

# 체중이동 운동이 뇌졸중 환자의 다리 Global Synkinesis와 보행에 미치는 영향

백승윤

세한대학교 물리치료학과

## Effect of Weight Shift Exercises on Leg Global Synkinesis and Gait in Patients with Stroke

Seung-Yun Baek, PT, PhD

Department of Physical Therapy, Sehan University

Received: December 30, 2020 / Revised: January 04, 2021 / Accepted: February 15, 2021

© 2021 J Korean Soc Phys Med

### | Abstract |

**PURPOSE:** This study aimed to analyze the factors influencing the improvement of global synkinesis (GS) and gait in stroke patients by the weight shift exercise.

**METHODS:** Twenty stroke patients were randomly assigned to experimental group I (n = 10) and experimental group II (n = 10). In experimental group I, weight shift with upper extremity exercises in a standing position were mediated and in experimental group II, upper extremity exercises in a standing position were mediated. These interventions were conducted in both groups for three sessions per week, 30 minutes per session over four weeks. Before the interventions, leg GS was measured using surface electromyography and the 10m walk test (10MWT). The same parameters were measured four weeks later.

**RESULTS:** The GS and 10MWT of the experimental group I showed that there was a statistically significant difference

between dorsiflexion ( $p < .05$ ) and plantarflexion ( $p < .01$ ) and 10MWT ( $p < .01$ ). In experimental group II, there was a statistically significant difference only in 10MWT ( $p < .01$ ). The comparison between the changes in both groups showed that in the case of GS, there was a statistically significant difference in the dorsiflexion ( $p < .01$ ) and plantarflexion ( $p < .05$ ), and in the 10MWT too ( $p < .05$ ).

**CONCLUSION:** GS of the lower extremities was decreased by improving posture control and enlarging soft tissues due to the symmetrical weight shift in experimental group I, which turned out to be effective in improving the gait speed.

**Key Words:** Global Synkinesis, 10m walk test, Stroke

### I. 서론

뇌졸중이란 뇌에 공급되는 혈류가 차단되거나 출혈로 인하여 뇌조직이 손상되어 신체의 장애를 일으키는 질환이다[1]. 뇌졸중 환자들은 운동감각(sensorimotor) 신경로의 손상으로 팔과 다리의 근약화와 비정상적인 근긴장도로 인해 신체의 기능적 움직임과 자세유지와 선택적인 운동조절이 어려워진다[2,3]. 마비측 근육의 비운동성 기간이 길어짐에 따라 결합조직의 점성이 증

Corresponding Author : Seung-Yun Baek

qorgkgk13@naver.com, <https://orcid.org/0000-0002-0473-2562>

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.

가하여 발목의 관절가동범위 제한이 나타나 기저면 내에서 신체 무게중심을 이동하는 체중이동 능력이 저하되기 때문에[4,5], 뇌졸중 환자들은 선 자세에서 마비측 다리에 25-45% 정도의 체중지지만 이루어진다[6,7]. 이러한 비대칭적인 체중지기로 인해 보행 시 비대칭 보행이 나타나며[8], 일어서기, 이동하기, 걷기 등의 활동을 하는 기본적인 일상생활 동작에 어려움이 발생하게 되는데[9], 원활한 일상생활 동작을 수행하기 위해서는 다리뿐만 아니라 팔 기능이 향상되는 것도 매우 중요한 실정이지만[10], 뇌졸중 환자들의 팔 기능 회복은 5% 정도가 정상적으로 회복하는 경향을 보인다[11]. 이는 마비측 팔 보다 비마비측 팔을 사용하려는 의존성 때문에 마비측 팔의 기능적 활동이 감소되어[12], 근육의 약화와 구축으로 인해 팔의 기능 장애를 더욱 초래하기 때문이다[13].

이처럼 뇌졸중 환자들은 다리뿐만 아니라 팔에도 기능적 제한이 나타나지만 대부분 기능 회복을 위한 치료는 다리와 팔 중 선택하여 한 부위에만 초점을 두고 시행하고 있다[14]. 이러한 문제점을 보완하고 환자들의 팔과 다리를 복합적으로 치료 접근을 할 수 있도록 제시한 치료방법 중 하나가 선 자세에서 팔 운동이다[15]. 선 자세에서 마비측 체중부하는 마비측 다리에 긍정적인 영향을 미치게 되며[16], 마비측 다리로 체중이동을 시킴으로써 근력 강화와 대칭적인 자세조절, 보행을 향상 시킬 수 있다[17]. 그리고 양측 팔의 대칭적 움직임을 통해 일차운동영역과, 보조운동영역을 활성화 시켜 마비측 팔의 수의적인 움직임을 개선하기 때문에[18], 선 자세에서 팔 운동은 뇌졸중 환자들의 복합적인 신체 기능에 효과적인 영향을 미치게 된다[19].

