KJSB

Korean Journal of Sport Biomechanics 2022; 32(4): 111-120
http://dx.doi.org/10.5103/KJSB.2022.32.4.111
http://e-kjsb.org eISSN 2093-9752

ORIGINAL

Correlation Analysis of Pelvic Tilt and Gait according to the Paralytic Side of Stroke Patients

뇌졸중 환자의 마비쪽에 따른 골반의 기울임과 보행의 상관관계 분석

Yong Seon Lee[1], Jong-Hyuk Yun[2]

[1]Department of Physical Therapy, Mokpo Science University, South Korea
[2]Department of Physical Therapy, College of Health, Sehan University, South Korea

Received : 25 October 2022
Revised : 02 December 2022
Accepted : 05 December 2022

Corresponding Author
Jong-Hyuk Yun
Department of Physical Therapy, College of Health, Sehan University, 1113 Noksek-ro, Yeongam, Jeollanam-do, 58447, South Korea
Email : 47481004@naver.com

Objective: This study investigated the effect of pelvic tiltng according to the paralytic side on gait in stroke patients during a 10 m functional movement timed up and go (TUG) test.

Method: In this study, gait parameters were measured using a gait analyzer for 20 stroke patients and their gait was analyzed during a 10 m TUG test. For statistical analysis, an independent sample *t*-test were performed for age, height, and weight among general characteristics of subjects and homogeneity was tested by performing a chi-square test for gender, paralysis side, period of onset, and K-MMSE score. In order to understand the relationship between each variable, Pearson correlation analysis was performed on the variables.

Results: First, the right-hand paralyzed group showed correlations in cadence and gait velocity in the up and down tilt of the pelvis, and the left-hand paralyzed group showed correlations in cadence and step length in the anterior and posterior tilt of the pelvis. Second, the tilt of the pelvis was correlated with the Sit to stand, walk forward, walk backwards, turn around at the end point, sit on a chair and the total TUG time in the right hemiplegic group compared to the left hemiplegic group.

Conclusion: In this study, a significant correlation was confirmed as a result of gait analysis of right-handed stroke patients divided into a right paraplegic group and a left paraplegic group. In the future, it is suggested that treatment for improving gait of stroke patients should be treated differently for the right and left paralyzed side.

Keywords: Pelvic tilt, Gait analysis, Functional movement test (TUG)

INTRODUCTION

대한민국 통계청의 2019년 사망원인통계에 따르면, 뇌혈관질환은 암, 심장질환과 더불어 국내 주요 사망원인으로 나타났고, 뇌혈관질환으로 인한 사망자 수는 21,586명이며, 사망율은 십만명당 42명을 기록하였는데, 2003년 기준 십만명당 75.5명을 비교해보면 사망률이 감소하고 있음을 알 수 있다. 이처럼 뇌졸중 환자의 발생 빈도는 증가하고 있고, 생애주기 건강검진이나 의료기술의 발달로 인해 사망률은 감소됨으로써 뇌졸중으로 인한 장애인의 수는 증가하고 있다(Langhorne, 2011).

뇌졸중 환자의 기능장애로 통증, 경직, 근력약화, 균형능력 저하, 감각저하, 편측무시, 또는 자세조절 등의 문제가 나타나고(Eng & Chu, 2002). 그 중 마비측의 체중지지 능력의 감소는 몸통과 골반의 비대칭적인 자세를 유발하며(Canning & Sanchez, 2004), 안정성 한계(limit of stability)의 감소와 선 자세에서 자세동요(postural sway)가 증가하게 된다(Geiger, Allen, O'Keefe & Hicks, 2001). 특히 뇌졸중 환자들의 중간볼기근의 약화로 인한 비대칭적인 골반 정렬은 골반의 가쪽 전위나 하강을 발생시키고, 비정상적인 보행이 나타난다(Sahrmann, 2001). 뇌졸중 환자의 비정상적인 보행은 보행속도의 감소, 마비측과 비마비측의 한발짝 길이의 차이, 마비측의 보행주기에서 짧은 디딤기와 긴 흔듦기가 나타난다(Mauritz, 2002).

앉아서 일어서기(Sit-to-stand) 동작은 일상생활에서 다른 장소로의 이동, 걷기, 돌아오기, 계단 오르기 등을 하기 위해서는 일어서기 능력이 선행되어야 한다(Shinsuke, Akinori, Ryutaro & Senshi, 2007). 그러나, 뇌졸중 환자는 앉아서 일어서기 동작을 하는 동안 보상 전략으로 우세측 다리를 이용하기 때문에 신체 중심이 한쪽으로 기울어져 신체적 운동조절에 문제가 발생한다(Briere, Lauziere, Gravel & Nadeau, 2010; Dickstein, Shefi, Marcovitz & Villa, 2004). 특히, 앉아서 일어서기 동작 동안 자세가 불안정하여 일어서기 시에 넘어지려는 경향이 보이고(Carr & Shepherd, 2010), 중심이 무너지면서 팔에 경직이 나타나며,

Copyright © 2022 Korean Journal of Sport Biomechanics
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 noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

비효율적인 움직임이 몸통의 운동조절을 더 어렵게 한다(Thielman, Kaminski & Gentile, 2008).

뇌는 오른쪽 뇌와 왼쪽 뇌의 기능이 다르고 뇌병변으로 인한 증상도 다른데, 오른쪽을 주로 사용한 뇌졸중 환자는 왼쪽 뇌의 기능장애로 90%가 왼쪽 뇌에 언어중추를 가지고 있기 때문에 언어장애(Aphasia)가 나타나고, 오른쪽 뇌의 기능장애는 좌측을 무시(hemineglect)하는 증상 나타난다(Knecht et al., 2000). 또한, 뇌의 가소성에 의한 기능의 회복이 좌우가 다를 수 있는데, 대뇌반구 사이에서 학습 또는 습득된 기능 및 정보의 전이에 의한 것 뿐 아니라 직접적으로 뇌병변측의 대뇌반구의 신경계를 활성화 시킬 수 있다고 보고하였다(Shin & Shin, 2012).

