

뇌졸중 환자의 보행 대칭성과 기능적 균형 및 보행과의 상관관계 연구

김중휘

대구가톨릭대학교 의료과학대학 물리치료학과

Relationship Between Gait Symmetry and Functional Balance, Walking Performance in Subjects with Stroke

Joong-Hwi Kim

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

Purpose: The aim of the present study was to understand the relationship between gait symmetry and functional balance, walking performance in stroke patients and to makes recommendation regarding the most suitable measure for standardization of expression of spatiotemporal gait symmetry.

Methods: 45 subjects with stroke (31 men, 14 women, 57.3 ± 10.3 years old) participated in this study. Gait symmetry was calculated by equations of symmetry ratio (SR) and symmetry criterion (SC) for stance time, swing time, single leg support time (SLST), step length, and stride length. Spatiotemporal parameters were measured respectively by walkway system (GAITRite™ system). Limit of stability (LOS) by using forceplate (Balance Performance Monitor) during voluntary weight displacement and Berg Balance Scale (BBS) were measured as functional balance and Timed Up and Go test (TUG) and Functional Ambulation Category (FAC) were assessed as functional walking.

Results: SR in stance time and swing time was correlation with BBS, TUG and FAC ($p < 0.05$). SR in SLST only with BBS ($p < 0.01$), SR in step length only with FAC ($p < 0.05$). SC in stance time was correlation with BBS and TUG ($p < 0.05$). SC in swing time and SLST with BBS, TUG and FAC ($p < 0.01$), SC in step length with TUG and FAC ($p < 0.01$), SC in stride length with BBS and FAC ($p < 0.01$).

Conclusion: Gait symmetry in spatiotemporal gait parameters provides meaningful information about functional balance and walking performance in stroke subjects. Our analysis may support the recommendations of the symmetry criterion as equation for standardization of gait symmetry.

Key Words: Stroke, Gait symmetry, Balance, Walking performance

1. 서론

뇌졸중은 이동 능력, 일상생활동작, 의사소통 및 인지능력을 포함해 일상생활의 전반에 걸쳐 문제를 가져오는 대표적인 신

경학적 질환이다. 그 중 보행능력의 손상은 뇌졸중 환자의 기능적 장애를 결정하는 가장 중요한 원인이 되며, 뇌졸중 발병 이후 보행 기능의 향상을 위한 노력은 재활과정에서 모든 뇌졸중 환자들의 중요한 목표가 된다.

보행능력의 손상이 있는 뇌졸중 환자들에게 보행 속도(velocity)는 보행 기능을 반영하는 중요한 지표가 되며, 뇌졸중 이후 보행 속도의 향상은 기능회복을 위한 중요한 목표로 인식되고 있다.¹⁻⁴ 그러나 보행 속도가 뇌졸중 환자의 보행 수행 능력을 반영하는 필수적 지표이기는 하지만 뇌졸중 재활 프로그램의 목적 달성과 예후 결정을 위한 유일한 목표라고

Received Feb 6, 2014 Revised Feb 14, 2014

Accepted Feb 6, 2014

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

Copyright © 2014 The Korea Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute 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.

할 수는 없다. Kim 과 Eng⁵은 정상 보행은 시간적, 공간적으로 대칭성(symmetry)을 가지며, 양쪽 하지 사이의 수직력(vertical force)과 시간적 변수들에서의 차이가 6%미만 정도라고 하였고, Patterson 등⁶은 만성 뇌졸중 환자들의 55.5%정도에서 보행시 현저한 비대칭성을 나타낸다고 하였다. 여러 연구들에서 보행의 비대칭성은 뇌졸중 환자의 중요한 특징으로 보고되고 있으며, 보행 조절능력을 결정하는 중요한 기준이 된다고 보고되고 있다.^{7,8} 따라서 보행 속도의 향상과 더불어 하지 체중분배의 대칭성과 보행하는 과정에서 하지 사이의 체중이동 능력의 대칭성은 뇌졸중 재활의 중요한 목표가 되고 있다.^{5,9,10}