뇌졸중 환자의 기능손상 측정에 중요한 평가지표로서 활용할 수 있는 Global synkinesis (GS)는 과제 수행 시 비마비측 팔의 과도한 수축으로 인해 마비측 팔의 동일한 근육에서 의도하지 않은 움직임이 나타나는 현상을 말한다[20]. 이처럼 신경학적 손상을 가진 뇌졸중 환자들은 마비측 운동손상 정도에 따라 GS가 변화를 나타나기 때문에[21], 많은 연구들이 뇌졸중 환자들에게 운동방법을 적용한 후 기능 회복 양상을 알아보기 위해 GS를 평가지표로 사용되고 있다[20,22].

뇌졸중 환자들은 한 가지의 기능 제한이 아닌 다양한 신체 기능 제한을 가지고 있음에도 불구하고 주로 임상에서는 뇌졸중 환자들의 기능 회복을 위한 치료적 접근 방법은 팔이나 다리 중 선택하여 치료를 시행하고 있다[14]. 그러나 뇌졸중 환자들의 원활한 일상생활을 위해서는 숙련된 움직임들이 통합되어 이루어져야 하기 때문에 다양한 자극을 줄 수 있는 선 자세에서 팔 운동의 필요성을 제시하였다[15]. 따라서 본 연구는 선 자세에서 체중이동 운동을 시킴으로써 뇌졸중 환자의 다리 GS와 보행 개선에 미치는 요인을 분석하여 빠른 사회적 복귀를 위한 임상적 기초자료를 제공하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 설계

본 연구의 대상자 수는 G-power 3.1 program을 이용하여 효과 크기 .50, 검정력 .80, 유의 수준 .05로 설정하여 산출하였다. 선정 기준에 부합된 20명의 뇌졸중 환자를 표본 추출하고 제비뽑기를 통해 선 자세에서 체중이동에 따른 팔 운동을 중재한 집단 10명을 실험군 I, 선 자세에서 팔 운동을 중재한 집단 10명을 실험군 II로 무작위 배치한 후 다리의 GS와 보행능력을 사전 검사하였다. 모든 중재는 10분 동안 시행 후 5분간 휴식, 2회 반복으로 총 30분씩 주 3회, 4주간 실시하였으며, 4주 후 모든 중재가 종료되면 사후 검사를 시행하였다.

### 2. 연구대상

본 연구는 2020년 9월부터 11월까지 전라남도에 소재한 J병원에 입원하여 뇌졸중 진단을 받고, 편마비 증상을 가지고 있는 환자들 중 연구대상자 모집공고에 자발적으로 지원한 환자 20명을 대상으로 하였다. 본 연구는 대상자에게 연구의 내용과 목적을 충분히 설명하고 참여 동의를 받은 후 진행하였다.

연구대상자의 선정기준은 1) 뇌졸중 진단을 받은 6개월 이상인 자, 2) 마비측 상하지 경직의 수준이 수정된 Ashworth 척도(Modified Ashworth Scale: MAS) G2 이하인 자, 3) 보조 장비 없이 10m 보행이 가능한 자로 하였다. 제외기준으로는 1) 골절이나 관절 등의 손상으

Table 1. General Characteristics of the Participants in the Two Groups

Items	Experimental group I (n = 10)	Experimental group II (n = 10)	p
	M ± SD	M ± SD	
Age (years)	65.20 ± 7.92	66.50 ± 10.36	.756
Hight (cm)	164.12 ± 6.20	161.50 ± 7.42	.425
Weight (kg)	64.20 ± 4.87	62.50 ± 3.86	.399

로 인하여 질환을 악화 시킬 수 있는 자, 2) 심혈관 질환이 있는 자, 3) 한국형 간이 정신상태 판별검사 (K-MMSE) 23점 이하로 연구방법을 이해하는데 어려움이 있는 자로 하였고 일반적 특성은 다음과 같다 (Table 1).