뇌졸중 환자의 보행과 관련된 연구들을 살펴보면 Jonsdottir 등 (2009)은 뇌졸중 환자는 선호하는 보행속도와 빠른 보행속도 모두에서 보폭수의 증가와 짧은 보폭으로 걷는 경향이 있었고, 선호하는 속도보다는 빠른 속도에서 뇌졸중 환자의 모든 매개변수가 정상인에 비해 비정상적인 결과를 보였다고 보고하였다. Van Criekinge 등 (2017)은 뇌졸중 환자는 몸통 조정의 감소와 몸통 근육 강도가 제한되어 보행 중 생체역학적 변화를 초래하는데 골반의 기울림이 영향을 준다고 하였다. Kim과 Eng (2004)는 뇌졸중 환자는 빠른 속도의 보행에서 전형적인 마비측 외전 패턴이 나타났고, 만성 뇌졸중 환자의 보행속도는 신경학적으로 건강한 성인의 보행과 유사한 패턴을 사용한다고 해도 보상적인 보행 패턴 때문에 보행속도의 변화가 나타나지는 않는다고 보고하였다. 따라서, 선행 논문에서는 뇌졸중 환자가 보행을 하는데 있어 중요한 요소는 골반의 움직임이라고 보고하였고, 뇌졸중 환자는 골반(pelvis)을 포함한 몸통(trunk)의 움직임이 각각 비대칭을 이루기 때문에 재활치료의 계획을 세우기 전에 이러한 움직임을 분석하는 것이 중요하다고 생각된다.

기존에 뇌졸중 환자의 치료적 중재 적용 후 보행의 개선을 관찰한 연구(Lim, 2021; Lee, 2020; Hwang, 2020; Kim & Eng, 2004), 뇌졸중 환자와 정상인의 보행을 비교 분석한 연구들은 있지만(Kim, 2019; Jonsdottir et al., 2009), 뇌졸중 환자의 마비측 위치에 따른 보행의 양상을 분석한 연구는 미비한 상태이다. 이에 본 연구에서는 뇌졸중 환자의 골반의 기울림이 보행에 미치는 영향을 정량적으로 분석하여 마비측 위치에 따라 보행의 양상이 다르다는 것이 확인된다면 뇌졸중 환자의 보행을 개선하기 위해서는 오른쪽 마비와 왼쪽 마비를 구분하여 치료하는 것이 필요하다는 근거가 될 것이다.

METHOD

1. 연구대상

본 연구는 2021년 9월부터 2021년 10월까지 2개월간 전라남도 M시 소재 W 병원에 입원하고 있는 환자를 대상으로 시행하였다. 연구 대상자는 뇌졸중으로 인해 반마비 진단을 받고 6개월 이상 24개월 미만인 뇌졸중 환자를 대상으로 본 연구의 취지와 목적을 설명한 후 자발적으로 참여하기를 동의한 자를 선정하였다. 연구 대상자의 세부 선정기준은 뇌경색이나 뇌출혈의 재발 병력이 없는 자, 실험에 영향을 줄 수 있는 정형외과적 질환의 병력이 없는 자, 선 자세에서 1분 이상 유지할 수 있는 자, 한국형 간이 정신상태(Korean Version of Mini-Mental State Examination)가 24점 이상인 자를 대상으로 하였고, 심장 박동기 착용자, 부정맥, 심부전 병력이 있는 대상자는 연구에서 제외하였다.

2. 보행 분석

1) 보행 평가

본 연구에서는 보행 평가를 위해 보행분석기(G-Walk, BTS Bioengineering, Italy)를 이용하여 보행 매개변수를 측정하였다. G-walk는 무선의 3축 가속도계(wireless tri-axial accelerometer)를 이용하여 대상자의 보행 시 질량중심(Center of Mass)을 측정하는 장비이다. 보행분석기는 보행 시에 얻어진 데이터들을 G-studio software (version 2.8.16.0)로 전송하고, 골반(pelvis)의 골반 전·후방경사(Tilt symmetry), 골반 상·하강경사(Obliquity symmetry), 골반 내·외부회전(Rotation symmetry) 등이 계산되는데, 본 연구에서는 골반(pelvis)의 전방경사(Anterior tilt), 후방경사(Posterior tilt), 상승경사(Obliquity-up), 하강경사(Obliquity-down), 내부회전(Intra rotation), 외부회전(Extra rotation)의 데이터를 사용하였다.

2) 측정방법

검사자는 대상자의 허리에 감지기가 있는 장비를 양쪽 뒤위엉덩뼈가시(postrior superior iliac spine) 사이에 전용 벨트를 이용하여 고정한 다음 검사를 진행하였다. 보행 측정은 의자에 앉은 상태에서 일어나 왕복 10 m를 걷게 하였고, 대상자들에게 "평소에 걷는 편안한 속도로 걸어보세요" 라고 지시하였으며, 되돌아와 의자에 앉는 동작 동안에 보행기간을 측정하였다(Kim, 2021). 본 연구에서는 골반의 기울림, 분속수, 보행속도, 한발짝 길이, TUG를 분석하였다. 보행분석기는 급내상관계수가 ICC=.84~.99로 높은 신뢰도를 가진 도구이다(De Ridder et al., 2019).

3. 연구설계

본 연구는 연구의 선정기준에 적합하고 자발적인 참여를 한 대상자들은 총 20명으로 실험 전 실험방법 및 과정을 설명하였고, 실험 전 동의서를 작성하였다. 대상자의 일반적 특성을 측정한 후 보행측정기를 이용하여 보행의 시공간적 변수와 10 m 기능적 이동 검사를 시행하여 분석하는 실험설계이다.

4. 분석방법

본 연구의 결과 분석에서 수집된 자료는 SPSS (statistical package for the social sciences) version 26.0 for window software (SPSS Inc., Chicago)를 이용하여 통계 처리하였다. Shapiro-Wilk 검사를 통해 정규성 검정을 시행하였고, 대상자의 일반적 특성 중에 나이, 키, 몸무게는 독립표본 t 검정을 하였고, 성별, 마비측, 발병기간, 한국형 간이 정신상태 점수는 카이제곱 검정(chi-squared test)을 시행하여 동질성 검정을 하였다. 각 변수들 간의 관련성을 파악하기 위해 보행 분석 후 얻어진 변수들에 대해 각각 피어슨 상관 분석(Pearson correlation)을 시

행하였다. 자료의 모든 통계 유의수준은 α=.05로 하였다.

RESULTS

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

연구 대상자는 총 20명으로 오른쪽 편마비 환자군, 왼쪽 편마비 환자군 각각 10명이었고, 나이, 키, 몸무게, 성별, 마비측, 발병기간, 한국형 간이 정신상태 점수에서 동질성 검정 결과 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>.05) (Table 1).

