

뇌졸중 환자의 회전 보행 시 회전 방향이 보행 특성에 미치는 영향

Effects of Rotation Direction during Curved Walking on Gait Parameters in Stroke Patients

■ 정경만¹, 주민철², 정유진³

Kyeong-Man Jung¹, Min-Cheol Joo², Yu-Jin Jung³

■ 원광대학교병원 물리치료실¹, 원광대학교병원 의과대학 재활의학과², 원광대학교병원 작업치료실³

Department of physical Therapy, Won Kwang University Hospital¹,
Department of rehabilitation medicine, Won Kwang University Hospital²,
Department of occupational Therapy, Won Kwang University Hospital³

■ 교신저자 : 정 유 진

주소 : 54538, 익산시 무왕로 895번지 원광대학교병원 재활의학과 작업치료실

전화 : 010-7177-1347

전자우편주소 : amyegene@naver.com

Correspondence : Yu-Jin Jung

Address : Wonkwang University Hospital Rehabilitation Medicine Occupational Therapy room,895
Muwang-ro, Iksan, Jeonlabuk-do

Tel : +82-10-7177-1347

E-mail : amyegene@naver.com

Funding : None

Conflict of Interest : None

Received : Sep.19.2017

Revised : Sep.30.2017

Accepted : Dec.01.2017

Abstract

Purpose: The purpose of this study was to determine the effects of rotation direction during curved walking on gait parameters in stroke patients.

Methods: A group of thirty subjects with stroke (Berg Balance Scale score ≥ 41 were fifteen, Berg Balance Scale score ≤ 40 were fifteen) were enrolled in this study. Testing indications included two directions for rotation in each subject. These indications were for rotation toward the affected and unaffected side in stroke patients. The gait speed, affected side single support duration, affected side double support duration were recorded. The obtained data were analyzed by using paired t-test and Wilcoxon signed rank test in the group that are below and above 40 points of Berg Balance Scale score.

Results: There was significant increase affected side single support duration was turned the affected side in stroke patients that presented a Berg Balance Scale score ≥ 41 ($p < .05$). There were significant increase gait speed, affected side single support duration, and significant decrease affected side double support duration while subjects were turned the affected side in stroke patients that presented a Berg Balance Scale score ≤ 40 ($p < .05$).

Conclusion: This result may be effective to rotate in the paralyzed direction to improve the ability of the paralyzed lower limb to gain weight during gait training for stroke patients with a Berg Balance Scale score < 40 . Therefore, walking training program for hemiplegic patient needs to be suggested in the direction of turning for suitable balance ability.

Key words

Curved walking, Gait parameters,
Rotation direction, Stroke, Weight bearing

I. 서론

뇌졸중은 뇌혈관이 막히거나 터져서 발생하는 뇌혈관 질환으로 보행 능력, 균형 능력, 일상생활 동작, 인지능력 등에 문제가 발생하며, 신체 전반에 걸쳐 다양한 신경학적 증상을 초래한다[1]. 그 중 독립적 보행 능력의 회복은 뇌졸중 후 기능장애 정도를 결정하는 가장 중요한 요인이기 때문에 재활 과정에서 중요한 목표가 된다[2].

뇌졸중 환자는 체간, 상지, 하지의 근 약화나 감각 저하로 체간과 골반 및 하지 사이에 비대칭적인 자세 정렬이 발생하게 되고 근위부의 조절 능력을 저하되어 비효율적인 보행 패턴이 발생하게 된다[3]. 특히 뇌졸중 환자들의 55%에서 보행 시 비대칭성이 발생한다고 하였다[4]. 양하지의 교대적인 움직임을 방해하는 좌우 비대칭적인 체중 부하는 비마비측으로 편중되어 치우치게 되는데, 이는 마비측과 비마비측의 보폭과 타이밍의 차이를 발생시켜 부드러운 보행을 방해하게 된다[5]. 또한 이러한 비대칭적인 보행 패턴은 정상인에 비해 보행 속도가 현저하게 감소되는 원인이 되며, 보행 시 소모되는 에너지 소비량도 현저하게 증가한다[6].