보행의 대칭성은 뇌졸중 환자의 기능을 반영하는 지표로서 중요한 의미를 가진다. 뇌졸중 환자에서 보행의 비대칭성은 보행의 시공간적 변수들과 생역학적 측정 모두에서 나타나며¹¹⁻¹⁴, 보행의 비대칭성은 보행의 비효율성, 균형 조절의 어려움, 비환측의 근골격계 손상, 환측의 골밀도의 감소와 같은 직접적이고 간접적인 부정 결과들과 관련되어 있기 때문에 임상적으로 중요한 지표가 된다.^{6,15} 이러한 잠재적인 중요성에도 불구하고, 기존 연구들에서 뇌졸중 환자의 보행 변수들에 대한 대칭성을 구하기 위한 계산식은 일반화되어 있지 않으며 대칭성 측정을 위한 보행 변수들의 가치도 다양하게 평가되어 왔다. 여러 연구들에서 보행의 대칭성을 측정하기 위해 사용된 방법들은 주로 보행의 생체역학적 특성을 반영하는 운동형상학적 분석과 운동역학적 분석을 사용하였으며, 주로 보행의 시공간적 변수의 특성에 대한 대칭성을 연구하였다.^{5,16} Patterson 등⁶은 대부분의 뇌졸중 환자들은 보행의 시간적 변수들과 공간적 변수들에서 비대칭성이 현저하게 나타나며, 그 중 흔들기 시간(swing time)의 비대칭성은 하지와 발의 운동 회복과 관련되어 있다고 하였다. Balasubramanian 등¹⁷은 뇌졸중 환자들 중 심한 편마비가 있는 환자들 일수록 환측의 한발짝 길이(step length)가 비환측에 비해 크다고 하였으며 공간적 변수의 비대칭성은 보행 추진력 생성과 관련되어 있다고 하였다. Balasubramanian 등¹⁸은 보행 변수들의 시공간적 비대칭성의 크기는 뇌졸중 이후 보행 수행 능력을 평가하기 위한 양적 지표가 될 수 있다고 하였다.

여러 연구들에서 뇌졸중 이후 보행의 시공간적 변수들에 대한 대칭성을 반영할 수 있는 계산식들이 다양하게 사용되어 오고 있지만¹⁹⁻²¹, 아직까지 보행 변수들에 대한 대칭성을 양적으로 표현할 수 있는 계산식은 일반화되어 있지 않은 실정이다. 따라서 본 연구는 기존 연구들에서 뇌졸중 환자의

시공간적 보행 변수들에 대하여 대칭성을 반영하기 위해 사용되어온 대칭성 비율(symmetry ratio)과 본 연구에서 보행 대칭성을 값을 얻기 위해 고안한 대칭성 기준(symmetry criterion)에 대하여 뇌졸중 환자의 기능적 균형과 보행 능력을 반영하는 측정도구들과 상관관계 비교를 통해 뇌졸중 환자의 보행 대칭성을 평가하기 위한 새로운 접근법을 제시하고 이러한 대칭성 지수가 뇌졸중 환자의 균형과 보행 능력을 반영하는 척도로서의 어떠한 가치를 가지는 지에 대하여 규명하는 데 그 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상

대상자들은 대구 소재 OO재활병원에 입원하여 재활을 위한 치료를 받는 뇌졸중 환자 45명이었다. 대상자 선정 조건은 뇌졸중이 처음 발생하였고 뇌졸중 발병기간이 3개월 이상 된 자, MMSE-K 24점 이상인 자, 실내에서 30 m 이상 보행이 가능한 자, 하지에 정형외과적 질환이 없는 자, 본 연구에 자발적으로 참여하기를 동의한 자로 정하였다. 대상자들의 일반적 특성은 남자 31명(68.9%), 여자 14명(31.3%), 평균나이 57.3±10.3세이었다. 뇌졸중 유형은 뇌경색 26명(57.8%), 뇌출혈 19명(42.2%)이었고, 마비측 유형은 우측 편마비 25명(55.6%), 좌측 편마비 20명(44.4%)이었으며, 평균 유병기간은 16.8±9.4개월이었다 (Table 1).

2. 실험방법

1) 측정도구

(1) 보행측정 도구

뇌졸중 환자의 보행과정에서 디딤기(stance phase)와 흔들기(swing phase)에 관한 시공간적 변수들을 측정하기 위하여 뇌졸중환자를 대상으로 타당도와 신뢰도가 검증된 GAITRite™ system(CIR System Inc, USA)을 사용하였다.²¹ GAITRite는 폭 61 cm, 길이 366 cm의 통로(walkway)로 구성되어있으며, 통로에는 압력을 감지하는 센터가 부착되어 있어 그 위를 걸어가는 대상자들의 시공간적 보행 특성을 컴퓨터화된 분석으로 정확하게 측정할 수 있다. 본 연구에서는 GAITRite를 통해 얻은 시간적 보행 변수인 디딤기 시간(stance time), 흔들기 시간(swing time) 및 한다리지지기 시간(single leg support time)과 공간적 보행 변수인 한발짝 길이(step length)와 한걸음 길이(stride length)를 보행의 대칭성을 위한 변수들로 사용하였다.

