개 항목에 대한 총합은 56점이며, 도움의 정도가 적고 독립적으로 과제를 수행할수록 높은 점수를 얻게 된다.

(3) 기능적 보행

① 10 m 보행 속도

기능적 보행의 수행 속도와 관련된 자료를 얻기 위해 여러 연구에서 신뢰도와 타당도가 검증된 10 m 보행 속도 검사를 사용하였다.²⁷ 10 m 보행 속도 검사는 14 m의 보행거리를 표시하고 처음 2 m를 가속구간으로, 마지막 2 m를 감속구간으로 정하고 이를 제외한 중간 10 m의 거리에 대해 초 시계로 측정된 자료에 대하여 속도를 구해 사용하였다.

② 수정된 운동평가척도(modified motor assessment scale, mMAS)

보행에 대한 기능적 수행 정도를 측정하기 위하여 뇌졸중 환자의 운동기능 평가에 신뢰도와 타당도가 검증된 motor assessment scale (MAS)을 사용하였다.²⁸ MAS는 운동기능과 관련된 8가지 항목과 근긴장도와 관련된 1가지 항목으로 총 9가지 항목으로 이루어진 평가 방법이다. 본 연구에서는 MAS의 9가지 항목들 중 보행 항목(walking item)만을 기능적 보행 수행을 위한 척도로 사용하였다. 보행 항목은 보행 수행에서 보조와 독립의 정도에 따라 0점에서 6점까지 7점 척도로 구성되어 있으며 독립적 보행을 할수록 높은 점수를 얻는다.

2) 연구절차

대상자 선정 기준에 부합하는 대상자를 선발하여 모집하고, 환자에 일반적 특성들을 얻기 위한 기초 평가들을 시행하였으며, 모든 대상자들에게 실험의 절차와 진행에 대하여 자세히 설명해주었다. 먼저 모든 대상자들의 기능적 균형척도인 BBS와 기능적 보행 척도인 10 m 보행 속도, mMAS를 측정하여 자료를 얻었다. 다음으로 뇌졸중 환자의 선자세 균형에 관한 정보를 얻기 위해 정적 선자세 균형과 동적 선자세 균형으로 나누어 측정하였다. 정적 선자세 균형은 Kim과 Kim²⁹의 연구와 동일하게 BPM의 피드백 장치를 사용하지 않고 발판 위에 4인치 너비로 올라서서 전방 1 m 앞에 눈높이 15° 지점에 부착된 직경 3 cm의 표시에 시선을 고정된 채로 편안하게 30초간 서 있는 자세를 유지하는 동안 환측 및 비환측 체중부하율(mean balance), 전후 동요각(AP-angle), 좌우 동요각(ML-angle), 동요거리(sway path), 최대동요속도(max velocity), 동요 주기(sway frequency)를 측정하였으며, 모두 3회씩 측정하여 구한 평균값을 정적 선자세 균형을 위한 자료로 사용하였다. 또한 정적 선자세 균형의 대칭성 지수(Symmetric index of static standing balance, SI-SSB)는 정적 균형 척도에서 얻어진 환측 체중부하율에 대한 비환측 체중부하율의 비율로 계산하여 자료를 얻었다(계산식 1).

$$\text{정적균형대칭성지수 (SI-SSB)} = \frac{\text{환측 체중부하율 (Weight distribution on affected side)}}{\text{비환측 체중부하율 (Weight distribution on nonaffected side)}}$$

동적 선자세 균형은 Kim과 Kim³⁰의 연구와 동일한 방법으로 정적 선자세와 동일한 자세에서 엉덩관절의 움직임을 만들지 않은 상태에서 환자 스스로 발목관절의 조절에 의해 움직일 수 있는 최대 전, 후, 좌, 우 쪽으로 움직이게 하여 측정된 전체 전후 동요각(total AP-angle), 전방 동요각(anterior angle), 후방 동요각(posterior angle), 전체 측방 동요각(total ML-angle), 환측 동요각(affected angle), 비환측 동요각(nonaffected angle)에 대한 자료들을 얻었으며, 모두 3회씩 측정하여 구한 평균값을 동적 선자세 균형을 위한 자료로 사용하였다. 또한 동적 선자세의 균형 대칭성 지수(Symmetric Index of Dynamic Standing Balance, SI-DSB)는 동적 균형 척도에서 얻어진 동요각 중 환측과 비환측으로 움직이게 하여 얻은 동요각에 대해 환측으로의 동요각(환측 동요각)에 대한 비환측으로의 동요각(비환측 동요각)의 비율로 계산하여 자료를 얻었다(계산식 2).

$$\text{동적균형대칭성지수 (SI-DSB)} = \frac{\text{환측 동요각 (Sway } \angle \text{ into affected side)}}{\text{비환측 동요각 (Sway } \angle \text{ into nonaffected side)}}$$

정하였다.