정상인의 보행은 신체의 안정성을 유지하면서 하지의 선택적인 움직임을 통해 에너지를 소모를 최소화하면서 신체를 원하는 방향으로 이동하는 능력으로, 신체 좌우 대칭과 조화로운 움직임이 요구된다[7]. 보행 주기는 한쪽 발이 지면을 지지하는 입각기(stance phase)와 지면에서 떨어져 앞으로 나아가는 유각기(swing phase)로 나뉘는데, 정상인의 보행 주기는 입각기 시 60% 정도를 차지하고, 유각기는 40%를 차지한다[8]. 그러나 편마비 환자는 기립 시 체중의 80% 이상을 비마비측에 지지하기 때문에 비대칭이 심해지며, 상대적으로 마비측 하지로 체중을 지지하는 시간이 짧아지고 양하지 지지

시간이 길어짐으로 균형 능력이 저하되게 된다[4]. 이로 인해 마비측 하지의 충분한 체중 지지 능력이 저하되어 낙상이나 균형 능력에 심각한 문제를 초래하게 된다[7]. 따라서 뇌졸중 환자의 재활 과정에서 양하지의 올바른 체중 지지의 대칭성과 체중 이동 능력의 대칭성은 보행 능력을 결정하는 중요한 요소라고 하였다[9].

뇌졸중 환자를 대상으로 보행 능력 향상을 위한 중재 방법을 보면 중추신경발달치료(neurodevelopment treatment, NDT), 고유수용성 신경근 촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF), 과제 지향적 훈련, 체중 지지 훈련 등이 사용되고 있다[10-12]. 이러한 치료 방법들은 촉진과 억제 를 통해 움직임을 개선하거나 반복적인 훈련을 통해 사지의 움직임과 보행 능력을 향상시키는데 효과적인 방법으로 제시된다[13]. 그러나 이런 방법들은 발병 초기 체중 지지 훈련을 통해 단순하게 직선 보행을 연습하기 위한 초기 보행 훈련에는 좋은 중재 방법이지만 퇴원 후 직선 보행뿐 아니라 복잡한 회전 보행이 포함된 지역사회 보행을 위한 보행 훈련으로는 한계점이 있다[14]. Glsister 등[15]은 일상생활과 지역사회 보행은 40% 이상이 회전 보행이 포함된다고 하였다.

최근에는 회전 궤도를 따라 걷는 회전 보행 훈련이 뇌졸중 환자의 지역사회 보행 능력 훈련과 지구력 증진을 위해 많이 시행되고 있는데, 직선 보행과 달리 회전 보행은 보행 시 마비측과 비마비측 하지에 다양한 체중 지지 및 체중 이동 능력 훈련을 제공할 수 있으며 마비측 발의 구심성 감각을 더 많이 제공해 줌으로써 보행 능력을 향상시키는 방법으로 실내 및 실외에서 사용되고 있다[16]. 이정무 등[17]은 16명의 독립적 보행이 가능한 뇌졸중 환자를 대상으로 마비측으로 회전 보행을 하였을 때 마비측 하지의 체중 지지 시간이 감소하였다고 하

뇌졸중 환자의 회전 보행 시 회전 방향이 보행 특성에 미치는 영향

였다. 이전 등[18]은 뇌졸중 환자를 대상으로 동적 균형 능력과 보행 능력을 검사하는 일어나 걸어가 기 검사 시 목표물을 회전하는 방향을 각각 마비측 과 비마비측으로 달리 하였을 때 전체 보행에 걸리는 수행 시간의 차이가 발생한다고 하여 회전 방향에 대한 기준을 제시해야 한다고 하였다. 또한 Duval 등[19]은 뇌졸중 환자를 대상으로 세 개의 크기의 원과 직선 보행 시 근 활성도를 비교하였는데, 회전의 크기에 따른 곡률에 차이에 따라 근육의 활성도가 달랐다고 하였다.