Table 1. Demographics of the participants (n=45)

	N or mean ± SD	%
Sex		
Male	31	68.9
Female	14	31.1
Age, years	57.3 ± 10.3	
Months after stroke	16.8 ± 9.4	
Diagnosis		
Cerebral infarction	26	57.8
Cerebral hemorrhage	19	42.2
Side of hemiplegia		
Right	25	55.6
Left	20	44.4

(2) 보행 대칭성(gait symmetry)

Kim²²은 뇌졸중 환자의 균형의 대칭성을 구하기 위하여 비환측에 대한 환측의 균형 변수들의 비율값을 사용하였는데, 이는 1에 가까울수록 대칭성이 좋다는 것을 의미하며, 1미만일 경우 비환측이 우세하고 1이상이면 환측이 우세한 비대칭성을 표현한다. Patterson 등²⁰은 기존 연구들에서 뇌졸중 환자의 보행 대칭성 연구를 위해 사용한 다양한 대칭성 계산식 들 중에서 비환측 보행 변수에 대한 환측 보행 변수의 비율값을 통해 얻은 대칭성 비율(symmetry ratio)이 보행의 시공간적 변수의 대칭성을 가장 잘 반영하는 계산식이라고 하였다. 기존 연구에서 균형과 보행의 대칭성을 평가하기 위해 비환측에 대한 환측의 비율값을 주로 사용하고 있지만 대칭성의 관점에서 환측 또는 비환측으로 우세한 다양한 경우가 발생할 수 있고, 이로 인해 대칭성 값이 상쇄되어 보행의 대칭성을 반영하는 대표값으로 활용하는데 어려움이 있으며, 이를 통해 얻은 대칭성 값의 민감도가 떨어질 수 있다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 환측 및 비환측의 우세와 상관없이 대칭성을 반영할 수 있는 계산식을 고안하여 이를 대칭성 기준(symmetry criterion)이라 하였고 이를 이용해 뇌졸중 환자의 시공간적 보행 변수에 대한 대칭성 값을 구하였다. 본 연구에서 사용된 계산식의 특성은 환측과 비환측이 대칭이 될수록 1에 가까워지며 환측과 비환측에 관계없이 비대칭성이 커질수록 1보다 작아지는 특성을 갖는다.

$$\text{Symmetry ratio (SR)} = \frac{\text{Gait parameter of affected side}}{\text{Gait parameter of nonaffected side}}$$

Symmetry criterion (SC) =

$$1 - \left| \frac{\text{Gait parameter of affected side}}{\text{Gait parameter of nonaffected side}} - 1 \right|$$

(3) 기능적 균형

① 안정성 한계(limit of stability, LOS)

뇌졸중 환자의 선 자세에서의 동적 균형을 측정하기 위하여 BPM (Dataprint software 5.3, SMS Healthcare Inc., UK)을 이용하여 안정성 한계를 구하였다. BPM은 신체중심의 분포와 동요각, 동요거리, 동요속도 및 동요주기 등을 컴퓨터화 된 측정과 계산을 통하여 제공해주는 시스템으로 뇌졸중 환자들의 균형을 측정하기 위한 도구로 널리 사용되고 있다.^{8,22,23} 본 연구에서는 Kim²²의 연구와 동일한 방법으로 선 자세에서 엉덩관절의 움직임을 사용하지 않고 환자 스스로 좌우로 움직일 수 있는 환측과 비환측의 동요각(sway angle)의 범위를 얻어 안정성 한계를 나타내는 값으로 사용하였다.

② Berg 균형 척도(Berg balance scale, BBS)

균형에 대한 기능적 수행의 정도를 측정하기 위하여 과제 수행을 통해 균형 조절 능력을 평가할 수 있는 BBS의 총점을 이용하였다. BBS는 뇌졸중 환자를 대상으로 한 높은 신뢰도와 타당도를 가진 기능적 균형 검사도구로서 자세유지능력, 자발적 운동조절 능력, 외부요인에 대한 반사능력에 대한 균형을 평가한다.²⁴ 14개의 과제로 구성되며 각 항목당 0점에서 4점까지 줄 수 있는 5점 척도이며 총 56점 만점이다. 도움의 정도가 적고 높은 수준의 균형과제를 수행할수록 높은 점수를

연계 된다.

(4) 기능적 보행

① 일어나 걸어가기 검사(timed up and go test, TUG)

TUG 검사는 균형과 운동성을 빠르게 측정할 수 있는 검사 방법으로 뇌졸중 환자를 대상으로 동적 균형 및 기능적 보행을 위한 신뢰도와 타당도가 검증된 검사방법이다.²⁵ 이 검사는 팔걸이가 있는 의자에 앉은 상태에서 시작하여 일어나서 3 m거리를 걸어서 다시 되돌아와 의자에 앉기까지 소요되는 시간을 측정하는 방법으로 의자에서 앉고 일어서는 동적 균형과제와 6 m를 걷는 보행과제 그리고 보행과정에서 180°의 방향을 전환해야 하는 과제로 구성된 뇌졸중 환자의 기능적 균형과 보행 능력을 측정하기 위한 의미 있는 측정 도구이며, 본 연구에서는 이 검사가 보행과정에서 방향전환 과제의 특성이 있기 때문에 기능적 보행을 위한 변수로 사용하였다.

② 기능적 보행 범주(functional ambulatory category, FAC)

FAC는 6점 척도로서 뇌졸중 환자의 보행을 도움의 정도 및 자립성에 따라 빠르고 쉽게 평가할 수 있는 신뢰도와 타당도가 검증된 효율적인 검사방법이다.²⁶ 기능적 보행 검사를 위하여 15m의 통로와 몇 개의 계단이 요구된다.