3) 자료 분석

연구대상자의 일반적인 특성 및 각 측정 변수의 평균, 표준 편차, 범위는 기술통계량을 이용해 분석하였다. 정적, 동적 대칭성 지수 및 균형 척도와 10 m 보행 속도 간의 상관관계는 Pearson’s correlation을 이용하여 분석하였고, 정적, 동적 대칭성 지수 및 균형 척도와 BBS, mMAS 간의 상관관계는 Spearman’s correlation을 이용하여 분석하였다. 또한 정적 균형 척도인 환측과 비환측 체중부하율, 동적 균형 척도인 환측 동요각과 비환측 동요각 및 SI-SSB와 SI-DSB의 차이 비교는 independent t-test를 이용하여 분석하였다. 모든 분석은 IBM SPSS statics 19를 사용하였고, 통계학적 유의수준 α 는 0.05로

III. 결과

1. 정적 균형척도, 동적 균형척도, 기능적 균형 및 보행척도들의 기술통계량

정적 균형을 반영하는 정적 균형척도들은 전후 동요각(AP-angle) $1.56 \pm 0.54^\circ$, 좌우 동요각(ML-angle) $1.29 \pm 1.12^\circ$, 동요거리(sway path) $307.00 \pm 155.33\text{mm}$, 최대동요속도(max velocity) $49.85 \pm 49.22\text{mm/s}$, 동요주기(sway frequency) $1.17 \pm 0.24\text{Hz}$ 를 나타냈다. 동적 균형을 반영하는 동적 균형척도들은 전체 전후 동요각(total AP-angle) $5.70 \pm 1.52^\circ$, 전방 동요각(anterior angle) $4.13 \pm 1.05^\circ$, 후방 동요각(posterior angle) $1.57 \pm 0.76^\circ$, 전체 측방 동요각(total ML-angle) $8.21 \pm 2.08^\circ$

Table 2. Clinical characteristics of the participants

	Mean±SD	Mini~max	Significance
Functional balance and walking			
BBS	47.62±5.08	34~56	
10 m walking velocity (m/min)	22.09±7.44	9.78~40.00	
Modified MAS	4.25±0.56	3~6	
Static standing balance			
AP-angle (degree)	1.56±0.54	0.7~3.2	
ML-angle (degree)	1.29±1.12	0.4~5.4	
Sway path (mm)	307.00±155.33	162~1121	
Max velocity (mm/sec)	49.85±49.22	22~334	
Sway frequency (Hz)	1.17±0.24	0.6~1.8	
Affected mean balance (%)	47.43±6.18	26.6~58.4	
Nonaffected mean balance (%)	52.57±6.18	41.6~73.4	t=-4.09, p<0.01
Dynamic standing balance			
Total AP-angle (degree)	5.70±1.52	3~10.3	
Ant-angle (degree)	4.13±1.05	2.5~7.5	
Post-angle (degree)	1.57±0.76	0.4~3.7	
Total ML-angle (degree)	8.21±2.08	1.9~11.6	
Affected angle (degree)	3.31±1.12	0.45~5.6	
Nonaffected angle (degree)	4.79±0.87	2.5~5.9	t=-7.24, p<0.01
SI-SSB (%)	92.58±20.83	36.23~140.42	
SI-DSB (%)	68.94±19.19	7.63~95.74	t=5.72, p<0.01

BBB: Berg balance scale, MAS: motor assessment scale, SI-SSB: symmetry index of static standing balance, SI-DSB: symmetry index of dynamic standing balance, AP: anteroposterior, ML: mediolateral.

를 나타냈다. 기능적 균형을 반영하는 Berg 균형척도(BBS)는 47.62 ± 5.08 점, 기능적 보행을 반영하는 10 m 보행 속도는 22.09 ± 7.44 m/min, 수정된 운동평가척도(mMAS)는 4.25 ± 0.56 점이었다. 정적 선자세 균형의 대칭성을 반영하는 정적 대칭성지수(SI-SSB)는 $92.58 \pm 20.83\%$ 이었고, 동적 선자세 균형의 대칭성을 반영하는 동적 대칭성지수(SI-DSB)는 $68.94 \pm 19.19\%$ 이었다(Table 2).