여러 선행 연구들에서 뇌졸중 이후 직선 보행에 비해 회전 보행에 대한 다양한 연구들이 있었지만 보행 시 체중 지지 변화에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 또한 국내 환자를 대상으로 회전 방향에 대한 체중 지지 변화를 알아본 연구는 없는 실정이다. 이에 본 연구는 독립적 보행이 가능한 뇌졸중 환자를 대상으로 직선 보행과 회전 보행 시 양 하지에 체중 지지 비율의 변화를 확인하여 보행 훈련 시 환자에 맞는 회전 방향을 제공하고자 시도 되었다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 전북에 위치한 W대학교병원과 E재활 병원에 뇌졸중으로 입원한 편마비 환자 30명을 대상으로 실시하였다. 연구대상자는 2017년 6월 1일부터 2014년 8월 31일까지 본 연구의 선정 조건에 부합되는 대상자로 하였고 다음과 같다. 뇌졸중으로 진단 받은 자, 보행 보조 도구를 이용하지 않고 20m 이상 보행이 가능한 자, 마비측 하지 경직의 등급이 MAS (modified ashworth scale)가 G2 이하인 자, 한국형 간이정신상태검사 판별검사(mini

mental state examination-korean) 점수가 24점 이상인 자로 선정하였으며, 현기증이나 기타 본 연구를 수행할 수 없는 기저질환이 있는 자는 제외하였다. 모든 실험의 절차는 헬싱키 선언에 입각하여 진행하였다. 모든 대상자에게 본 연구에 대해 충분히 설명하였으며 실험 참여에 자발적으로 동의한 자로 선정하였다. 또한 뇌졸중 환자의 기능적 수준을 버그균형척도 점수를 이용하여 40점을 기준으로 낙상의 정도가 중간 위험군과 최소 위험군으로 분류하였으며, 환자의 일반적, 의학적 특성은 다음과 같다(Table 1).

2. 평가 도구 및 측정 방법

1) 무선 관성 감지 장치

본 연구에 사용된 보행의 시간적 변수를 측정하기 위해 무선 관성 장치(BTS G-WALK, BTS Bio-engineering S.p.A., Milano, Italy)를 사용하였다. 본 연구에 사용된 무선 관성 감지 장치는 가속도계와 자이로스코프를 내장하여, x축, y축, z축의 체중심 가속도 변화의 특성을 이용하여 보행의 시공간적 변수인 분당 보폭 수를 나타내는 Cadence, 평균 보행 속도, 보행 주기 시간, 보행 중 발이 지면에 닿아 있는 입각기와 지면에서 떠 있는 유각기 시간, 단일 지지 기간 등을 측정 분석하여 사용할 수 있다.

2) 측정방법

연구대상자는 허리 벨크로 안에 측정장비를 집어 넣은 후 5번째 요추에 흔들리지 않도록 고정하여 착용한다. 대상자는 바닥에 그려진 반지름 2m인 원형 둘레를 편안한 속도로 회전 보행을 할 수 있도록 하였다. 대상자는 출발선에서 있다가 “출발”이라는 신호와 함께 먼저 나가는 발에 시작 버튼

을 눌러 시작하였으며, 먼저 나간 발이 마지막에 들어오는 시간에 정지를 불렀다. 회전 방향은 마비측이 원의 안쪽에 위치한 상태에서 선의 궤도를 따라 걷는 보행과 비마비측이 원의 안쪽에 위치한 상태에서 선의 궤도를 따라 걷는 동안의 보행의 특성을 각각 2회씩 측정하여 평균화 하였다. 측정은 하루에 모든 측정을 진행되도록 하였으며 방향에 따른 측정 간 휴식시간은 5분으로 설정하여 충분한 휴식을 취할 수 있도록 하였다. 환자의 안정을 위해 보호자나 치료사가 낙상에 대비해 대상자 뒤에서 동행하도록 하였다[18].

3. 분석방법

본 연구 자료의 통계처리를 위해 통계프로그램이 SPSS ver. 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하였다. 연구대상자의 일반적 특성은 기술통계량을 사용하였고, 측정된 변수의 정규성을 검정하

기 위해서 샤피로-윌크(Shapiro-Wilks)검정을 사용하여 모수와 비모수 검정을 사용하였다. 뇌졸중 환자의 건측과 환측으로 회전하는 방향에 따른 보행 특성을 비교하기 위해 버그균형척도 점수가 41점 이상인 군에서는 대응표본 t-검정(paired t-test)을 사용하였고, 버그균형척도 점수가 40점 이하인 군에서는 윌콕슨 부호 순위 검정(Wilcoxon signed rank test)을 사용하여 비교하였다. 통계학적 유의 수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

뇌졸중 환자의 균형 정도를 버그균형척도를 이용하여 40점 기준으로 2개 집단으로 분류하였으며, 연구대상자의 일반적 특성은 다음과 같다(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects

Variables (units)	BBS \geq 41	BBS \leq 40	Total
Gender (male/female)	8/7	9/6	17/13
Affected side (Rt/Lt)	10/5	6/9	16/14
Age (year)	62.66 \pm 5.93 ^a	58.66 \pm 7.69	60.67 \pm 7.05
Onset duration (months)	15.06 \pm 13.37	12.60 \pm 3.15	13.83 \pm 10.47
Body weight (kg)	63.06 \pm 5.17	60.20 \pm 4.82	61.63 \pm 5.12
MMSE-K (scores)	25.46 \pm 2.99	26.46 \pm 1.92	25.97 \pm 2.52
BBS (scores)	46.06 \pm 2.91	32.50 \pm 9.15	39.29 \pm 9.59

뇌졸중 환자의 회전 보행 시 회전 방향이 보행 특성에 미치는 영향

2. 뇌졸중 환자의 회전 방향에 따른 보행 특성 비교

버그균형척도 점수가 41점 이상인 뇌졸중 환자의 마비측과 비마비측 회전방향에 따른 보행속도와 마비측 양발 지지 기간에서 통계적으로 유의한 차이가 없었지만($p>.05$), 마비측 외발 지지 기간에서는 마비

측과 비마비측 회전방향에 따라 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p<.05$) (Table 2).

버그균형척도 점수가 40점 이하인 뇌졸중 환자의 마비측과 비마비측 회전 방향에 따른 보행속도, 마비측 외발 지지 기간, 마비측 양발 지지 기간에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p<.05$) (Table 2).

Table 2. Results of gait parameters to rotation direction in stroke patients

(N=30)

	Parameters	Affected	Unaffected	t/Z	p
BBS ¹ ≥ 41 (n=15)	Speed (m/sec)	0.68±0.10	0.66±0.10	1.747	.102
	ASSSD ² (%)	32.47±3.54	31.00±4.32	4.190	.001
	ASDSD ³ (%)	18.60±3.04	19.20±2.54	-1.598	.132
BBS ≤ 40 (n=15)	Speed (m/sec)	0.48±0.88	0.46±0.80	3.029	.009
	ASSSD (%)	23.47±3.20	22.27±2.57	2.553	.023
	ASDSD (%)	20.60±2.16	21.80±1.97	-3.674	.003

¹Berg balance scale, ²Affected side single support duration, ³Affected side double support duration Group

IV. 고찰

보행의 비대칭성은 보행의 비효율성, 균형 조절의 어려움, 비마비측의 근골격계 손상, 마비측의 골밀도의 감소와 같은 직접적이고 간접적인 부정 결과들과 관련되어 있기 때문에 임상적으로 중요한 지표가 된다[4]. 이에 본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 마비측과 비마비측으로 회전 보행하였을 때 보행 속도, 마비측 하지의 체중 지지 비율에 차이가 나타나는지 알아보았다. 본 연구의 결과 균형 능력이 최소 낙상 위험군에 해당되는 버그균형척도

점수가 41점 이상의 환자에서 마비측 외발 지지 기간에서는 마비측과 비마비측 회전 방향에 따라 유의한 차이가 나타났고, 균형 능력이 중등도 낙상 위험군에 해당되는 버그균형척도 점수가 40점 이하의 환자에서 보행속도, 마비측 외발 지지 기간, 마비측 양발 지지 기간에서 유의한 차이가 발생했다. 이는 회전 보행 시 마비측 하지가 회전의 안쪽 궤도를 따라 보행하였을 때가 비마비측이 회전의 안쪽을 따라 보행했을 때보다 보행 속도와 마비측 외발 지지 기간이 증가하였고, 마비측 양발 지지 기간은 감소하는 결과를 보였다.

본 연구에 보행 특성을 측정하기 위해 사용된 무선 관성 감지 장치는 가속계와 자이로스코프가 내장되어 있고, 회전 보행, 계단 보행, 점프하기, 경사로 등 기존의 직선 보행의 평가 방식에서 벗어나 다양한 보행의 특성에 대한 측정을 할 수 있는 장비이다. 이 장비는 직선과 회전이 포함된 일거나 걸어가기 검사에서 타당성이 입증되었다[20]. 본 연구의 회전 보행에서 사용된 원은 총 길이 12.6m, 반지름 2m, 곡률 0.5m의 원형 궤도를 이용하였다[19].