### 3. 평가도구와 측정방법

#### 1) Global synkinesis 측정

표면근전도 MP 100 system (Biopac, USA) 2채널을 사용하였고, 신호 수집을 위한 표본 추출률(sampling rate)을 1,000 Hz로 하였으며, 주파수 대역 필터는 30-450 Hz로 설정하였다. 전극을 부착하기 전에 피부저항을 최소화하기 위해 대상자들의 피부에서 털을 제거하고 알코올 솜으로 문질러 피부를 청결히 한 후에 전극을 부착하였다. 기록전극은 마비측 다리의 발등굽힘과 발바닥굽힘을 하기 위해 대표적인 근육으로 안쪽장딴지근(medial gastrocnemius), 앞정강근(tibialis anterior)의 근복에 부착하였으며, 접지전극은 운동에 방해가 되지 않기 위해 가쪽 복사뼈에 부착하였다. 의자에 편안하게 앉은 자세에서 무릎관절은 90°를 유지하고 건측에 두 가지 과제로 발등굽힘과 발바닥굽힘 동작을 관절가동 끝범위에서 등척성수축을 하도록 지시하였다. 5초 동안 안정 후, 10초 동안 등척성수축을 하고 10초 간 휴식을 취하였으며, 총 3 set를 시행하였다. 그리고 편안히 앉은 자세에서 1회에 3초 동안, 총 3회 마비측 다리의 기준점(baseline) 신호를 수집 하였다. 측정된 신호들의 평균값을 구하여 각각의 실효치 진폭(root mean square: RMS)값으로 수집하였고, 흥분된 실효치 진폭값에서 기준점 실효치 진폭값을 뺀 후, 순 자극레벨(net excitation level)의 값을 구한 뒤에 다시 기준점 실효치

진폭값으로 나누어 발등굽힘과 발바닥굽힘 동작의 Standardized Net Excitation(SNE)을 산출하였으며, 각 동작의 SNE 값을 서로 합하여 GS 값으로 산출하였다[23].

#### 2) 10m 보행 검사(10m walking test; 10MWT)

직선거리 10m를 걷는 동안에 보행능력을 평가하는 방법으로, 두 지점간의 직선거리를 테이프를 이용하여 14m 연결한 보행통로를 구성하였다. 시작과 끝의 각 2m는 가속과 감속을 위한 거리로 설정 한 후에 보행 통로의 10m 거리에 대한 보행 시간을 측정하여 기능적 보행을 위한 측정변수로 사용하였다. 높은 신뢰도와 타당도를 나타내는 평가 도구이다[24].

### 4. 중재방법

#### 1) 공통 중재

(1) 신경발달치료(Neurodevelopmental Treatment; NDT) 신경발달치료는 체간 운동, 일상생활 동작, 특정 과제 훈련 및 보조 장치를 사용하는 보상 접근법을 포함한 기능 및 장애의 개선을 위한 포괄적인 접근 방법이다. 교각 운동, 골반 운동, 체중지지 운동 및 체중이동 운동과 같은 임상에서 일반적으로 수행되는 활동을 시행하였다[25].

#### (2) 체중이동을 동반한 팔 운동

실험군 I의 중재를 적용하기 위해 같은 종류의 체중계 2개를 준비하였고, 신발을 벗고 올라가 체중계 위에서 중재를 안전하게 수행할 수 있도록 하네스를 착용하였으며, 대상자는 정면을 보고 치료사가 체중계의 눈금을 확인하면서 다리의 대칭적인 체중지지를 위해 구두지시를 하였다[26,27]. 높이 조절이 가능한 전동테이블



Fig. 1. Weight shift with upper limb exercise.

을 활용하여 환자들의 엉덩뼈 능선 높이로 맞춘 후 수건 밀기를 시행하였다. 그리고 환자가 운동에 주의를 집중할 수 있도록 하기 위하여 환자 팔 길이의 100%와 60%에 해당하는 지점에 목표를 설정하고 목표 지점까지 건측 팔과 마비측 팔을 동시에 뻗을 수 있도록 시행하였다[15,28](Fig. 1).

(3) 선 자세에서 팔 운동

실험군II의 중재를 안전하게 수행할 수 있도록 하네스를 착용하였고[25], 높이 조절이 가능한 전동테이블을 활용하여 환자들의 엉덩뼈 능선 높이로 맞춘 후 수건 밀기를 시행하였다. 그리고 환자가 운동에 주의를 집중할 수 있도록 하기 위하여 환자 팔 길이의 100%와 60%에 해당하는 지점에 목표를 설정하고 목표 지점까지 건측 팔과 마비측 팔을 동시에 뻗을 수 있도록 시행하였다[15,28].