2. 환측 체중부하율과 비환측 체중부하율 비교

정적 균형 척도에서 환측 체중부하율(mean balance)은 평균 $47.43 \pm 6.18\%$, 비환측 체중부하율은 평균 $52.57 \pm 6.18\%$ 로 차

이 값은 5.14%이었으며 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.01$) (Table 2).

3. 환측 동요각과 비환측 동요각 비교

동적 균형 척도에서 환측 동요각(affected angle)은 평균 $3.31 \pm 1.12^\circ$, 비환측 동요각(nonaffected angle)은 평균 $4.79 \pm 0.87^\circ$ 로 차이 값은 1.48° 이었으며 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.01$) (Table 2).

4. 정적 균형 대칭성과 동적 균형 대칭성 비교

정적 균형을 반영하는 SI-SSB와 동적 균형을 반영

Table 3. Correlations between static standing balance and functional ability (balance and walking)

	SI-SSB	Mean balance	AP-angle	ML-angle	Sway path	Max velocity	Sway frequency
BBS [†]	0.26*	0.34*	-0.29*	-0.10	-0.36*	-0.34*	-0.18
10 m walking velocity [†]	-0.10	-0.16	0.08	-0.00	0.24	0.23	0.25
mMAS [†]	0.12	0.15	-0.15	-0.00	-0.27	-0.22	-0.36*

BBB: berg balance scale, mMAS: modified motor assessment scale, SI-SSB: symmetry index of static standing balance, AP: anteroposterior, ML: mediolateral.

* $p < 0.05$, [†] Spearman correlation coefficients, † Pearson correlation coefficients.