2. 종속변수의 사전 동질성 검정

오른쪽 편마비 환자군과 왼쪽 편마비 환자군 간의 종속변수의 사전 동질성 검정은 골반(pelvis)의 전방경사(Anterior tilt), 후방경사(Posterior tilt), 상승경사(Obliquity-up), 하강경사(Obliquity-down), 내부회전(Intra rotation), 외부회전(Extra rotation)에서 두 그룹 간에 동질성 검정 결과 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>.05). 보행의 시·공간적

Table 1. General characteristic of subjects (n=20)

	RH (n=10)	LH (n=10)	χ^2/t	p
	Mean ± SD			
Age (yrs)	60.30±11.62	58.70±10.09	0.337	0.740
Weight (kg)	62.60±10.06	70.00±6.16	-1.984	0.630
Height (cm)	162.70±5.35	166.90±9.78	-1.191	0.249
Sex (male/female)	6/4	4/6	.800	0.371
Diagnosis (infarction/hemorrhage)	6/4	7/3	.220	0.639
Duration (month)	19.00±6.3	19.20±3.97	-0.085	0.933
MMSE-K (score)	26.00±1.15	26.50±1.51	-0.832	0.416

Mean ± SD, RH; Right hemiplegia, LH; Left hemiplegia

Table 2. Homogeneity test between group (n=20)

		RH (n=10)	LH (n=10)	t	p
		Mean ± SD			
Pelvis angle (°)	AT	7.70±4.81	7.21±3.65	0.256	0.801
	PT	7.78±5.06	7.52±4.31	0.124	0.903
	OU	5.45±3.32	4.80±2.31	0.508	0.618
	OD	5.81±3.51	4.62±2.50	0.873	0.394
	IR	7.83±5.06	7.69±3.87	0.069	0.945
	ER	8.72±5.13	7.44±3.53	0.650	0.524
TSVOG	Cadence (steps/min)	83.51±10.99	87.71±12.18	-0.809	0.429
	Speed (m/s)	0.93±0.37	0.84±0.13	0.738	0.470
	Stride length (m)	1.31±0.37	1.26±0.31	0.308	0.761
Timed up and go (s)	STS	1.75±0.55	1.95±0.89	-0.608	0.551
	FG	10.57±7.14	9.61±5.34	0.306	0.736
	MT	3.86±2.29	4.16±2.27	-0.295	0.772
	RG	8.28±4.06	8.03±3.42	0.146	0.885
	ETSTS	4.54±1.62	4.76±1.24	-0.342	0.736
	TT	29.00±14.48	28.51±10.83	0.085	0.933

Mean ± SD, RH; Right hemiplegia, LH; Left hemiplegia, TSVOG; Temporo-spatial variables of gait, AT; Anterior tilt, PT; Posterior tilt, OU; Obliquity-up, OD; Obliquity-down, IR; Intra-rotation, ER; Extra-rotation, STS; Sit to stand, FG; Forward gait, MT; Mid turning, RG; Return gait, ETSTS; End turning-syand to sit, TT; Total time

변수 측정에서는 오른쪽 편마비 환자군과 왼쪽 편마비 환자군 간의 분속수, 보행속도, 한발짝 길이에서 동질성 검정 결과 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>.05). 기능적 이동성 검사(TUG)에서는 앉아서 일어서기(Sit to stand), 앞으로 걷기(Forward gait), 되돌아서 걷기(Return gait), 끝지점에서 다시 의자 앉기(End turning-syand to sit), 기능적 이동성 검사 총 시간(Total time)에서 동질성 검정 결과 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>.05) (Table 2).

3. 오른쪽 편마비 환자군의 골반기울림과 보행의 시·공간적 변수와의 상관관계 분석

오른쪽 편마비 환자군의 골반기울림과 보행의 시·공간적 변수와의 상관관계를 알아보기 위해 측정한 결과 골반기울림 중 골반전방기울림(Anterior tilt)은 분속수(Cadence)와 상관관계에서 r=.791으로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고(p<.01), 보행속도(speed)와 상관관계에서 r=.837로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고(p<.01), 한발짝 길이(stride length)에서도 r=.842로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다(p<.01). 골반후방기울림(Posterior tilt)은 분속수(Cadence)와 상관관계에서 r=.811으로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고(p<.01), 보행속도(speed)와 상관관계에서 r=.807로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고(p<.01), 한발짝 길이(stride length)에서도 r=.791로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다(p<.01). 골반상승기울림(obliquity-up)은 분속수(Cadence)와의 상관관계에서 r=.721로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고(p<.05), 보행속도(speed)와 상관관계에서 r=.558, 한발짝 길이(stride length)와 상관관계에서 r=.219로 통계적으로 유의한 상관관계가 없었다. 골반하방기울림(obliquity-down)은 분속수(Cadence)와의 상관관계에서 r=.802로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고(p<.01), 보행속도(speed)와 상관관계에서 r=.677로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였으며(p<.05), 한발짝 길이(stride length)에서는 r=.337로 통계적으로 유의한 상관관계가 없었다. 골반내부회전(Intra-rotation)은 분속수(Cadence)와 상관관계에서 r=.735으로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고(p>.05), 보행속도(speed)와 상관관계에서 r=.791로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였으며(p<.01), 한발짝 길이(stride length)에서도 r=.623으로 통계적으로 유의한 상관관계가 없었다. 골반외부회전(Extra-rotation)은 분속수(Cadence)와 상관관계에서 r=.770으로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고(p>.01), 보행속도(speed)와

Table 3. Pearson's correlation analysis in Pelvis tilt and Temporo-spatial variables of gait in right hemiplegia

RH	Right hemiplegia (n=10)								
	Pelvis angle (°)						TSVOG		
	AT	PT	OU	OD	IR	ER	Cadence (steps/min)	Speed (m/s)	Stride length (m)
AT	1								
PT	.993**	1							
	.000								
OU	.328	.324	1						
	.355	.361							
OD	.439	.439	.980**	1					
	.204	.204	.000						
IR	.690*	.721*	.412	.572	1				
	.027	.019	.237	.084					
ER	.695*	.716*	.466	.621	.989**	1			
	.026	.020	.175	.055	.000				
Cadence (steps/min)	.791**	.811**	.721*	.802**	.735*	.770**	1		
	.006	.004	.019	.005	.016	.009			
Speed (m/s)	.837**	.807**	.558	.677*	.791**	.825**	.781**	1	
	.003	.005	.093	.032	.006	.003	.008		
Stride length (m)	.842**	.791**	.219	.337	.623	.654*	.551	.897**	1
	.002	.006	.544	.341	.054	.040	.099	.000	

**p<.01, *p<.05, RH; Right hemiplegia, LH; Left hemiplegia, TSVOG; Temporo-spatial variables of gait, AT; Anterior tilt, PT; Posterior tilt, OU; Obliquity-up, OD; Obliquity-down, IR; Intra-rotation, ER; Extra-rotation

상관관계에서 r=.825로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였으며(p<.01), 한발짝 길이(stride length)에서도 r=.654으로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다(p>.05) (Table 3).