인간에 있어 독립적인 보행 능력은 기본적인 삶을 영위하는데 있어 필수불가결한 요소이므로, 뇌졸중 환자의 재활에 있어 보행 능력의 회복은 성공적인 재활의 최고의 목표가 될 수 있다[9]. 뇌졸중 환자들은 급성기 병원인 3차 의료기관에서 초기 뇌졸중 재활 훈련을 받게 되는데, 입원치료 기간은 대략 3~4주 된다. 급성기 재활에서는 균형 능력과 근력강화 등 보행을 하기 위한 다양한 훈련을 받게 되는데, 보행 훈련의 초기 단계이기 때문에 대부분 실내 보행에 의존하며 직선 보행 훈련에 집중하게 되지만 퇴원 후 재활병원, 가정과 지역사회 복귀 및 외래 치료를 받기 위해서는 회전 보행이 포함된 훈련이 반드시 병행되어야 한다[15,21]. 일상생활동작에서 보행의 20~50%가 방향 회전 동작이 포함되어 있기 때문에 회전 보행 능력의 습득은 매우 중요하다[22].

버그균형척도 점수가 41점 이상인 뇌졸중 환자에서 마비측 외발 지지 기간에서는 마비측으로 회전하였을 때가 더 유의하게 증가되었다. 건강한 성인의 경우 한쪽 하지의 외발 지지 기간은 평균 40%로 보고 되고 있다[8]. 본 연구에서는 32.47%로 건강한 성인의 40% 비해 체중 지지 기간이 감소된 상태로 보행하고 있음을 알 수 있다. Richard [23]는 회전 보행 훈련은 내측 다리에 한 발 지지

기간을 길게 유지 시켜 줄 수 있는 보행 방법이라고 하였다. Faria 등[24]은 뇌졸중 환자를 대상으로 마비측과 비마비측으로 회전하는 것에 대한 일거나 걸어가기 검사에서 유의한 차이가 없었다고 보고하였는데, 이는 본 연구의 결과와 유사하여 본 연구의 결과를 지지한다. 이는 건강인에 비해 버그균형척도 점수가 평균 56점 만점에서 평균 46.06점으로 비교적 균형 능력이 좋은 환자를 대상으로 하였기 때문인 것으로 생각된다.

버그균형척도 점수가 40점 이하인 뇌졸중 환자에서 마비측 하지를 안쪽으로 하여 보행하였을 때가 비마비측 하지를 안쪽으로 하여 보행하였을 때보다 보행 속도와 마비측 한발 지지 기간이 증가하였으며, 마비측 양발 지지 기간은 감소하였다. 이러한 결과는 곡률 0.5m의 회전 보행 시 마비측 하지가 내측으로 하여 보행 하였을 때 보행 속도와 마비측 하지의 체중 지지되는 기간이 증가되었음을 의미한다. Godi 등[25]은 만성 뇌졸중 환자 20명과 건강인을 대상으로 반지름 1.5m인 원형궤도에서 보행 시 보행 속도를 비교한 결과 뇌졸중 환자는 정상인의 60%로 보행 속도가 감소한다고 하였다. 또한 뇌졸중 환자를 시계와 반시계 방향으로 보행시켜 보행 속도를 측정한 결과 방향에 따른 속도 변화에 차이가 없었다고 보고 하여 본 연구와 상반된 결과를 보였다. 이러한 결과 차이는 본 연구에서는 마비측과 비마비측으로 회전 방향을 구분하였는데 선행 연구는 시계 방향과 반시계 방향으로만 구분하여 비교하였기 때문에 마비측에 따른 보행 속도에 차이가 발생하지 않았던 것으로 생각된다. 회전 보행 시 안쪽에서 지지되는 하지는 바깥쪽 하지에 비해 이동해야 하는 거리가 짧기 때문에 상대적으로 지면에 닿아 있는 입각기 기간이 증가하게 되므로 내측 하지의 중간 입각기 기간이 증가하게 된다[25]. 또한 회전 보행 시 체