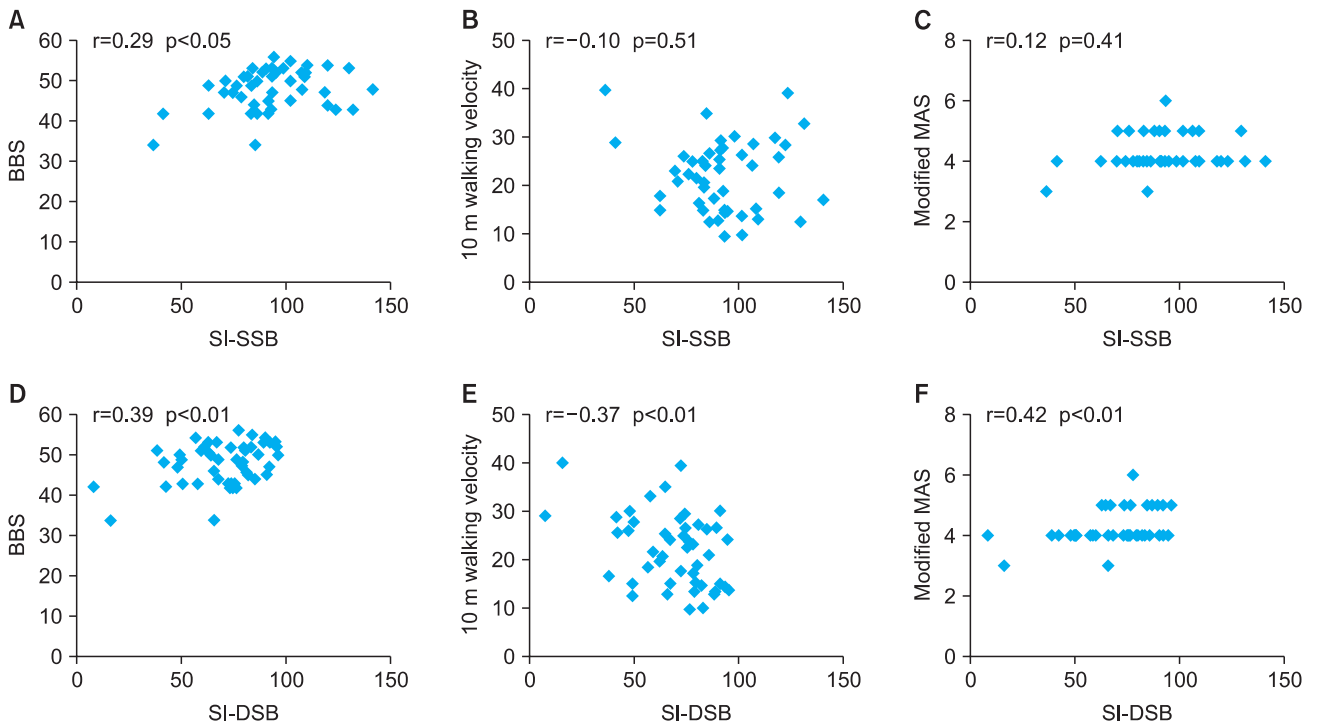


Figure 1. Correlation between standing balance symmetry (SI-SSB and SI-DSB) and functional ability (balance and walking). A, C, D, and F: Values of spearman correlation coefficient, B and E: Value of pearson correlation coefficient. BBB: Berg balance scale, MAS: motor assessment scale, SI-SSB: symmetry index of static standing balance, SI-DSB: symmetry index of dynamic standing balance.

Table 4. Correlations between dynamic standing balance and functional ability (balance and walking)

	SI-DSB	Total AP-angle	Anterior angle	Posterior angle	Total ML-angle	Affected angle	Nonaffected angle
BBS [†]	0.39**	0.31*	0.40**	0.07	0.37**	0.51**	0.41**
10 m walking velocity [†]	-0.37**	-0.20	-0.31*	0.02	-0.23	-0.34*	-0.13
mMAS [†]	0.42**	0.57**	0.51**	0.42**	0.43**	0.57**	0.44**

BBB: berg balance scale, mMAS: modified motor assessment scale, SI-DSB: symmetry index of dynamic standing balance, AP: anteroposterior, ML: mediolateral.

*p<0.05, **p<0.01, [†] Spearman correlation coefficients, [‡] Pearson correlation coefficients.

하는 SI-DSB 간의 비교에서 SI-SSB는 평균 92.58±20.83%, SI-DSB는 평균 68.94±19.19%로 차이 값은 23.64%이었으며 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다(p<0.01) (Table 2).

5. 정적 균형 척도와 기능적 균형 및 보행의 상관관계

기능적 균형 척도 BBS는 정적 균형 척도인 환측 체중부하율과 r=0.34 (p=0.02), 전후 동요각과 r=-0.29 (p=0.05), 동요거리와 r=-0.36 (p=0.01), 최대동요속도와 r=-0.34 (p=0.02)의 유의한 상관관계를 보였으며, 기능적 보행 척도mMAS는 동요주기에서 만 r=-0.36 (p=0.01)의 유의한 상관관계를 보였다. SI-SSB는 BBS에서 만 r=0.26 (p=0.05)의 유의한 상관관계를 보였다 (Table 3, Figure 1).

6. 동적 균형 척도와 기능적 균형 및 보행의 상관관계

기능적 균형 척도 BBS는 전체 전후 동요각과 r=0.31 (p=0.03), 전방 동요각과 r=0.40 (p=0.01), 전체 측방 동요각과 r=0.37 (p=0.01), 환측 동요각과 r=0.51 (p=0.00), 비환측 동요각과 r=0.41 (p=0.00)의 상관관계를 보였다. 기능적 보행 척도인 10 m 보행 속도는 전방 동요각과 r=-0.31 (p=0.03), 환측 동요각과 r=-0.34 (p=0.02)의 상관관계를 보였고, mMAS는 전체 전후 동요각과 r=0.56 (p=0.00), 전방 동요각과 r=0.51 (p=0.00), 후방 동요각과 r=0.42 (p=0.00), 전체 측방 동요각과 r=0.43 (p=0.00), 환측 동요각과 r=0.57 (p=0.00), 비환측 동요각과 r=0.44 (p=0.00)의 상관관계를 보였다. SI-DSB는 BBS와 r=0.39 (p=0.01), 10 m 보행 속도와 r=-0.37 (p=0.01), mMAS와 r=0.42 (p=0.00)로 모든 기능적 균형과 보행 척도들과 상관관계를 보였다 (Table 4, Figure 1).