5. 자료분석

본 연구의 자료 처리는 Window용 SPSS 20.0을 이용하여 측정항목에 대한 평균과 표준편차를 산출하였고, 연구대상자의 일반적 특성에 대한 동질성을 Levene의 등분산 검정(Levene's test)을 실시하였다. 그리고 집단 내 Global synkinesis와 보행능력의 변화를 비교하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test)를 사용하였고, 집단 간 Global synkinesis와 보행능력의 변화를 비교하기 위해 공분산분석(ANCOVA)를 사용하였다. 유의수준  $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

본 연구대상자의 일반적 특성은 다음과 같다(Table 1).

2. 실험군 I의 집단 내 다리 GS 변화 및 10MWT의 변화 비교

다리의 GS 변화에서는 발등굽힘 동작의 GS에서는 통계학적으로 유의한 차이가 나타났고 ( $p < .01$ ), 발바닥굽힘 동작에서도 GS가 통계학적으로 유의한 차이가 있었으며( $p < .05$ ), 10MWT 변화에서도 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .01$ )(Table 2).

3. 실험군II의 집단 내 다리 GS 변화 및 10MWT의 변화 비교

다리의 GS 변화에서는 통계학적으로 유의한 차이가

Table 2. Changes in GS and 10MWT in Experimental Group I

Items	Experimental group I (n = 10)		t	p	
	Pre-test M ± SD	Post-test M ± SD			
GS (%)	Dorsi flexion	.06 ± .01	.01 ± .01	4.739	.001**
	Plantar flexion	.05 ± .02	.03 ± .01	2.909	.017*
10MWT (sec)	30.70 ± 2.40	27.10 ± 2.07	4.014	.003**	

\*p < .05, \*\*p < .01

GS: Global Synkinesis, 10MWT: 10M walk test

Table 3. Changes in GS and 10MWT in Experimental Group II

Items	Experimental group II (n = 10)		t	p	
	Pre-test M ± SD	Post-test M ± SD			
GS (%)	Dorsi flexion	.08 ± .11	.06 ± .08	2.230	.053
	Plantar flexion	.05 ± .03	.04 ± .01	.989	.348
10MWT (sec)		31.40 ± 2.01	30.10 ± 2.37	2.512	.033*

\*p < .05

GS: Global synkinesis, 10MWT: 10M walk test

Table 4. Changes in GS and 10MWT between the Groups

Items		Pre-test	Post-test	F	p
		M ± SD	M ± SD		
GS (%)	Dorsi flexion	E-group I	.06 ± .01	8.696	.009**
		E-groupII	.08 ± .11		
	Plantar flexion	E-group I	.05 ± .02	8.205	.011*
		E-groupII	.05 ± .03		
10MWT (sec)	E-group I	30.70 ± 2.40	27.10 ± 2.07	8.357	.011*
	E-groupII	31.40 ± 2.01	30.10 ± 2.37		

\*p < .05, \*\*p < .01

GS: Global Synkinesis, 10MWT: 10M walk test

나타나지 않았으나, 10MWT 변화에서는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p < .05)(Table 3).

#### 4. 집단 간 다리 GS 변화 및 10MWT의 변화 비교

다리의 GS 변화에서는 발등굽힘 동작의 GS에서는 통계학적으로 유의한 차이가 나타났고(p < .01), 발바닥 굽힘 동작에서도 통계학적으로 유의한 차이가 있었으며(p < .05), 10MWT 변화에서도 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p < .05)(Table 4).

### IV. 고 찰

뇌졸중 환자들은 팔과 다리의 기능 제한으로 인해 일상생활 동작에 어려움이 발생하게 되고 뇌졸중 환자의 삶의 질이 저하되는데[29], 뇌졸중 환자들의 기능

회복을 위한 치료적 접근방법은 팔이나 다리 중 선택하여 치료를 시행하고 있다[14]. 이러한 문제점을 보완하고자 선 자세에서 체중이동 운동이 뇌졸중 환자의 다리 GS와 보행에 미치는 영향을 논의하고자 한다.