뇌졸중 환자의 회전 보행 시 회전 방향이 보행 특성에 미치는 영향

간의 안쪽으로 기울어지기 때문에 무게 중심점이 내측의 하지에 더 집중되기 때문에 체중 지지 기간이 증가하게 된다[26]. 본 연구의 결과도 마비측 하지를 내측으로 하여 회전 보행 시 자연스럽게 곡선의 궤도를 따라 보행함으로써 마비측 하지에 입각기에 해당하는 체중 지지 기간이 증가되는 보행 환경이 제공된 것으로 생각된다. 뇌졸중 환자는 마비측으로 체중 지지 능력이 현저히 저하되어 비대칭적인 자세로 인해 보행 속도, 체중 지지, 체중 이동 능력 및 균형 능력에 많은 장애를 초래하여 환자의 보행의 질적 및 양적 능력의 저하를 초래하게 된다. 또한 대부분의 뇌졸중 환자의 체중 지지와 체중 이동 훈련은 정적인 기립 상태에서 많이 행해졌고, 트레드밀 보행, 복도 및 통로에서 행해지는 보행 훈련은 대부분 직선 보행을 이용한 훈련을 대부분 적용했다[11,12] 따라서 뇌졸중 환자의 보행 훈련 시 회전 보행 훈련은 보행 거리의 제한이 있는 공간에서 충분한 양의 보행을 위해서나 일상생활 활동에 많은 부분이 회전 구간이 필요하므로 조기 보행 때부터 훈련 프로그램에 포함시켜야 하며, 또한 회전 보행 시 본인의 보행 훈련의 목적에 맞는 방향을 선택하여 훈련을 하는 것이 효과적일 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점으로는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 30명으로 제한되었기 때문에 모든 뇌졸중 환자에게 일반화시킬 수 없고, 회전 보행 시 반지름 2m의 원형 궤도에 대한 보행 특성이므로 다양한 크기와 곡률에 따른 보행 특성에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다. 또한 본 연구에서는 마비측 하지의 보행 주기만을 측정하여 비교하였지만, 향후 연구에서는 비마비측 하지와 보행 주기나 보행 특성에 대한 다양한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

이를 통해 뇌졸중 환자의 회전 보행을 곡선의

크기와 곡률에 따라 다양하게 적용하면 보행 훈련이 단순한 거리 이동이 아닌 기능적 보행 훈련이 될 수 있도록 회전 보행 프로그램을 제공하여 뇌졸중 환자의 보행 능력 향상에 도움이 될 것으로 생각된다.

V. 결론

본 연구는 뇌졸중 환자의 회전 보행 시 회전 방향이 보행 특성에 미치는 영향을 알아보았다. 총 30명의 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 버그균형척도 점수 41점 이상의 뇌졸중 환자에서 마비측 외발 지지 기간에서는 마비측으로 회전하였을 때가 더 증가되었고, 버그균형척도 점수 40점 이하의 뇌졸중 환자에서 마비측 하지를 안쪽으로 하여 보행하였을 때가 보행 속도와 마비측 한발 지지 기간이 증가하였으며, 마비측 양발 지지 기간은 감소하였다. 본 연구의 결과, 보행 능력이 장애가 있는 뇌졸중 환자를 대상으로 보행 훈련 시 회전 보행 훈련은 중요하기 때문에 훈련의 목적에 맞게 회전 방향을 제시해 주어야 할 것이며, 향후 다양한 곡률에 따른 회전 보행의 보행 특성을 분석하여 뇌졸중 환자의 보행 능력 향상시킬 수 있는 다양한 훈련 방법이 제시되어야 할 것이다.

VI. 참고문헌

1. Tyson SF, Hanley M, Chillala J, Selley A, Tallis RC. Balance disability after stroke. *Physical Therapy*. 2006;86(1):30-38.
2. Clark DJ, Patten C. Eccentric versus concentric resistance training to enhance neuromuscular activation and walking speed following stroke. *Neurorehabilitation and Neural*