4. 왼쪽 편마비 환자군의 골반기울림과 보행의 시·공간적 변수와의 상관관계 분석

왼쪽 편마비 환자군의 골반기울림과 보행의 시·공간적 변수와의 상관관계를 알아보기 위해 측정한 결과 골반기울림 중 골반전방기울림(Anterior tilt)은 분속수(Cadence)와 상관관계에서 r=-.641으로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고(p<.05), 보행속도(speed)와 상관관계에서 r=.373로 통계적으로 유의한 상관관계가 없었고, 한발짝 길이(stride length)에서는 r=.878로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다(p<.01). 골반후방기울림(Posterior tilt)은 분속수(Cadence)와 상관관계에서 r=-.717으로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고(p<.05), 보행속도(speed)와 상관관계에서 r=.219로 통계적으로 유의한 상관관계가 없었고, 한발짝 길이(stride length)에서도 r=.838로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다(p<.01). 골반상승기울림(obliquity-up)은 분속수(Cadence)와의 상관관계에서 r=-.363, 보행속도(speed)와 상관관계에서 r=.013, 한발짝 길이(stride length)와 상관관계에서 r=.121로 통계적으로 유의한 상관관계가 없었다. 골반하방기울림(obliquity-down)은 분속수(Cadence)와의 상관관계에서 r=-.394, 보행속도(speed)와 상관관계에서 r=.039, 한발짝 길이(stride length)와 상관관계에서 r=.188로 통계적으로 유의한 상관관계가 없었다. 골반내부회전(Intra-rotation)은 분속수(Cadence)와의 상관관계에서 r=-.521, 보행속도(speed)와 상관관계에서 r=-.002, 한발짝 길이(stride length)와 상관관계에서 r=.425로 통계적으로 유의한 상관관계가 없었다. 골반외부회전(Extra-rotation)은 분속수(Cadence)와의 상관관계에서 r=-.644로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고(p<.05), 보행속도(speed)와 상관관계에서 r=.009, 한발짝 길이(stride length)와 상관관계에서 r=.520으로 통계적으로 유의한 상관관계가 없었다(Table 4).

5. 오른쪽 편마비 환자군의 골반기울림과 기능적 이동성 검사(TUG)와의 상관관계 분석

골반기울림과 일어서서 걷기 검사와의 상관관계를 알아보기 위해

Table 4. Pearson's correlation analysis in Pelvis tilt and Temporo-spatial variables of gait in left hemiplegia

	Left hemiplegia (n=10)								
	Pelvis angle (°)						TSVOG		
	AT	PT	OU	OD	IR	ER	Cadence (steps/min)	Speed (m/s)	Stride length (m)
AT	1								
PT	.971**	1							
	.000								
OU	.257	.187	1						
	.474	.604							
OD	.327	.273	.946**	1					
	.357	.445	.000						
IR	.597	.523	.593	.476	1				
	.068	.121	.071	.164					
ER	.749*	.691*	.643*	.594	.930**	1			
	.013	.027	.045	.070	.000				
Cadence (steps/min)	-.641*	-.717*	-.363	-.394	-.521	-.644*	1		
	.046	.020	.302	.260	.123	.045			
Speed (m/s)	.373	.219	.013	.039	-.002	.009	.234	1	
	.288	.543	.971	.914	.996	.980	.516		
Stride length (m)	.878**	.838**	.121	.188	.425	.520	-.632*	.547	1
	.001	.002	.740	.602	.221	.124	.050	.102	

**p<.01, *p<.05, RH; Right hemiplegia, LH; Left hemiplegia, TSVOG; Temporo-spatial variables of gait, AT; Anterior tilt, PT; Posterior tilt, OU; Obliquity-up, OD; Obliquity-down, IR; Intra-rotation, ER; Extra-rotation

측정한 결과 골반기울림 중 골반전방기울림(Anterior tilt)은 앞으로 걷기(Forward gait)와 상관관계에서 r=-.660로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고(p<.05), 골반후방기울림(Posterior tilt)은 앞으로 걷기(Forward gait)와 상관관계에서 r=-.649로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다(p<.05). 골반상승기울림(obliquity-up)은 앉아서 일어서기(Sit to stand)와 상관관계에서 r=-.718, 앞으로 걷기(Forward gait)와 상관관계에서 r=-.677, 되돌아서 걷기(Return gait)와 상관관계에서 r=-.726로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고(p<.05), 끝지점에서 돌아서 의자 앉기(End turning-syand to sit)와 상관관계에서 r=-.844 (p<.01), 일어서서 걷기 검사 총 시간(Total time)과 상관관계에서 r=-.738로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다(p<.05). 골반하방기울림(obliquity-down)은 앉아서 일어서기(Sit to stand)와 상관관계에서 r=-.751, 앞으로 걷기(Forward gait)와 상관관계에서 r=-.767로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고(p<.05), 되돌아서 걷기(Return gait)와 상관관계에서 r=-.807, 끝지점에서 다시 의자 앉기(End turning-syand to sit)와 상관관계에서 r=-.846, 일어서서 걷기 검사 총 시간(Total time)과 상관관계에서 r=-.807로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다(p<.01). 골반내부회전(Intra-rotation)은 앞으로 걷기(Forward gait)와 상관관계에서 r=-.726, 되돌아서 걷기(Return gait)와 상관관계에서 r=-.752, 일어서서 걷기 검사 총 시간(Total time)과 상관관계에서 r=-.652로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다(p<.05). 골반외부회전(Extra-rotation)은 앞으로 걷기(Forward gait)와 상관관계에서 r=-.751로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고(p<.05), 되돌아서 걷기(Return gait)와 상관관계에서 r=-.771로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고(p<.01), 일어서서 걷기 검사