GS는 편측 팔다리가 활성화될 때 반대측 팔다리의 상동 부위에서 의도하지 않은 활성화가 나타나고[20], 특히 과도한 수축을 하거나 어려운 과제를 수행할 때 더 쉽게 관찰할 수 있다[21]. Chen 등[30]의 연구에서는 GS와 경직은 높은 관련성이 있으며 원활한 일상생활을 하기 위해서는 GS의 변화가 클 때 효과적이라고 하였다. 본 연구에서도 체중이동을 동반한 팔 운동 중재한 실험군 I, 선 자세에서 팔 운동을 중재한 실험군II의 집단 내 GS를 변화를 비교한 결과, 실험군 I의 발등굽힘과 발바닥굽힘에서만 통계학적으로 유의하게 감소하였는데, 이러한 이유는 마비측 다리에 반복적인 체중

지지와 움직임으로 인해 다리관절 주변 근육의 근활성과 고유수용성 감각기능을 향상시켜 GS가 감소한 것으로 판단된다. Moon 등[15]의 연구에서는 뇌졸중 환자 10명을 대상으로 선 자세에서 팔 운동을 중재하여 GS를 알아 본 결과, 중추신경계로 전달되는 신경섬유에 긍정적인 변화로 근경직이 감소함으로써 GS의 감소를 보고하였고, 박영현[31]은 근긴장도를 GS로 측정하여 경피전기자극을 중재하여 GS를 알아 본 결과, 중추신경원의 흥분성 억제로 GS의 감소를 보고하였으며, 임재현[32]은 다리의 GS 수준이 낮을수록 주동근과 대항근의 부적절한 협력수축의 감소하여 보행의 향상을 보고하였다. 본 연구의 집단 간 GS 변화 비교에서도 발등굽힘과 발바닥굽힘 GS에서 통계학적으로 유의한 차이를 보여 선행연구를 뒷받침하는 결과를 도출하였는데, 실험군 I에서 건측으로 이동되어 있는 중력 중심선(center of gravity)을 정중앙으로 위치시켜 안정성이 증진되고 연부조직의 구축과 경직 감소로 인해 다리의 주동근과 대항근의 부적절한 공동수축을 조절한 것으로 생각된다.

Chen 등[33]은 선 자세에서 팔을 뻗는 과제를 반복적으로 수행하면 균형 능력과 예측성 자세조절능력이 향상된다고 보고하였고, Waller 등[14]은 뇌졸중 환자 9명을 대상으로 선 자세에서 팔에 보조기구를 착용한 후 쥐기, 뻗기, 놓기 과제를 중재하여 자세조절 능력을 알아본 결과, 체중 이동의 속도, 방향 조절능력과 균형능력의 향상을 보고하였으며, Lee 등[34]은 뇌졸중 환자 10명을 대상으로 자세 변화를 통한 자세조절훈련을 중재하여 보행속도, 분당 보폭 수를 알아본 결과, 보행능력의 향상에 긍정적 효과를 보고하였다. 본 연구에서도 실험군 I, 실험군II의 집단 내 보행속도 변화를 비교한 결과 두 집단 모두에서 보행속도가 통계학적으로 유의하게 증가함으로써 선행연구결과를 지지하였는데, 그 이유로는 선 자세에서 팔 운동을 시행하는 동안 자동적으로 진행된 자세조절이 고유수용성 감각을 자극하여 보행능력 향상에 긍정적인 효과를 미친 것으로 생각된다. Bang과 Shin[29]은 마비측으로 체중이동 능력이 보행속도와 분당 보폭 수 변화에 밀접한 관련이 있음을 보고하였고, 고연주와 이한숙[35]은 뇌졸중 환자에 체

중이동 훈련을 4주 간 중재하여 보행속도를 알아본 결과, 보행속도가 증가함을 보고하였으며, 방대혁과 조혁신[19]은 뇌졸중 환자 8명을 대상으로 선 자세에서 팔 운동을 중재하여 보행변수를 알아본 결과 보행속도, 분당 보폭 수, 활 보장이 모두 유의하게 향상을 보고하였다. 본 연구의 집단 간 보행속도 변화 비교에서도 통계학적으로 유의한 차이를 보여 선행연구를 뒷받침하는 연구결과를 도출할 수 있었다. 그 이유는 실험군 I은 마비측 다리에 체중부하를 유도하여 다리관절 주변 근육의 근활성과 고유수용성 감각기능을 향상시켜 보행 시 마비측 다리의 체중이동 경로가 정상인과 유사하게 발뒤꿈치에서 앞발로 밀리게 되어 보행의 향상이 이루어진 것으로 판단된다.