3. 연구 절차

본 연구에 선정 기준에 부합하는 대상자들 중 자발적으로 연구에 참여하기로 동의한 대상자를 선발하여 모집하고, 환자의 일반적 특성들을 얻기 위한 기초평가들을 시행하였다. 모든 대상자들에게 실험의 절차와 진행에 대해 자세히 설명 해주었다. 먼저 모든 대상자들의 기능적 균형척도인 BBS와 보행척도인 FAC와 TUG를 검사하였고, LOS를 측정하기 위해 BPM을 이용해 선자세에서 발목 관절에서의 동작만을 이용해 스스로 움직일 수 있는 환측과 비환측으로의 동요각의 범위를 측정하였다. 기능적 균형과 보행을 위한 측정은 순서효과를 배제하기 위해 몇 일의 간격을 두고 무작위 순으로 진행하였다. 뇌졸중 환자의 보행 특성은 GAITRite를 사용하였으며, 매트로 이루어진 통로에 적응할 수 있도록 몇 회 연습한 뒤 가장 편안한 속도로 통로를 3회 보행하여 얻어진 디딤기와 흔들기의 시공간적 보행변수들의 평균값을 사용하였다. 이 때 얻어진 환측과 비환측의 디딤기 시간(stance time), 흔들기 시간(swing time) 그리고 한다리지지기 시간(single support time)에 대한 시간적 보행 변

수들과 한발짝 길이(step length) 그리고 한걸음 길이(stride length)에 대한 공간적 보행 변수들에 대하여 대칭성 비율(symmetry ratio)과 대칭성 기준(symmetry criterion)를 통하여 각 보행 변수들에 대한 대칭성을 구하였으며, 이들에 대하여 기능적 균형과 보행 척도들과의 상관성을 분석하였다.

4. 자료분석

연구 대상자의 일반적인 특성 및 각 측정 변수의 평균, 표준편차는 기술통계량을 이용해 분석하였다. 보행의 시공간적 변수들에 대한 대칭성 값들과 기능적 균형 척도인 BBS와의 상관관계는 스피어만 상관관계(Spearman correlation coefficient)를 이용하여 분석하였으며, LOS, TUG, 그리고 FAC와의 상관관계는 피어슨 상관관계(Pearson correlation coefficient)를 이용하여 분석하였다. 연구를 위한 통계분석 프로그램은 SPSS 19.0을 사용하였고 통계학적 유의수준 α 는 0.05 정하였다.

III. 결과

1. 보행 변수, 대칭성 지수, 기능적 균형지수 및 기능적 보행지수들의 기술통계량

뇌졸중 환자의 보행 주기 중 시간적 특성을 반영하는 디딤기 시간(stance time)은 환측 1.03 ± 0.25 sec, 비환측 1.30 ± 0.37 sec이었고, 디딤기 시간의 대칭성 비율(symmetry ratio)은 0.82 ± 0.16 , 대칭성 기준(symmetry criterion)은 0.79 ± 0.13 이었다. 흔들기 시간(swing time)은 환측 0.75 ± 0.23 sec, 비환측 0.51 ± 0.13 sec이었고, 대칭성 비율은 1.57 ± 0.70 , 대칭성 기준은 0.38 ± 0.65 이었다. 한다리지지기 시간(single limb support time)은 환측 0.50 ± 0.13 sec, 비환측 0.74 ± 0.24 sec이었고, 대칭성 비율은 0.75 ± 0.29 , 대칭성 기준은 0.68 ± 0.21 이었다. 보행 주기 중 공간적 특성을 반영하는 한발짝 길이(step length)는 환측 32.88 ± 7.55 cm, 비환측 31.96 ± 7.61 cm이었고, 대칭성 비율은 1.06 ± 0.23 , 대칭성 기준은 0.86 ± 0.19 이었다. 한걸음 길이(stride length)는 환측 65.01 ± 13.51 cm, 비환측 65.43 ± 14.20 cm이었고, 대칭성 비율은 0.10 ± 0.05 , 대칭성 기준은 0.96 ± 0.04 이었다. 기능적 균형을 나타내는 변수인 안정성 한계(limit of stability)는 $8.13 \pm 1.37^\circ$ 이었고, Berg 균형 척도(BBS)는 46.45 ± 4.76 점이었다. 기능적 보행을 나타내는 변수

Table 2. Clinical characteristics of the participants

	Affected value	Nonaffected value	Symmetry ratio (SR)	Symmetry index (SC)
Gait parameter				
Stance time (sec)	1.03 ± 0.25	1.30 ± 0.37	0.82 ± 0.16	0.79 ± 0.13
Swing time (sec)	0.75 ± 0.23	0.51 ± 0.13	1.57 ± 0.70	0.38 ± 0.65
SLST (sec)	0.50 ± 0.13	0.74 ± 0.24	0.75 ± 0.29	0.68 ± 0.21
Step length (cm)	32.88 ± 7.55	31.96 ± 7.61	1.06 ± 0.23	0.86 ± 0.19
Stride length (cm)	65.01 ± 13.51	65.43 ± 14.20	0.10 ± 0.05	0.96 ± 0.04
Functional balance				
LOS (degree)		8.13 ± 1.37		
BBS (0-56)		46.45 ± 4.76		
Functional walking				
TUG (sec)		23.25 ± 8.43		
FAC (point)		4.02 ± 0.76		