- Repair. 2013;27(4):335-344.
3. Dickstein R, Shefi S, Marcovitz E, Villa Y. Anticipatory postural adjustment in selected trunk muscles in poststroke hemiparetic patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004;85(2):261-267.
 4. Patterson KK, Parafianowicz I, Danells CJ, Closson V, Verrier MC, Staines WR, et al. Gait asymmetry in community-ambulating stroke survivors. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2008;89(2):304-310.
 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):23-28.
 6. Jung KM, Jung YJ. Effect of trunk stabilization exercise on walk speed, energy consumption in patient with stroke: Single-subject research design. *Journal of Korea Society for Neurotherapy*. 2016;20(2):25-31.
 7. Chen IH, Yang YR, Cheng SJ, Chan RC, Wang RY. Neuromuscular and Biomechanical Strategies of Turning in Ambulatory Individuals Post-Stroke. *Chinese Journal of Physiology*. 2014;57(3):128-36.
 8. Xu B, Yan T, Yang Y, Ou R, Huang S. Effect of normal-walking-pattern-based functional electrical stimulation on gait of the lower extremity in subjects with ischemic stroke: A self controlled study. *NeuroRehabilitation*. 2016;38(2):163-169.
 9. Wu SH, Huang HT, Lin CF, Chen MH. Effects of a program on symmetrical posture in patients with hemiplegia: a single-subject design. *American Journal of Occupational Therapy*. 1996;50(1):17-23.
 10. Lee JS, Nam KW, Kim KY, Yoon JW, Park JH. Effect of Weight Bearing Exercise on Weight Bearing and Balance for Patients with Chronic Stroke. *The Journal of Korean Physical Therapy* 2012;24(4):253-261.
 11. Mikołajewska E. Associations between results of post-stroke NDT-Bobath rehabilitation in gait parameters, ADL and hand functions. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*. 2013;22(5):731-738
 12. Kim K, Lee DK, Jung SI. Effect of coordination movement using the PNF pattern underwater on the balance and gait of stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015;27(12):3699-3701.
 13. Wevers L, Van De Port I, Vermue M, Mead G, Kwakkel G. Effects of task-oriented circuit class training on walking competency after stroke. *Stroke*. 2009;40(7):2450-2459.
 14. Shima N, Ishida K, Katayama K, Morotome Y, Sato Y, Miyamura M. Cross education of muscular strength during unilateral resistance training and detraining. *European Journal of Applied Physiology*. 2002;86(4):287-294.
 15. Glaister BC, Bernatz GC, Klute GK, Orendurff MS. Video task analysis of turning during activities of daily living. *Gait Posture*. 2007;25(2):289-294.
 16. Godi M, Nardone A, Schieppati M. Curved walking in hemiparetic patients. *Journal of*

뇌졸중 환자의 회전 보행 시 회전 방향이 보행 특성에 미치는 영향

- Rehabilitation Medicine. 2010;42(9):858-865.
17. Lee KM, Han SH, Kim YS. Effects of asymmetrical weight bearing during straight and circular walking in hemiplegic patients. *Annals of Rehabilitation Medicine*. 2003;27(2):173-177.
 18. Lee G, Cho CH, Lim KJ, Lee JH, Yoon GR, Woo YK. Effect of direction to be used for the timed up and go test on walking time in stroke patients. *Physical Therapy Korea*. 2016;23(2):11-19.
 19. Duval K, Luttin K, Lam T. Neuromuscular strategies in the paretic leg during curved walking in individuals post-stroke. *Journal of Neurophysiology*. 2011;106(1):280-290.
 20. Weiss A, Herman T, Plotnik M, Brozgol M, Maidan I, Giladi N, et al. Can an accelerometer enhance the utility of the Timed Up & Go Test when evaluating patients with Parkinson's disease?. *Medical Engineering & Physics*. 2010;32(2):119-125.
 21. Jung YJ, Jung KM, Joo MC. Effects of robot-assisted upper limb training in patients with acute stroke: Randomized controlled pilot study. *Journal of Korean Society of Occupational Therapy*. 2017;25(2):15-27.
 22. Segal AD, Orendurff MS, Czerniecki JM, Shofer JB, Klute GK. Local dynamic stability in turning and straight-line gait. *Journal of Biomechanics*. 2008;41(7):1486-1493.
 23. Richard SS. *Clinical Neuroanatomy*. Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer Business; 2010.
 24. Faria CD, Reis DA, Teixeira-Salmela LF, Nadeau S. Performance of hemiplegic patients in 180° turns in the direction of the paretic and non-paretic sides before and after a training program. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 2009;13(5):451-457.
 25. Godi M, Nardone A, Schieppati M. Curved walking in hemiparetic patients. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2010;42(9):858-865.
 26. Courtine G, Papaxanthis C, Schieppati M. Coordinated modulation of locomotor muscle synergies constructs straight-ahead and curvilinear walking in humans. *Experimental Brain Research*. 2006;170(3):320-335.