본 연구의 제한점으로는 대상자 선정 조건에 부합하는 환자만을 대상으로 연구를 진행하였기 때문에 이를 일반화시키기에는 어려움이 있을 것이며, 일상생활활동의 회복 정도에 영향을 미칠 수 있는 신체적, 환경적 요인의 영향을 고려하지 못하였다. 그러므로 향후 연구에서는 이러한 제한점을 보완하여 연구가 진행되어야 할 것이다.

## V. 결론

본 연구는 실험군 I에서 GS는 발등굽힘과 발바닥굽힘에서 통계학적으로 유의하게 감소하였고, 보행속도가 통계학적으로 유의하게 향상되었다. 그리고 실험군 II에서는 보행속도 변화에서만 통계학적으로 유의하게 증가함을 알 수 있었다. 이러한 결과는 실험군 I이 선 자세에서 체중이동으로 인해 자동적 자세조절능력이 향상되고, 중추신경계의 긍정적인 변화로 근경직이 감소하여 GS가 감소하는 경향이 나타나 주동근과 대항근의 부적절한 협력수축을 억제 시킴으로써 보행속도 향상에 효과적임을 알 수 있었다. 따라서 뇌졸중 환자들의 빠른 사회적 복귀를 위해 다리 GS를 감소시킬 수 있는 체중이동 운동을 활용해야 할 것으로 여겨진다.

## References

- [1] World Health Organization. Stroke, Cerebrovascular accident. 2014.
- [2] 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.
- [3] Kleindorfer D, Lindsell CJ, Moomaw CJ, et al. Which stroke symptoms prompt a 911 call? A population-based study. *Am J Emerg Med*. 2010;28(5):607-12.
- [4] Bonan IV, Colle FM, Guichard JP, et al. Reliance on visual information after stroke. Part I: Balance on dynamic posturography. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2004;85(2):268-73.
- [5] Rodgers SL, Rodgers MM, Macko RF, et al. Effect of treadmill exercise training on spatial and temporal gait parameters in subjects with chronic stroke. *J Rehabil Res Dev*. 2008;45(2):221-8.
- [6] Goldie PA, Matyas TA, Evans OM, et al. Maximum voluntary weight-bearing by the affected and unaffected legs in standing following stroke. *Clinical Biomechanics*. 1996;11(6):333-42.
- [7] Liaw MY, Chen CL, Pei YC, et al. Comparison of the static and dynamic balance performance in young, middle-aged, and elderly healthy people. *Chang Gung Med J*. 2009;32(3):297-304.
- [8] Lee YW, Shin DC, Lee KJ, et al. The Relation between asymmetric weight-supporting and gait symmetry in patients with stroke. *J Korean Soc Phys Med*. 2012; 7(2):205-12.
- [9] Dobkin BH. Training and Exercise to drive poststroke recovery. *Nature Reviews Neurology*. 2008;4(2):76-85.
- [10] Franck JA, Smeets RJE, Seelen HAM. Changes in arm-hand function and arm-hand skill performance in patients after stroke during and after rehabilitation. *PLoS one*. 2017;12(6):e0179453.
- [11] Kumar KV, Joshua AM, Kedambadi R et al. Eclectic/mixed model method for upper extremity functional recovery in stroke rehabilitation: A pilot study. *J Nat Sci Biol Med*. 2017;8(1):75-81.
- [12] Ahn JY, You SJ, Kim JY. An Effect of Quality of Life on Affected Side Upper Extremity Performance Ability After a Cerebrovascular Accident : A Study of the Relationship Between MAL and SS-QOL. *The Journal of Korea Aging Friendly Industry Association*. 2014; 3(1):53-8.
- [13] Lang CE, Bland MD, Bailey RR, et al. Assessment of upper extremity impairment, function, and activity after stroke: foundations for clinical decision making. *Journal of Hand Therapy*. 2013;26(2):104-14.
- [14] Waller SM, Prettyman MG. Arm training in standing also improves postural control in participants with chronic stroke. *Gait Posture*. 2012;36(3):419-24.
- [15] Moon Y, Jeong D, Kang J. The Effect of Arm Movements in the during Standing Position on Lower Limb Global Synkinesis and Balance in Stroke Patients. *J Int Acad Phys Ther Res*. 2019;10(3):1849-55.
- [16] Ikai T, Kamikudo T, Takehara I, et al. Dynamic postural control in patients with hemiparesis. *Am J Phys Med Rehabil*. 2003;82(6):463-9.
- [17] Shin JW. Effects of Bilateral Reaching Task Training in Sitting on Balance, Sit to Stand, Gait in Patients with Stroke. Doctor's degree. Graduate School of Catholic University of Pusan. 2018.
- [18] Cauraugh JH, Coombes SA, Lodha N, et al. Upper extremity improvements in chronic stroke: coupled bilateral load training. *Restor Neurol Neurosci*. 2009; 27(1):17-25.
- [19] Bang DH, Cho HS. The Effect of Arm Training in Standing Position on Balance and Walking Ability in Patients with Chronic Stroke. *J Korean Soc Phys Med*. 2017;12(2): 75-82.
- [20] Hwang IS, Tung LC, Yang JF, et al. Electromyographic analyses of global synkinesis in the paretic upper limb after stroke. *Physical therapy*. 2005;85(8):755-65.
- [21] Boissy P, Bourbonnais D, Gravel D, et al. Effects of