Table 5. Pearson's correlation analysis in Pelvis tilt and Timed up and go in right hemiplegia

	Right hemiplegia (n=10)											
	Pelvis angle (°)						Timed up and go (s)					
	AT	PT	OU	OD	IR	ER	STS	FG	MT	RG	ETSTS	TT
AT	1											
PT	.993**	1										
	.000											
OU	.328	.324	1									
	.355	.361										
OD	.439	.439	.980**	1								
	.204	.204	.000									
IR	.690*	.721*	.412	.572	1							
	.027	.019	.237	.084								
ER	.695*	.716*	.466	.621	.989**	1						
	.026	.020	.175	.055	.000							
STS	-.513	-.487	-.718*	-.751*	-.514	-.569	1					
	.129	.153	.019	.012	.129	.086						
FG	-.660*	-.649*	-.677*	-.767**	-.726*	-.751*	.628	1				
	.038	.042	.032	.010	.017	.012	.052					
MT	-.316	-.292	-.496	-.503	-.180	-.225	.472	.743*	1			
	.374	.414	.145	.139	.619	.531	.168	.014				
RG	-.514	-.514	-.726*	-.807**	-.752*	-.771**	.682*	.955**	.643*	1		
	.129	.128	.017	.005	.012	.009	.030	.000	.045			
ETSTS	-.510	-.478	-.844**	-.846**	-.316	-.393	.650*	.762*	.732*	.673*	1	
	.132	.163	.002	.002	.374	.261	.042	.010	.016	.033		
TT	-.596	-.582	-.738*	-.807**	-.652*	-.688*	.686*	.988**	.805**	.955**	.817**	1
	.069	.077	.015	.005	.041	.028	.028	.000	.005	.000	.004	

**p<.01, *p<.05, RH; Right hemiplegia, LH; Left hemiplegia, AT; Anterior tilt, PT; Posterior tilt, OU; Obliquity-up, OD; Obliquity-down, IR; Intra-rotation, ER; Extra-rotation, STS; Sit to stand, FG; Forward gait, MT; Mid turning, RG; Return gait, ETSTS; End turning-syand to sit, TT; Total time

총 시간(Total time)과 상관관계에서 r=-.688로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다(p<.05) (Table 5).

6. 왼쪽 편마비 환자군의 골반기울림과 기능적 이동성 검사(TUG)와의 상관관계 분석

골반기울림과 기능적 이동성 검사와의 상관관계를 알아보기 위해 측정한 결과 골반기울림 중 골반전방기울림(Anterior tilt)과 골반후방기울림(Posterior tilt)은 기능적 이동성 검사 모든 항목에서 통계적으로 유의한 상관관계를 보이지 않았고, 골반상승기울림(obliquity-up)은 되돌아서 걷기(Return gait)와 상관관계에서 r=.633로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다(p<.05). 골반하방기울림(obliquity-down)은 앞으로 걷기(Forward gait)와 상관관계에서 r=.645, 중간에서 돌기(Mid turning)와 상관관계에서 r=.488로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다(p<.05). 골반내부회전(Intra-rotation)은 앞으로 걷기(Forward gait)와 상관관계에서 r=.752로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고(p<.05), 일어서서 걷기 검사 총 시간(Total time)과 상관관계에서 r=.762로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다(p<.01). 골반외부회전(Extra-rotation)은 앞으로 걷기(Forward gait)와 상관관계에서 r=.764로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고(p<.05), 일어서서 걷기 검사 총 시간(Total time)과 상관관계에서 r=.775로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다(p<.01) (Table 6).

Table 6. Pearson's correlation analysis in Pelvis tilt and Timed up and go in left hemiplegia

	Left hemiplegia (n=10)											
	Pelvis angle (°)						Timed up and go (s)					
	AT	PT	OU	OD	IR	ER	STS	FG	MT	RG	ETSTS	TT
AT	1											
PT	.993**	1										
	.000											
OU	.328	.324	1									
	.355	.361										
OD	.439	.439	.980**	1								
	.204	.204	.000									
IR	.690*	.721*	.412	.572	1							
	.027	.019	.237	.084								
ER	.695*	.716*	.466	.621	.989**	1						
	.026	.020	.175	.055	.000							
STS	.185	.181	-.127	-.023	.544	.508	1					
	.609	.617	.727	.949	.104	.134						
FG	.535	.589	.575	.645*	.752*	.764*	.225	1				
	.111	.073	.082	.044	.012	.010	.532					
MT	-.066	-.027	.194	.229	.470	.468	.633*	.424	1			
	.857	.940	.592	.524	.170	.172	.049	.222				
RG	.295	.352	.633*	.670*	.572	.601	-.097	.907**	.321	1		
	.409	.318	.050	.034	.084	.066	.791	.000	.365			
ETSTS	.055	.073	.161	.229	.576	.595	.794**	.547	.860**	.366	1	
	.880	.841	.657	.525	.081	.070	.006	.101	.001	.298		
TT	.365	.419	.532	.602	.762*	.775**	.387	.950**	.671*	.864**	.746*	1
	.300	.228	.113	.065	.010	.008	.269	.000	.034	.001	.013	

**p<.01, *p<.05, RH; Right hemiplegia, LH; Left hemiplegia, AT; Anterior tilt, PT; Posterior tilt, OU; Obliquity-up, OD; Obliquity-down, IR; Intra-rotation, ER; Extra-rotation, STS; Sit to stand, FG; Forward gait, MT; Mid turning, RG; Return gait, ETSTS; End turning-syand to sit, TT; Total time

DISCUSSION

본 연구에서는 뇌졸중 환자의 골반의 기울림이 보행에 미치는 영향을 알아보았고, 마비측 위치에 따라 보행의 양상이 다르다는 것을 확인하기 위해 보행측정기를 통하여 정량적으로 보행 분석을 하였다.