Values are mean ± standard deviation, SLST: Single leg support time, LOS: Limit of stability, BBS: Berg balance scale, TUG: Timed UP and Go test, FAC: Functional ambulatory category

Table 3. Correlation between symmetry ratios of spatiotemporal gait parameter and variables of functional balance and walking

	LOS	BBS	TUG	FAC
SR-stance time	0.03	0.49 †	-0.29*	0.31*
SR-swing time	0.06	-0.33*	-0.31*	-0.42 †
SR-SLST	-0.09	0.41 †	-0.22	0.28
SR-step length	-0.08	0.14	0.09	-0.36*
SR-stride length	-0.05	-0.26	0.18	-0.24

Values are mean ± standard deviation, SR: Symmetry ratio, SLST: Single leg support time, LOS: Limit of stability, BBS: Berg balance scale, TUG: Timed UP and Go test, FAC: Functional ambulatory category, *p<0.05, † p<0.01.

인 일어나 걸어가기 검사(TUG)는 23.25±8.43 sec이었고, 기능적 보행 범주(FAC)는 4.02±0.76점이었다(Table 2).

2. 시공간적 보행 변수들의 대칭성 비율(symmetry ratio)과 기능적 균형 및 보행 변수들 간의 상관관계

시간적 보행 변수의 대칭성의 특성을 반영하는 디딤기 시간의 대칭성 비율(SR-stance time)은 기능적 균형을 반영하는 BBS와 r=0.49 (p<0.01), 기능적 보행을 반영하는 TUG와 r=-0.29 (p<0.05), FAC와 r=0.31 (p<0.05)로 통계학적으로 유의한 상관관계를 나타냈고, 흔들기 시간의 대칭성 비율(SR-swing time)은 기능적 균형을 반영하는 BBS와 r=-0.33 (p<0.05), 기능적 보행을 반영하는 TUG와 r=-0.31 (p<0.05), FAC와 r=-0.42 (p<0.01)로 유의한 상관관계를 나타냈다. 또한 한다리지지기 시간의 대칭성 지수(SR-SLST)는 BBS와 r=0.41

(p<0.01)로 유의한 상관관계를 나타냈다. 공간적 보행 변수의 대칭성 특성을 반영하는 한발짝 길이의 대칭성 비율(SR-step length)은 FAC와 r=-0.36 (p<0.05)의 유의한 상관관계를 나타냈고, 한걸음 길이의 대칭성 지수(SR-stride length)는 모든 기능적 균형 및 보행 변수들과 유의한 상관관계가 없었다(Table 3).

3. 시공간적 보행 변수들의 대칭성 기준(symmetry criterion)과 기능적 균형 및 보행 변수들 간의 상관관계

시간적 보행 변수의 대칭성의 특성을 반영하는 디딤기 시간의 대칭성 기준(SC-stance time)은 기능적 균형을 반영하는 BBS와 r=0.43 (p<0.01), 기능적 보행을 반영하는 TUG와 r=-0.33 (p<0.05)로 통계학적으로 유의한 상관관계를 나타냈고, 흔들기 시간의 대칭성 기준(SC-swing time)은 기능적 균형을

Table 4. Correlation between symmetry criterion of spatiotemporal gait parameter and variables of functional balance and walking

	LOS	BBS	TUG	FAC
SC-stance time	0.03	0.45 †	-0.33*	0.21
SC-swing time	0.01	0.43 †	-0.39 †	0.47 †
SC-SLST	0.01	0.48 †	-0.46 †	0.45 †
SC-step length	0.06	0.16	-0.38 †	0.50 †
SC-stride length	-0.08	0.37 †	-0.25	0.40 †

Values are mean ± standard deviation, SC: Symmetry criterion, SLST: Single leg support time, LOS: Limit of stability, BBS: Berg balance scale, TUG: Timed UP and Go test, FAC: Functional ambulatory category, *p<0.05, † p<0.01.

반영하는 BBS와 $r=0.47$ ($p<0.01$), 기능적 보행을 반영하는 TUG와 $r=-0.39$ ($p<0.01$), FAC와 $r=0.47$ ($p<0.01$)로 유의한 상관관계를 나타냈다. 또한 한다리지지기 시간의 대칭성 기준(SC-SLST)는 BBS와 $r=0.48$ ($p<0.01$), TUG와 $r=-0.46$ ($p<0.01$), FAC와 $r=0.45$ ($p<0.01$)의 유의한 상관관계를 나타냈다. 공간적 보행 변수의 대칭성 특성을 반영하는 한 발짝 길이의 대칭성 기준(SC-step length)는 TUG와 $r=-0.38$ ($p<0.01$), FAC와 $r=0.50$ ($p<0.01$)의 유의한 상관관계를 나타냈고, 한걸음 길이의 대칭성 기준(SC-stride length)는 BBS와 $r=0.37$ ($p<0.01$), FAC와 $r=0.40$ ($p<0.01$)의 유의한 상관관계를 나타냈다(Table 4).