IV. 고찰

뇌졸중 이후 균형 능력의 재확립은 뇌졸중 재활과정의 주된

목표이며, 균형능력의 회복은 뇌졸중 환자들의 삶의 질을 결정하는 주된 척도가 된다. 균형은 부동성, 대칭성, 안정성의 세 가지 측면으로 세분화되며, 각각의 세부 목적은 다르지만 다양한 환경 내에서 인체의 중심을 조절하고 이동 및 일상생활의 전반에 걸쳐 다양한 신체활동들을 영위할 수 있도록 해주는 안정성의 근거를 제공한다. 뇌졸중 이후 환자들은 균형의 세 가지 측면 모두에서 기능의 소실을 나타내는데, 정적인 선 자세에서 비대칭적인 체중 분배를 나타내거나 신체 중심을 유지하기 어려우며, 목적을 위해 신체 중심을 다양한 방향으로 이동하거나 불안정한 지면에 대해 신체중심을 유지하기 위해 요구되는 동적 선 자세 균형에 대해 상당한 어려움을 갖게 되어 질적인 삶을 영위하는데 상당한 어려움을 가진다.

Bohannon과 Larkin³¹은 두 다리로 흔들리지 않게 선 자세를 유지하는 것은 건강한 사람들에게는 쉬운 과제이지만, 많은 뇌졸중 환자들은 발병 이후 그러한 능력을 갖기까지 긴 시간의 재활과정이 요구될지도 모르며, 선 자세를 유지한다고 하여도 비환측 의존적인 비대칭적인 체중부하를 보이고, 이마면에서 커다란 자세동요를 나타낸다고 하였으며, 이러한 현상은 뇌졸중 이후 편부전마비의 불안정한 회복의 결과라고 하였다. 본 연구에서는 뇌졸중 환자의 환측 체중부하율 평균 47.43 ±6.18%에 비해 비환측 체중부하율이 평균 52.57±6.18%로 5.14% 컸으며, 환측과 비환측 체중부하율은 통계적으로도 유의한 차이가 나타나(p<0.01), 기존의 연구들^{4,8-10,13,30}에서 보고된 뇌졸중 환자의 환측 체중분배율이 25~43%를 나타냈다는 결과들과 마찬가지로 정적 선 자세에서 환측으로 감소된 체중부하율을 나타냈다. 또한 환측과 비환측 체중부하율의 대칭성을 반영하는 정적 대칭성 균형지수(SI-SSB)는 평균 92.58 ±20.83%로 100%를 넘지 않았지만 최소값 36.23%, 최대값 140.42%로 환자들 마다 개인차가 컸으며, 환자에 따라 100%가 넘는 환자들이 있었다. 균형 대칭성 지수가 100%를 넘는다는 것은 환측이 비환측보다 체중부하율이 높다는 것을 의미하

는데, 이는 힘판을 이용한 균형 측정은 뇌졸중 환자의 정적 선자세 균형에서는 비환측에 비해 환측 체중분배가 더 높게 나타나는 경우가 있다는 것을 의미한다.

Geurts 등³²은 고정되거나 움직이는 지지면 위에서 의지적으로 체중을 이동하고 각기 다양한 형태의 선자세 위치를 적응하는 능력은 안정적인 이동능력을 위한 필수조건이라고 하였으며, 뇌졸중 환자의 정상인에 비해서 선자세에서 다양한 방향으로의 최대 체중이동 능력이 떨어지는데 특히 환측 방향으로 더 떨어지며, 이마면에서 체중 이동 시 환측 방향으로의 속도가 느리고 부정확하거나 적은 진폭을 나타낸다고 하였다. Cameron 등³³은 앉은 자세에서 선자세로 이동하는 동안 운동 에너지 감소와 속도의 증가와 함께 비환측의 체중부하율이 훨씬 큰 체중부하의 비대칭성을 나타낸다고 하였다. 본 연구에서는 뇌졸중 환자의 선자세에서 의지적으로 체중을 다양한 방향으로 움직이게 하여 각 범위의 동요각을 측정하여 의지적 체중 이동 능력을 분석하였는데 환측 동요각 평균 $3.31 \pm 1.12^\circ$ 에 비해 비환측 동요각이 평균 $4.79 \pm 0.87^\circ$ 로 1.48° 컸으며, 통계학적 비교에서도 유의한 차이가 있는 것으로 확인되어($p < 0.01$), Kim과 Kim³⁰의 연구에서 뇌졸중 환자의 환측 동요각은 $1.98 \sim 3.02^\circ$, 비환측 동요각은 $4.24 \sim 4.55^\circ$ 를 보였다는 결과와 마찬가지로 환측 방향으로 의지적 체중이동 능력이 떨어지는 것으로 나타났다. 환측과 비환측으로의 의지적 체중이동 능력의 대칭성을 반영하는 SI-DSB는 평균 $68.94 \pm 19.19\%$ 이었고, 최소 7.63%에서 최대 95.74%를 나타냈으며 SI-DSB와 SI-SSB 사이에 비교에서도 통계학적으로 유의한 차이가 나타났다($p < 0.01$). 이는 정적 균형과는 다르게 동적 균형에서는 모든 환자들이 비환측에 비해 환측으로의 체중 이동 능력이 현저히 낮다는 것을 의미한다. 이러한 결과는 실제로 뇌졸중 환자는 비환측에 비해 환측이 낮은 신경근 활동을 나타내지만 정적 선자세 균형에서는 환자에 따라 환측 체중부하율이 비환측에 비해 높게 측정되었던 이유는 힘판을 이용한 정적 선자세 균형 측정시 선자세 유지를 위한 체감각적, 시공간적, 역학적 보상작용을 정확하게 반영할 수 없었기 때문이라 생각되며, 반면 동적 선자세 균형시 다양한 보상작용이 있음에도 불구하고 환측과 비환측 하지의 신경근 활동이 의미 있게 반영되었기 때문이라고 생각한다.