본 연구에서는 오른쪽 편마비 환자군의 골반기울림과 보행의 시·공간적 변수와의 상관관계를 알아보기 위해 측정한 결과 오른쪽 편마비 환자군의 골반 전·후방기울림(Tilt symmetry)은 분속수(Cadence), 보행속도(speed), 한발짝 길이(stride length)에서 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고, 왼쪽 편마비 환자군의 골반 전·후방기울림(Tilt symmetry)은 분속수, 한발짝 길이에서 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다. 오른쪽 편마비 환자군의 골반 상·하방기울림(Obliquity symmetry)은 분속수(Cadence), 보행속도(speed)에서 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고, 한발짝 길이(stride length)에서는 통계적으로 유의한 상관관계가 없었으며, 왼쪽 편마비 환자군의 골반 상·하방기울림(Obliquity symmetry)은 분속수, 보행속도, 한발짝 길이에서 통계적으로 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 오른쪽 편마비 환자군의 골반 내·외부회전(Rotation symmetry)은 분속수(Cadence), 보행속도(speed)와 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고, 왼쪽 편마비 환자군의 골반 내·외부회전(Rotation symmetry)은 골반 외부회전에서 분속수에서만 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다.

뇌졸중 환자의 보행의 시·공간적 변수에 대한 선행 연구를 살펴보면 Jonsdottir 등 (2009)은 뇌졸중 환자 39명을 대상으로 보행속도를 높이는 기능적 요소를 알아보기 위해 건강한 대조군과 비교하여 어떤 선택적 전략을 수행하는지 연구하였고, 원하는 속도와 빠른 걸음으로 걷도록 하여 시·공간적 매개변수, 발목과 고관절의 메커니즘, 발목의 타이밍을 측정하였다. 결과는 두 가지 보행 모두에서 보폭수가 증가하여 짧은 보폭으로 걷는 경향이 있었고, 뇌졸중 환자는 선호하는 속도보다는 빠른 속도 보행에서 모든 매개변수가 정상인에 비해 비정상적인 결과를 보였으며, 보행속도를 높이기 위해 개인마다 신체 기능이 다르기 때문에 삶의 질을 향상시킬 수 있는 개별화된 치료프로그램을 개발해야 한다고 보고하였다. Kim과 Eng (2004)는 뇌졸중 환자 20명을 대상으로 보행속도에 따른 3차원 운동학적 및 운동적 보행의 크기와 패턴에 대한 연구를 하였는데, 뇌졸중 환자는 빠른 속도의 보행에서 전형적인 마비측 외전 패턴이 나타났고, 결과는 마비측과 비마비측 사지 모두에서 골반의 상·하방기울림 근육 그룹과 함께 고관절 외전근의 사용이 증가하였으며, 특히, 우측 편마비 집단에서 고관절 외전 패턴이 더 나타났다고 보고하였다.

본 연구에서는 우측 편마비 환자군은 골반 상·하방기울림에서 분속수, 보행속도에서 양적 선형관계를 보였고, 좌측 편마비 환자군은 골반 전·후방기울림에서 분속수, 한발짝 길이에서 양적 선형관계를 보인 점을 감안할 때, 좌측 편마비 환자군의 경우 골반의 전·후방기울림의 움직임이 보행의 기능과 밀접한 관련을 가지고, 우측 편마비 집단의 경우 골반 상·하방기울림에서의 움직임이 보행의 기능과 밀접한 관련을 가지는 것으로 사료된다. 뇌졸중 환자는 내측 체간 흔들림이 증가하고, 상부 몸통의 회전이 증가하며, 체간 하부의 골반의 상·하방 운동이 증가되어 걷게 되는데, 몸통의 가속은 감소하는 반면 마비측으로의 움직임이 적어짐에 따라 불안정성과 비대칭이 증가하고, 뇌졸중 환자는 보상적인 체간 움직임과 내재적 체간 조절 결손인지를 구별하는 것은 매우 중요하다고 사료된다. 또한, 뇌졸중 환자의 보행속도는 신경학적으로 건강한 성인의 보행과 유사한 패턴을 사용한다고 해도 보상적인 보행 패턴 때문에 보행속도가 크게 변화되지는 않는다고 사료된다. 따라서, 기존의 연구를 바탕으로 본 연구 결과를 활용한다면 뇌졸중 환자의 보행 재활 시 좌측 편마비 환자군은 골반의 전·후방기울림의 움직임을 향상시킬 수 있는 운동을 적용하고, 우측 편마비 환자군은 골반 상·하방기울림의 움직임을 향상시킬 수 있는 운동을 적극적으로 실시하는 치료 전략을 적용한다면 보행의 시·공간적 변수에 영향을 끼칠 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 골반기울림과 기능적 이동 검사와의 상관관계를 알아보기 위해 측정한 결과 오른쪽 편마비 환자군의 골반 전·후방기울림(Tilt symmetry)은 앞으로 걷기(Forward gait)와 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고, 왼쪽 편마비 환자군의 골반 전·후방기울림(Tilt symmetry)은 기능적 이동성 검사 모든 항목에서 통계적으로 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 오른쪽 편마비 환자군의 골반 상·하방기울림(Obliquity symmetry)은 앉아서 일어서기, 앞으로 걷기, 되돌아서 걷기(Return gait), 끝지점에서 돌아서 의자 앉기, 기능적 이동 검사 총 시간(Total time)과 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고, 왼쪽 편마비 환자군의 골반 상·하방기울림(Obliquity symmetry) 중 골반상승기울림(obliquity-up)은 되돌아서 걷기와 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고, 골반하방기울림(obliquity-down)은 앞으로 걷기, 중간에서 돌기와 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다. 오른쪽 편마비 환자군의 골반 내·외부회전(Rotation symmetry)은 골반내부회전(Intra-rotation)은 앞으로 걷기, 되돌아서 걷기, 기능적 이동 검사 총 시간(Total time)과 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고, 왼쪽 편마비 환자군의 골반 내·외부회전(Rotation symmetry)은 앞으로 걷기, 기능적 이동 검사 총 시간과 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다.