IV. 고찰

본 연구는 뇌졸중 환자의 보행 대칭성을 계산하기 위한 기존 연구에서 주로 사용되었던 대칭성 비율(symmetry ratio)과 본 연구에서 새로운 보행 대칭성을 계산하기 위해 제시한 대칭성 기준(symmetry criterion)을 사용하여 얻은 보행 변수들의 대칭성 값들을 기능적 균형과 보행 능력 평가를 위한 척도들과의 상관관계 비교를 통해 보행 대칭성의 새로운 기준을 제시하고자 하였다.

뇌졸중 이후 보행 대칭성의 회복은 보행 속도의 회복과 함께 중요한 재활의 목표가 되고 있다.²⁷ 여러 연구에서 뇌졸중 환자의 보행 변수들에 대한 대칭성을 분석하기 위하여 다양한 계산식들이 사용되어 왔으며, 그 중 대칭성 비율은 뇌졸중 환자의 보행 대칭성을 가장 잘 반영하는 표준화된 계산식으로 받아들여지고 있다.²⁰ 대칭성 비율은 비환측 보행 변수에 대한 환측 보행 변수의 비율로 계산하는데 대칭성 비율 값이 1보다 작을수록 비대칭성이 증가하며 1에 가까울수록 대칭성이 좋다는 것을 의미한다. 대칭성 비율을 이용하여 뇌졸중 환자의 보행 대칭성을 연구한

Balasubramanian 등¹⁷은 뇌졸중 환자의 보행 변수들 중 한발짝 길이(step length)의 대칭성 비율은 환측 하지의 추진력을 평가할 수 있는 중요한 임상적 지표라고 하였으며, Brandstater 등²⁷은 흔들기 시간(swing time)의 대칭성 비율은 반대쪽 하지의 한다리지지기 시간(single leg support time)과 동시 고려되어야 하며, 환측 하지로 한다리 지지를 하는 보행 과정에서 대칭성을 위협하는 상황이 발생하기 때문에 중요한 보행 지표가 된다고 하였고, Patterson 등²⁰은 흔들기 시간의 비대칭성은 환측가 흔들기를 위한 빠른 힘 생성과 흔들기의 발을 바닥에 놓는데 긴 시간이 걸리는 것을 반영하고, 디딤기 시간의 비대칭성은 균형 조절의 문제로 인해 환측 디딤기 시간이 짧아지는 것을 반영한다고 하였으며, 보행의 대칭성 비율은 보행의 속도와 음의 상관관계가 있다고 하였다. 하지만 뇌졸중 환자의 보행 비대칭성의 일반적 특성은 보행의 디딤기 시간과 한다리 지지기 시간에서 비환측이 환측에 비해 높은 값을 나타내며, 흔들기 시간에서 환측이 비환측에 비해 높은 값을 나타내기 때문에 기존 연구에서 뇌졸중 보행의 대칭성을 구하기 위해 주로 사용해온 대칭성 비율은 보행의 대칭성이라는 측면에서 의미에 혼란을 줄 수 있다는 단점을 가진다. 본 연구에서는 뇌졸중 환자 보행 대칭성의 관점에서 보행의 시간적 및 공간적 변수들에서 환측과 비환측에 상관없이 대칭성을 반영하는 대칭성 계산식을 고안하여 대칭성 기준(symmetry criterion)이라 명하고, 대칭성 비율과 함께 보행 변수들에 대한 대칭성을 구해 뇌졸중 환자의 기능적 균형 및 보행과의 상관관계를 분석하여 봄으로서 뇌졸중 환자의 보행 대칭성을 표현하기 위한 지표로서 활용 가치가 있는지를 알아보았다. 본 연구에서 뇌졸중 환자의 시간적 보행 변수인 디딤기 시간, 한다리지지기 시간, 흔들기 시간에서의 대칭성 비율의 대칭성은 BBS, TUG, FAC와 일부 상관관계를 나타냈고($p<0.05$), 한발짝 길이에서의 대칭성과는 FAC에서만 상관관계를 나타냈다($p<0.01$). 이러한 결과들은