여러 연구들은 뇌졸중 환자의 균형 능력은 일상생활 및 보행 능력에 다양한 상관관계가 있다고 밝히고 있다.³⁴⁻³⁸ 본 연구에서 정적 균형 척도들은 기능적 균형의 척도 BBS와 환측 체중 분배율 $r = 0.34$ ($p = 0.02$), SI-SSB $r = 0.29$ ($p = 0.05$)로 상관관계를 보였지만, 기능적 보행 척도인 10 m 보행 속도와 mMAS

와는 상관관계를 보이지 않았다. 이러한 결과는 정적 선자세 균형의 목적인 부동성과 대칭성이 뇌졸중 환자의 기능적 균형 능력에는 관련되지만 뇌졸중 환자의 기능적 보행과 보행의 속도와는 상관성이 없다는 것을 확인해 주었다. 또한 동적 균형 척도들은 후방 동요각을 제외하고 기능적 균형 척도인 BBS와 측방 동요각 $r = 0.373$ ($p = 0.009$), 환측 동요각 $r = 0.51$ ($p = 0.00$), 비환측 동요각 $r = 0.41$ ($p = 0.00$), 전후 동요각 $r = 0.31$ ($p = 0.03$), 전방 동요각 $r = 0.40$ ($p = 0.01$), SI-DSB $r = 0.39$ ($p = 0.01$)로 대부분 유의한 상관관계를 보였다. 이는 뇌졸중 환자는 이마면에서 이루어지는 모든 동요각의 범위가 클수록, 시상면에서 이루어지는 전후 동요각 중 전방 동요각이 범위가 클수록 기능적 균형능력이 좋다는 것을 나타낸다. 여러 연구들^{12-14,39,40}에서 이마면에서의 측방 균형 능력이 뇌졸중의 기능적 균형과 관련이 있다고 보고되었으나, 본 연구에서 시상면에서의 전방 균형 능력 또한 기능적 균형과 밀접한 상관관계가 있음을 확인시켜 주었다. 또한 동적 균형 척도들은 기능적 보행 척도인 10 m 보행 속도와 전방 동요각 $r = -0.31$ ($p = 0.03$), 환측 동요각 $r = -0.34$ ($p = 0.02$), SI-DSB $r = -0.37$ ($p = 0.01$)로 유의한 상관관계를 보였고, mMAS와 모든 동적 균형지수들($p < 0.05$)에서 상관관계를 보였다. 이는 뇌졸중 환자의 동적 균형 능력은 정적 균형 능력과 다르게 기능적 균형 능력뿐만 아니라 보행의 속도 및 기능과 밀접한 상관관계가 있음을 나타내며, 보행의 속도는 의지적 체중 이동시 환측으로 이동 범위가 클수록, 전방으로 동요각이 적을수록 보행속도가 빠르다는 것을 의미한다. 하지만 보행 속도와 관련된 전방 동요각의 크기가 환측 하지의 능력을 반영하였는지에 대하여 확인 할 수 없었다. 이를 통해 뇌졸중 환자의 일상생활을 위한 자세조절 능력과 보행 능력을 반영하는 척도는 정적 균형 능력보다 이마면과 시상면으로의 의지적인 체중이동 능력이 보다 타당한 척도라고 생각한다.