- upper and lower limb static exertions on global synkineses in hemiparetic subjects. *Clin Rehabil.* 2000;14(4):393-401.
- [22] Ejaz N, Xu J, Branscheidt M, et al. Finger recruitment patterns during mirror movements suggest two systems for hand recovery after stroke. *bioRxiv.* 2017.
- [23] Park YH. The effect of presynaptic inhibition using the TES for activity of central neuron and gait on the post-stroke hemiplegic patients. Master's degree. Graduate School of Dong Shin University. 2010.
- [24] Dean CM, Richards CL, Malouin F, et al. Task-related circuit training improves performance of locomotor tasks in chronic stroke: a randomized, controlled pilot trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000;81(4):409-17.
- [25] Haruyama K, Kawakami M, Otsuka T. (2017). Effect of Core Stability Training on Trunk Function, Standing Balance and Mobility in Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial. *Neurorehabilitation and neural repair.* 2017;31(3):240-9.
- [26] Song SM, Yu CH, Kim K, et al. Evaluation of Human Body Effects during Activities of Daily Living According to Body Weight Support Rate with Active Harness System. *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology.* 2016;10(1):47-57.
- [27] Jun HJ, Lee JS, Kim KJ, et al. Effect of Auditory Biofeedback Training and Kicking Training on Weight-bearing Ratio in Patients with Hemiplegia. *J Korean Soc Phys Med.* 2014;9(4):363-73.
- [28] Huang YC, Lee LC, Lieu FK, et al. Conduction and morphological changes in wrist nerves immediately after bilateral sanding exercises in hemiparetic subjects. *PM&R.* 2011;3(10):933-9.
- [29] Bang DH, Shin WS. Effects of robot-assisted gait training on spatiotemporal gait parameters and balance in patients with chronic stroke: A randomized controlled pilot trial. *NeuroRehabilitation.* 2016;38(4):343-9.
- [30] Chen YT, Li S, Magat E, et al. Motor overflow and spasticity in chronic stroke share a common pathophysiological process: analysis of within-limb and between-limb EMG-EMG coherence. *Frontiers in neurology.* 2018;9:795.
- [31] Park YH. The effect of presynaptic inhibition using the tes for activity of central neuron and gait on the post-stroke hemiplegic patients. Master's Degree. Graduate School of DongShin University. 2010.
- [32] Lim JH. The effects of global synkinesis on gait ability in stroke patients. Master's Degree. Graduate School of Dongshin University. 2008.
- [33] Chen HC, Lin KC, Chen CL, et al. The beneficial effect of a functional task target on reaching and postural balance in patients with right cerebral vascular accidents. *Motor Control.* 2008;12(2):122-35.
- [34] Lee CH, Kim YM, Lee BH. Augmented reality-based postural control training improves gait function in patients with stroke: Randomized controlled trial. *J Hong Kongphysiother.* 2014;32:51-7.
- [35] Ko YJ, Lee HS. The Effect of Weight-shift Training with Hula Hoop on Weight Shift Change and Gait in Stroke Patients: A Cross - Sectional Pilot Study. *J Korean Soc Phys Med.* 2017;12(1):9-14.