대칭성 비율이 뇌졸중 환자의 대칭성을 반영하고 기능적 특성 등과 의미 있는 상관성을 반영하는 중요한 척도로서 가치를 가진다는 기존 연구들의 결과들과 일치한다. 본 연구에서 뇌졸중 환자의 보행 대칭성을 표현하기 위해 제시한 대칭성 기준을 통해 보행 변수들의 대칭성을 구하고 기능적 균형 및 보행 척도들과 비교한 결과 디딤기 시간, 흔들기 시간, 한다리지지기 시간 및 한발짝 길이의 대칭성이 BBS, TUG, FAC의 값들에서 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났다 ($p < 0.01$). 본 연구 결과 대칭성 기준은 디딤기 시간의 대칭성 비율과 BBS와의 상관관계를 제외한 대부분의 기능적 균형 및 보행 변수들에서 대칭성 비율에 비해 높은 상관 관계를 보였다. Balasubramanian 등¹⁷은 뇌졸중 환자의 한발짝 길이의 대칭성은 보행을 하는 동안 추진력의 발생 정도를 가늠할 수 있는 정보가 된다고 하였는데, 뇌졸중 환자에서 환측의 추진력이 적을 수록 환측의 한발짝 길이는 상대적으로 증가하고 이는 한발짝 길이의 비대칭성 증가와 관련 있다고 하였다. Patterson 등⁶은 뇌졸중 환자의 보행 과정에서 시간적 변수들은 상당한 비대칭성을 보이며, 시간적 변수들의 비대칭성은 하지와 발의 회복을 반영하는 중요한 기준이 된다고 하였다. 또한 보행 비대칭성에 의한 제어 능력의 손상과 보다 빠르게 보행할 수 있는 능력 사이에 잠재적 관련성이 있다고 주장하였다. Roth 등²⁸은 시간적 대칭성은 보행의 속도와는 상관관계가 없다고 하였지만, Balasubramanian 등¹⁷은 기능이 좋지 않은 뇌졸중 환자들일 수록 한발짝 길이의 대칭성은 스스로 선택한 보행 속력과 높은 상관성을 갖는다고 하였다. 기존의 연구들이 보행 변수들의 대칭성을 평가하기 위해 주로 대칭성 비율을 사용하여 왔지만 뇌졸중 환자의 보행을 비환측에 대한 환측의 비율로 대칭성을 계산했을 때 뇌졸중 환자의 보행 특성상 환측에 비해 비환측의 값이 주로 높게 측정되는 디딤기 시간과 한발지지기 시간에 대한 대칭성 값과 환측에 비해 비환측의 값이 주로 낮게 측정되는 흔들기 시간과 한발짝 길이에 대한 대칭성 값에 차이가 발생할 수 있다는 문제점이 있다. 본 연구에서 대칭성을 평가하기 위해 사용한 계산식의 특징은 환측과 비환측 변수의 값이 동일할 때, 즉 완전한 대칭을 이루었을 때 1이 최대값으로 정해지며 뇌졸중 환자의 비환측이 우세한 디딤기 특성과 환측이 우세한 흔들기 특성에 관계없이 대칭성에서 벗어날수록 1보다 적은 값을 갖게 된다는 특징이 있다. 본 연구 결과에서 증명하듯 본 연구에서 제시한 보행의 시공간적 변수에 대한 대칭성 기준값들이 대칭성 비율 값들에 비해 뇌졸중 환자의 기능적 균

형과 보행과 상대적으로 높은 상관관계를 나타낸다는 것이 확인되었으며 이러한 결과는 뇌졸중 환자의 대칭성을 평가하기 위한 새로운 계산식으로서의 가치를 가진다고 할 수 있다. 본 연구는 뇌졸중 환자의 시공간적 보행 변수들에 대한 대칭성과 보행의 생역학적 특성들을 비교하지 못했으며, 본 연구에서 제시한 대칭성 기준과 기존 여러 연구에서 사용된 다양한 대칭성 지수들과의 비교가 선행되지 못했다는 제한점을 가진다. 결론적으로, 뇌졸중 환자의 보행에서 시간적 보행 변수인 디딤기 시간, 흔들기 시간 및 한다리지지기 시간의 대칭성과 공간적 보행 변수인 한발짝 길이 및 한걸음 길이의 대칭성은 뇌졸중 환자의 기능적 균형과 보행에 중요한 영향을 미치는 요인이 된다. 또한, 보행 대칭성을 구하기 위하여 본 연구에서 사용한 대칭성 계산식은 뇌졸중 환자의 보행 변수들에 대한 대칭성을 표현하기 위한 의미 있는 방법으로 제시될 수 있을 것이며, 추후 뇌졸중 환자의 보행 능력 회복에 대한 예후의 평가에서 대칭성 회복에 대한 의미 있는 기준으로 활용될 수 있을 것이라 판단된다.

Acknowledgements

본 연구는 2012학년도 대구가톨릭대학교 연구비지원에 의한 것임.