따라서 뇌졸중 환자의 기능적 균형과 보행능력을 향상시키기 위하여 재활훈련과정에서 환측 및 전방으로의 의지적 체중 이동 능력을 개선시키기 위한 노력이 중요하다고 판단되며, 환측과 비환측의 동적 체중이동 능력의 차이를 반영하는 SI-DSB는 뇌졸중 환자의 기능적 균형과 보행 능력의 예후를 측정하기 위한 효과적인 척도가 될 수 있다고 판단된다.

본 연구에서 뇌졸중 환자의 동적 균형 능력을 측정하기 위한 척도로 환측과 비환측으로 의지적 체중 이동 시 측정된 동요각의 양적 특성만을 사용하였으며, 체중 이동 시 나타나는 하지 신경근 활동의 질적 특성들에 대하여 측정하지 못했다는 제한점이 있다. 추후 연구에서는 뇌졸중 환자의 동적 균형 측정시 근전도 장비를 이용한 신경근 활동의 대칭성을 확인해야

할 필요가 있으며, 또한 실제 보행에서 환측과 비환측의 입각 기 대칭성이 기능적 균형 및 보행 능력과 어떠한 상관관계가 있는지 확인할 필요가 있다.

Author Contributions

Research design: Kim JH

Acquisition of data: Kim JH

Analysis and interpretation of data: Kim JH

Drafting of the manuscript: Kim JH

Administrative, technical, and material support: Kim JH

Research supervision: Kim JH

Acknowledgements

본 연구는 2011학년도 대구가톨릭대학교 연구비지원에 의한 것임.

참고문헌

1. Hochstenbach J, Donders R, Mulder T et al. Long-term outcome after stroke: a disability-orientated approach. *International Journal of Rehabilitation Research*. 1996; 19(3):189-200.
2. Nichols DS. Balance retraining after stroke using force platform biofeedback. *Phys Ther*. 1997;77(5):553-8.
3. Nardone A, Godi M, Artuso A et al. Balance rehabilitation by moving platform and exercises in patients with neuropathy or vestibular deficit. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010;91(12):1869-77.
4. Yu E, Abe M, Masani K et al. Evaluation of postural control in quiet standing using center of mass acceleration: comparison among the young, the elderly, and people with stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008;89(6):1133-9.
5. Mansfield A, Danells CJ, Inness E et al. Between-limb synchronization for control of standing balance in individuals with stroke. *Clin Biomech*. 2011;26(3):312-7.
6. Januário F, Campos I, Amaral C. Rehabilitation of postural stability in ataxic/hemiplegic patients after stroke. *Disability & Rehabilitation*. 2010;32(21):1775-9.
7. Srivastava A, Taly AB, Gupta A et al. Post-stroke balance training: role of force platform with visual feedback technique. *J Neurol Sci*. 2009;287(1-2):89-93.
8. Carver T, Nadeau S, Leroux A. Relation between physical exertion and postural stability in hemiparetic participants secondary to stroke. *Gait Posture*. 2011;33(4):615-9.
9. Sackley CM. The relationships between weight-bearing asymmetry after stroke, motor function and activities of daily living. *Physiotherapy theory and Practice*. 1990;6(4):179-85.
10. Rode G, Tiliket C, Boisson D. Predominance of postural imbalance in left hemiparetic patients. *Scand J Rehabil Med*. 1997;29(1):11-6.
11. Manor B, Hu K, Zhao P et al. Altered control of postural sway following cerebral infarction: a cross-sectional analysis. *Neurology*. 2010;74(6):458-64.
12. Nardone A, Godi M, Grasso M et al. Stabilometry is a predictor of gait performance in chronic hemiparetic stroke patients. *Gait Posture*. 2009;30(1):5-10.
13. Caldwell C, Macdonald D, Macneil K et al. Symmetry of weight distribution in normals and stroke patients using digital weigh scales. *Physiotherapy Theory and Practice*. 1986;2(3):109-16.
14. Dickstein R, Dvir Z, Ben Jehosua E et al. Automatic and voluntary lateral weight shifts in rehabilitation of hemiparetic patients. *Clin Rehabil*. 1994;8(2):91-9.
15. Lee WA, Deming L, Sahgal V. Quantitative and clinical measures of static standing balance in hemiparetic and normal subjects. *Phys Ther*. 1988;68(6):970-6.
16. de Oliveira CB, De Medeiros I, Frota N et al. Balance control in hemiparetic stroke patients: Main tools for evaluation. *J Rehabil Res Dev*. 2008;45(8):1215-26.
17. Ikai T, Kamikubo T, Takehara I et al. Dynamic postural control in patients with hemiparesis. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2003;82(6):463-9.
18. Mansfield A, Danells CJ, Inness E et al. Between-limb synchronization for control of standing balance in individuals with stroke. *Clin Biomech*. 2011;26(3):312-7.
19. Ibuki A, Bach T, Rogers D et al. The effect of tone-reducing orthotic devices on soleus muscle reflex excitability while standing in patients with spasticity following stroke. *Prosthet Orthot Int*. 2010;34(1):46-57.
20. Di Fabio RP, Badke MB. Influence of cerebrovascular accident on elongated and passively shortened muscle responses after forward sway. *Phys Ther*. 1988;68(8):1215-20.
21. Cheng JS, Yang YR, Cheng SJ et al. Effects of combining electric stimulation with active ankle dorsiflexion while standing on a rocker board: A pilot study for subjects with spastic foot after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010;91(4):505-12.
22. Chern JS, Lo CY, Wu CY et al. Dynamic postural control during trunk bending and reaching in healthy adults and stroke patients. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2010;89(3):186-97.
23. Garland SJ, Stevenson TJ, Ivanova T. Postural responses to unilateral arm perturbation in young, elderly, and hemiplegic subjects. *Arch Phys Med Rehabil*. 1997;78(10):1072-7.
24. Sackley C, Baguley B. Visual feedback after stroke with the balance performance monitor: two single-case studies. *Clin Rehabil*. 1993;7(3):189-95.
25. Lee DJ, Kim SY, Song CH. The Correlations between the balance test, functional movement, visual perception test and functional independent measure in stroke patients. *J Kor Soc Phys Ther*. 2009; 21(2):39-45.
26. Smith PS, Hembree JA, Thompson ME. Berg balance scale and functional reach: determining the best clinical tool for individuals post acute stroke. *Clin Rehabil*. 2004;18(7):811-8.