뇌졸중 환자의 마비측에 따른 보행의 패턴에 대한 선행 연구를 살펴보면 Van Criekinge 등 (2017)은 뇌졸중 후 편마비 보행 중 몸통 생체역학에 대한 체계적인 고찰을 검토하였고, 뇌졸중 환자는 정상인에 비해 보행을 할 때 몸통을 포함한 골반의 움직임이 골반 전·후방기울림, 골반 상·하방기울림, 골반 내·외부회전에서 각각 비대칭을 이루며, 몸통 조정의 감소와 몸통 근육 강도가 제한되어 보행 중 생체역학적 변화를 초래하는데 골반의 기울림이 영향을 준다고 보고하였다. De haart, Geurts, Huidekoper, Fasotti & van Limbeek (2004)의 연구에서 뇌졸중 환자 37명을 대상으로 급성 뇌졸중 환자의 기립 균형 회복에 대한 연구를 하였는데, 측정은 압력 플랫폼을 사용하여 각 발의 지면반발력을 측정하였고, 첫 번째 균형 측정은 환자가 2, 4, 8, 12주 후와 마찬가지로 최소 30초 동안 도움 없이 서 있을 수 있는 균형 능력을 측정하였고, 눈을 뜬 상태, 눈을 감은 상태, 동시 이중 과제를 수행하는 동안의 4가지 조건에서 조용히 서 있는 상태를 평가하였다. 결과는 뇌졸중 환자들이 서 있는 동안 정적과 동적 자세 비대칭으로 인해 심각한 자세 불안정성이 나타나고, 비록 유의미한 차이는 아니었지만 오른쪽 마비측과 왼쪽 마비측 두 그룹 모두에서 외측 균형(Lateral symmetry)에 양적 선형관계를 확인할 수 있었는데, 보행 시 무게 중심이 건측으로 이동한 것을 의미한다고 보고하였다. Lee, Park, Hong, Sung & Lee (2014)은 뇌졸중 환자의 보행 능력이 향상될수록 보행 시 무게 중심이 건측으로 이동하는 경향을 보이고, 환자의 안정적인 보행을 위해서는 건측 하지의 조절을 통해 무게 중심을 안정시키는

것이 우선되어야 한다고 보고하였으며, 보행에 있어 환측 하지의 기능 회복보다는 건측 하지로 무게 중심을 옮기는 등의 보상적인 치료 전략이 보행의 개선에 더 중요한 영향을 준다고 보고하였다. 또한 Mahon, Farris, Sawicki & Lewek (2015)은 뇌졸중 환자의 보행에 있어 앞으로 나아가는 추진력은 보행 시 건측 하지가 몸을 지지하는 힘에 의해 결정된다고 보고하였다.

본 연구의 결과 뇌졸중 환자에서 오른쪽 편마비 환자군이 왼쪽 편마비 환자군에 비해 골반의 기울림이 기능적 이동 검사 항목인 앉아서 일어서기, 앞으로 걷기, 되돌아서 걷기(Return gait), 끝지점에서 돌아서 의자 앉기, 기능적 이동 검사 총 시간에서 더 양적 선형관계를 보였고, 이는 오른쪽을 주로 사용했던 우세측인 우측 하지가 좌측 하지에 비해 상대적으로 몸을 지지하는 축으로서의 역할을 수행하려고 하는 동작 때문에 보행 시 불안정성이 나타나 왼쪽 하지로 무게 중심을 옮기는 보상적인 전략을 사용하면서 골반의 기울림에 영향을 받는 것으로 사료된다. 또한, 오른쪽 편마비 환자군과 왼쪽 편마비 환자군 모두에서 보행 기능의 향상을 위해서는 건측 하지로 무게 중심을 옮기는 것과 같이 건측의 역할 역시 중요하다고 사료된다. 따라서, 우측 편마비 환자군은 무게 중심이 왼쪽 다리로 이동할수록 불안정성이 증가하기 때문에 왼쪽 하지의 안정성을 높이기 위한 치료 전략이 더욱 중요하고, 뇌졸중 환자의 치료적 중재를 시행하기 전에 마비측 뿐만아니라 비마비측의 치료 전략을 세워야 할 필요가 있다고 사료된다. 이러한 치료 전략은 뇌졸중 환자의 신체 흔들림, 시각적 의존성, 체중지지의 비대칭 감소가 재활 중 기능 향상이 나타날 수 있고, 마비쪽의 발목관절의 안정화에 의한 체중지지 증가와 평형 능력이 개선될 것으로 사료된다. 본 연구의 제한점으로는 대상자가 20명으로 뇌졸중 환자의 일반적인 특성이라고 단정 지울 수는 없고, 대상자들이 모두 오른손 잡이였기 때문에 왼손잡이인 뇌졸중 환자의 보행 패턴은 본 연구의 결과와는 다르게 나타날 수 있을 것이며, 치료효과보다는 보행의 패턴을 확인하는 것이 목적이기 때문에 연구의 한계점이 있었다.

CONCLUSION

본 연구에서는 오른손잡이인 뇌졸중 환자의 마비측에 따라 보행 재활에 있어 치료 전략을 다르게 적용할 수 있을지를 확인하기 위해 보행 패턴을 분석하였고 다음과 같은 결론을 얻었다. 첫째, 본 연구에서는 우측 편마비 집단은 골반 상·하방기울림에서 분속수, 보행속도에서 양적 선형관계를 보였고, 좌측 편마비 집단은 골반 전·후방기울림에서 분속수, 한발짝 길이에서 양적 선형관계를 보였다. 둘째, 뇌졸중 환자에서 오른쪽 편마비 집단이 왼쪽 편마비 집단에 비해 골반의 기울림이 기능적 이동 검사 항목인 앉아서 일어서기, 앞으로 걷기, 되돌아서 걷기, 끝지점에서 돌아서 의자 앉기, 기능적 이동 검사 총 시간에서 더 양적 선형관계를 보였다. 이와 같은 결과를 바탕으로 본 연구는 오른손잡이인 뇌졸중 환자 20명을 대상으로 오른쪽 편마비 환자군과 왼쪽 편마비 환자군으로 나누어 보행분석을 한 결과 의미있는 상관관계를 확인하였고, 향후 뇌졸중 환자의 보행 개선을 위한 치료 시 오른쪽 마비쪽과 왼쪽 마비쪽를 구분하여 치료하는 것이 필요하다고 제시한다. 따라서, 뇌졸중 환자에게 보행을 개선시키기 위한 치료 방법을 적용할 때 골반 기울림에 따라 보행이 어떻게 개선되는지를 확인한 연구는 미비한 실정으로 향후 이러한 연구가 이루어진다면 뇌졸중 환자들에게 효율적인 치료를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

ACKNOWLEDGEMENT

This study was written by Sehan University research fund support in 2022.