참고문헌

1. Clark DJ, Patten C. Eccentric versus concentric resistance training to enhance neuromuscular activation and walking speed following stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2013;27(4):335-44.
2. Chang J, Lee S, Lee M et al. The correlations between gait speed and muscle activation or foot pressure in stroke patients. *J Kor Soc Phys Ther*. 2009;21(3):47-52.
3. Macko RF, Ivey FM, Forrester LW et al. Treadmill exercise rehabilitation improves ambulatory function and cardiovascular fitness in patients with chronic stroke a randomized, controlled trial. *Stroke*. 2005;36(10):2206-11.
4. Flansbjerg U, Holmbäck AM, Downham D et al. Reliability of gait performance tests in men and women with hemiparesis after stroke. *Journal of rehabilitation medicine: official journal of the UEMS European Board of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2005;37(2):75-82.
5. Kim CM, Eng JJ. Symmetry in vertical ground reaction force is accompanied by symmetry in temporal but not distance variables of gait in persons with stroke. *Gait*

- Posture, 2003;18(1):23–8.
6. Patterson KK, Parafianowicz I, Danells CJ et al. Gait asymmetry in community-ambulating stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008;89(2):304–10.
 7. Kim J, Park J. Concurrent validity between figure-of-8 walking test and functional tests included tasks for dynamic balance and walking in patient with stroke. *J Korean Soc Phys Ther*. 2012;24(5):325–33.
 8. Kim J, Park E. Balance self-efficacy in relation to balance and activities of daily living in community residents with stroke. *Disability & Rehabilitation*, 2013(0):1–5.
 9. Bohannon R. Gait performance of hemiparetic stroke patients: Selected variables. *Arch Phys Med Rehabil*. 1987;68(11):777–81.
 10. Jung J, Kim J. Correlation between bilateral reciprocal leg press test and the balance in chronic stroke patient. *J Korean Soc Phys Ther*. 2013;25(4):180–6.
 11. Shin H, Noh D. The effects of initiation side on gait symmetry in the stroke patients. *J Korean Soc Phys Ther*. 2013;25(6):399–404.
 12. Oken O, Yavuzer G. Spatio-temporal and kinematic asymmetry ratio in subgroups of patients with stroke. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2008;44(2):127–32.
 13. Griffin M, Olney S, McBride I. Role of symmetry in gait performance of stroke subjects with hemiplegia. *Gait Posture*. 1995;3(3):132–42.
 14. Kim C, Choi S, Shin W. EMG study for muscle activation during variable gait training in stroke patients: Stepper climbing, stair-up and level-ground gait. *J Korean Soc Phys Ther*. 2013;25(6):393–8.
 15. Jørgensen L, Crabtree N, Reeve J et al. Ambulatory level and asymmetrical weight bearing after stroke affects bone loss in the upper and lower part of the femoral neck differently: Bone adaptation after decreased mechanical loading. *Bone*. 2000;27(5):701–7.
 16. Hodt-Billington C, Helbostad JL, Moe-Nilssen R. Should trunk movement or footfall parameters quantify gait asymmetry in chronic stroke patients? *Gait Posture*. 2008;27(4):552–8.
 17. Balasubramanian CK, Bowden MG, Neptune RR et al. Relationship between step length asymmetry and walking performance in subjects with chronic hemiparesis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88(1):43–9.
 18. Balasubramanian CK, Neptune RR, Kautz SA. Variability in spatiotemporal step characteristics and its relationship to walking performance post-stroke. *Gait Posture*. 2009;29(3):408–14.
 19. Lewek MD, Bradley CE, Wutzke CJ et al. The relationship between spatiotemporal gait asymmetry and balance in individuals with chronic stroke. *Journal of applied biomechanics*. 2013.
 20. Patterson KK, Gage WH, Brooks D et al. Evaluation of gait symmetry after stroke: A comparison of current methods and recommendations for standardization. *Gait Posture*. 2010;31(2):241–6.
 21. Peters DM, Middleton A, Donley JW et al. Concurrent validity of walking speed values calculated via the GAITRite electronic walkway and 3 meter walk test in the chronic stroke population. *Physiotherapy theory and practice*. 2013(0):1–6.
 22. Kim J. A study on the correlation between static, dynamic standing balance symmetry and walking function in stroke. *J Kor Soc Phys Ther*. 2012;24(2):73–81.
 23. Haas BM, Burden AM. Validity of weight distribution and sway measurements of the balance performance monitor. *Physiotherapy research international*. 2000;5(1):19–32.
 24. Straube D, Moore J, Leech K et al. Item analysis of the berg balance scale in individuals with subacute and chronic stroke. *Topics in stroke rehabilitation*. 2013;20(3):241–9.
 25. Ng SS, Hui-Chan CW. The timed up & go test: Its reliability and association with lower-limb impairments and locomotor capacities in people with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(8):1641–7.
 26. Mehrholz J, Wagner K, Rutte K et al. Predictive validity and responsiveness of the functional ambulation category in hemiparetic patients after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88(10):1314–9.
 27. Brandstater M, De Bruin H, Gowland C et al. Hemiplegic gait: Analysis of temporal variables. *Arch Phys Med Rehabil*. 1983;64(12):583.
 28. Roth EJ, Merbitz C, Mroczek K et al. HEMIPLEGIC GAIT: Relationships between walking speed and other temporal Parameters 1. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 1997;76(2):128–33.