27. Dean CM, Richards CL, Malouin F. Walking speed over 10 metres overestimates locomotor capacity after stroke. *Clin Rehabil.* 2001; 15(4):415-21.
28. Loewen SC, Anderson BA. Predictors of stroke outcome using objective measurement scales. *Stroke.* 1990;21(1):78-81.
29. Kim JH, Kim CS. Effects of plastic AFO and shoes on static standing balance in hemiplegic patients. *J Kor Soc Phys Ther.* 2001;13(2): 381-97.
30. Kim JH, Kim CS. Effects of virtual reality program on standing balance in chronic stroke patients. *J Kor Soc Phys Ther.* 2005;17(3): 351-67.
31. Bohannon RW, Larkin PA. Lower extremity weight bearing under various standing conditions in independently ambulatory patients with hemiparesis. *Phys Ther.* 1985;65(9):1323-5.
32. Geurts AC, de Haart M, van Nes IJ et al. A review of standing balance recovery from stroke. *Gait Posture.* 2005;22(3):267-81.
33. Cameron D, Bohannon RW, Garrett GE et al. Physical impairments related to kinetic energy during sit-to-stand and curb-climbing following stroke. *Clin Biomech.* 2003;18(4):332-40.
34. Desrosiers J, Noreau L, Rochette A et al. Predictors of handicap situations following post-stroke rehabilitation. *Disability & Rehabilitation.* 2002;24(15):774-85.
35. Forster A, Young J. Incidence and consequences of falls due to stroke: a systematic inquiry. *BMJ.* 1995;311(6997):83-6.
36. Nyberg L, Gustafson Y. Patient falls in stroke rehabilitation: a challenge to rehabilitation strategies. *Stroke.* 1995;26(5):838-42.
37. Robinson CA, Shumway-Cook A, Ciol MA et al. Participation in community walking following stroke: subjective versus objective measures and the impact of personal factors. *Phys Ther.* 2011;91(12):1865-76.
38. Pollock C, Eng J, Garland S. Clinical measurement of walking balance in people post stroke: a systematic review. *Clin Rehabil.* 2011;25(8):693-708.
39. Kim HW, Kim SM, Park RJ. The effects of task-oriented functional training on standing balance in stroke patients. *J Kor Soc Phys Ther.* 2003;15(4):923-36.
40. Di Fabio RP, Badke MB, McEvoy A et al. Kinematic properties of voluntary postural sway in patients with unilateral primary hemispheric lesions. *Brain Res.* 1990;513(2):248-54.