REFERENCES

Briere, A., Lauziere, S., Gravel, D. & Nadeau, S. (2010). Perception of weight-bearing distribution during sit-to-stand tasks in hemiparetic and healthy individuals. *Stroke*, *41*(8), 1704-1708.

Bobath, B. (1990). Adult hemiplegia: evaluation and treatment: *Elsevier Health Sciences*.

Canning, B. & Sanchez, G. (2004). Considering powered mobility for individuals with stroke. *Topics in Stroke Rehabilitation*, *11*(2), 84-88.

Carr, J. H. & Shepherd, R. B. (2010). neurological Rehabilitation 2 edition.

De Ridder, R., Lebleu, J., Willems, T, et al. (2019). Concurrent validity of a commercial wireless trunk triaxial accelerometer system for gait analysis. *Journal of Sport Rehabilitation*, *28*(6), 1-13.

De Haart, M., Geurts, A. C., Huidekoper, S. C., Fasotti, L. & van Limbeek, J. (2004). Recovery of standing balance in postacute stroke patients: a rehabilitation cohort study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *85*, 886-895.

Dickstein, R., Shefi, S., Marcovitz, E. & Villa, Y. (2004). Electromyographic activity of voluntarily activated trunk flexor and extensor muscles in post-stroke hemiparetic subjects. *Clinical Neurophysiology*, *115*(4), 790-796.

Eng, J. J. & Chu, K. S. (2002). Reliability and comparison of weight-bearing ability during standing tasks for individuals with chronic stroke. *Archives of Physical Medline and Rehabilitation*, *83*(8), 1138-1144.

Geiger, R. A., Allen, J. B., O'Keefe, J. & Hicks, R. R. (2001). Balance and mobility following stroke: effects of physical therapy interventions with and without biofeedback/forceplate training. *Physical Therapy*, *81*(4), 995-1005.

Hamza, A. M., Al-Sadat, N., Loh, S. Y. & Jahan, N. K. (2014). Predictors of poststroke health-related quality of life in Nigerian stroke survivors: a 1-year follow-up study. *BioMed Research International*, 350281.

Hwang, W. K. (2020). The Effects of Emphasized Weight-Shifting Rhythmic Auditory Stimulation Training on Gait Ability in Chronic Stroke Patients. Graduate school of eulji university, department of physical therapy. Master's thesis.

Jonsdottir, J., Recalcati, M., Rabuffetti, M., Casiraghi, A., Boccardi, S. & Ferrarin, M. (2009). Functional resources to increase gait speed in people with stroke: strategies adopted compared to healthy controls. *Gait & Posture*, *29*, 355-359.

Kim, K. M. (2019). Comparison of Leg Muscle Activation Between Healthy Subject and Stroke Patient During Pedaling Exercise.

Graduate School of Sahmyook University, Department of Physical therapy. Master's thesis.

Kim, C. M. & Eng, J. J. (2004). Magnitude and pattern of 3D kinematic and kinetic gait profiles in persons with stroke: relationship to walking speed. *Gait & Posture*, *20*, 140-146.

Kim, S. J. & Lee, H. J. (2021). The Effects of Dual Task Training According to Variability of Walking Environment on Balance, Gait and Function of Stroke Patients. *Journal of Korean Society of Integrative Medicine*, *9*(2), 23-33.

Knecht, S., Dräger, B., Deppe, M., Bobe, L., Lohmann, H., Flöel, A., et al. (2000). Handedness and hemispheric language dominance in healthy humans. *Brain*, *123*, 2512-2518.

Korean Statistical Information Service (KOSIS), 2021. https://kosis.kr/index/index.do

Langhorne, P., Bernhardt, J. & Kwakkel, G. (2011). Stroke rehabilitation. *Lancet*, *377*, 1693-1702.

Lee, G. Y. (2020). The effects of weight-loaded treadmill trainingapplied to the non-paretic ankle on the balance and walking of chronic stroke patients. Daegu university. Graduate school of rehabilitation science. Department of Physical Therapy. Master's thesis.

Lee, J. H., Min, D. K., Cho, H. S., Lee, J. H. & Shin, S. H. (2018). The effects of upper and lower limb position on symmetry of vertical ground reaction force during sit-to-stand in chronic stroke subjects. *Journal of Physical Therapy Science*, *30*(2), 242-247.

Lee, I. S., Park, K. E., Hong, H. J., Sung, K. K. & Lee, S. K. (2014). The Change of Lateral Shift of Center of Pressure according to the Gait Improvement in Post-Stroke Hemiplegic Patients. *Korean Journal of Internal Korean Medicine*, *35*(4), 448-454.

Lim, H. S. (2021). The relationship between muscle strength and gait coordination, balance, kinematic parameters in chronic stroke patients. Graduate school of korea national sport university. Department of physical education. Ph.D dissertation.

Lomaglio, M. J. & Eng, J. J. (2005). Muscle strength and weight-bearing symmetry relate to sit-to-stand performance in individuals with stroke. *Gait Posture*, *22*(2), 126-131.

Mahon, C. E., Farris, D. J., Sawicki, G. S. & Lewek, M. D. (2015). Individual limb mechanical analysis of gait following stroke. *Journal of Biomechanics*, *48*, 984-989.

Mauritz, K. H. (2002). Gait training in hemiplegia. *European Journal of Neurology*, *9*, 23-29.

Sahrmann, S. (2001). Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes. *Elsevier Health Sciences*.

Shinsuke, Y., Akinori, N., Ryutaro, H. & Senshi, F. (2007). Computation of the kinematics and the minimum peak joint moments of sit-to-stand movements. *Biomedical Engineering*, *6*, 26.

Shin, M. J. & Shin, Y. I. (2012). Generalization of Treatment Effect on Motor Learning after Stroke. *Neuro Rehabilitation*, *5*(1), 19-23.

Thielman, G., Kaminski, T. & Gentile, A. M. (2008). Rehabilitation of reaching after stroke: Comparing 2 training protocols utilizing trunk restraint.

Van Criekinge, T., Saeys, W., Hallemans, A., Velghe, S., Viskens, P. J., Vereeck, L., et al. (2017). Trunk biomechanics during hemiplegic gait after stroke: a systematic review. *Gait & Posture*, *54*, 133-143.

Weintraub, S. & Mesulam, M. M. (1987). Right cerebral dominance in spatial attention: Further evidence based on ipsilateral neglect. *Archives of Neurology*, *44*, 621-625.