

불안정한 지지면에서 양측성 과제운동이 뇌졸중 환자의 다리 근활성도와 균형에 미치는 영향

강정일 · 정대근 · 백승윤^{1†}

세한대학교 물리치료학과

¹무안정다운요양병원

Effects of Bilateral Arm Motor Coordination Exercises Conducted on Unstable Support Surfaces on Leg Muscle Activity and Balance in Stroke Patients

Jeong-Il Kang, PT, PhD · Dae-Keun Jeong, PT, PhD · Seung-Yun Baek, PT, PhD^{1†}

Dept. of Physical Therapy, Sehan University

¹Dept. of Physical Therapy, Muan Jeongdaown Nursing Hospital

Received: July 1 2023 / Revised: July 7 2023 / Accepted: August 17 2023

© 2023 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: This study assessed the influence of bilateral coordination exercises on unstable support surfaces on leg muscle activation and balance in stroke patients.

METHODS: Two groups were recruited for comparison: an experimental group of 10 individuals who performed bilateral coordination exercises on unstable surfaces and a control group of 10 individuals who performed the same exercises on stable surfaces. All participants were assigned randomly. Pre-tests were conducted to measure the leg muscle activation and balance levels of the participants prior to the experiment. The intervention was comprised of three

30-minute weekly sessions for four weeks, followed by a post-test after the four-week period.

RESULTS: Significant differences were identified within the experimental group in relation to all muscles ($p < .01$) and balance ($p < .05$). Within the control group, significant differences were identified in relation to the rectus femoris muscle, biceps femoris muscle, and balance ($p < .05$). Significant differences between the two groups were only observed in relation to the tibialis anterior and soleus muscles ($p < .05$).

CONCLUSION: Only the tibialis anterior and soleus muscles showed significant differences between the two groups. This effectiveness may be attributed to using an ankle strategy to maintain body balance during exercise on unstable surfaces.

Key Words: Ankle strategy, Balance, Muscle activity, Stroke

†Corresponding Author : Seung-Yun Baek

qorgkgk13@naver.com, <http://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.

I. 서론

뇌졸중은 외상이나 다양한 원인으로 인해 뇌혈관이 파열되거나 혈전이 생성되어 뇌로의 혈액공급이 방해돼 뇌 조직에 손상을 일으키는 질환이다[1]. 손상 원인과 영역 및 정도에 따라 증상이 다르게 나타나는데 대부분 운동 및 감각, 인지, 언어적 기능의 상실을 가져온다[2]. 특히 뇌졸중 환자들은 마비로 인한 근육의 약화, 근육의 경직이 주된 증상으로 나타나며[3], 이는 마비측 다리의 조절능력을 감소시키고, 다리 근활성도의 변화를 가져와 비대칭적 자세가 유발되며 자세조절에 부정적인 영향을 미쳐 균형 능력의 저하를 야기한다[4,5].

균형은 본인의 지지면 내에서 신체 무게중심을 유지할 수 있는 능력을 말하며, 균형조절은 운동계, 시각계, 안뜰계 등 다양한 감각계를 활용하여 자세를 조절하기 때문에 자세조절을 위해서는 지지면에 접촉하고 있는 발의 체성감각의 정보가 중요하다[6] 그러므로 다양한 감각정보를 처리하는 복합적 상호작용으로 기능적 활동의 필수적 요소이다[7].

뇌졸중 환자의 이러한 문제점을 개선하기 위한 중재 방법으로는 과제중심의 훈련, 다양한 동작의 반복, 불안정 지지면 훈련 등 다양한 중재방법이 적용되고 있으며 [8-10], 그 중 고유수용성 감각을 자극하기 위하여 균형패드와 같은 불안정한 지지면 훈련은 외적인 동요를 증가시킴으로써 감각계 및 운동계의 자극을 통해 자세정위 능력을 효과적으로 개선하기 때문에 자세를 스스로 조절할 수 있는 자세전략에 도움을 준다[6]. 그리고 감마 운동 신경세포를 통한 근방추의 민감도를 개선시킴으로써 근육의 길이 변화를 보다 빠르게 감지하고 반응하여 신경근동원 패턴을 잠재적으로 바꿀 수 있는 중재방법 중 하나이다[11,12]. 그러므로 불안정한 지지면에서의 훈련은 안정된 지지면에서의 훈련보다 발목 관절의 다양한 움직임을 유발하며 많은 근육의 활동을 요구하며 균형능력 개선에 효과적이다[13]. 그러나 뇌졸중 환자들은 다리 뿐만 아니라 신체 전반적인 다양한 기능제한이 나타나며 주로 임상에서는 뇌졸중 환자의 기능회복을 위해 팔과 다리 중 한 부위만 선택하여 집중 치료를 시행하고 있다[14]. 뇌졸중 환자의 일상생활을

위해서는 팔과 다리의 숙련된 움직임이 필요하다[15].

본 연구의 목적은 뇌졸중 환자의 전반적인 신체의 빠른 회복을 위해 중재 시 팔과 다리를 동시에 운동할 수 있는 선자세에서 팔을 이용한 양측성 과제운동을 통해 다리의 근활성도와 균형에 미치는 영향을 알아봄으로써 뇌졸중 환자들의 원활한 일상생활을 위한 임상적 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 설계

본 연구는 2023년 3월부터 5월까지 전라남도에 소재한 재활전문 요양병원에 입원하여 뇌졸중으로 진단을 받은 환자 26명의 대상을 표본 추출하고 제비뽑기를 통해 불안정한 지지면에서 양측성 과제운동을 중재한 집단 13명, 안정한 지지면에서 양측성 과제운동을 중재한 집단 13명을 대조군으로 무작위 배치한 후 다리 근활성도와 균형을 사전검사하였다. 모든 중재는 30분씩 주 3회, 4주간 실시하였고, 4주 후 사전 검사와 동일하게 재측정하였다. 선정기준으로는 뇌졸중으로 진단 받은 지 6개월 이상 지난자, 마비측 다리 경직 수준이 수정된 Ashworth 척도 G2 이하인 자, 한국판 간이정신상태 검사 24점 이상으로 간단한 지시와 의사소통이 가능한 자로 하였다[16]. 제외 기준으로는 심혈관계 및 팔과 다리에 정형외과 질환이 있는 자로 하였다. 환자 6명은 컨디션 저하로 인해 중도 탈락하였고, 뇌졸중 환자 20명의 일반적인 특성은 다음과 같다(Table 1).

2. 평가도구와 측정방법

1) 근활성도(Muscle Activity) 측정

표면 근전도 MP100 system을 사용하여 다리 근활성도를 측정하였다. 전극을 부착하기 전에 피부저항력을 최소화하기 위해 부착 부위를 알코올 솜으로 닦았으며, 전해질 겔을 도포하여 근섬유방향과 평행하게 근육 부위에 전극을 부착하였다. 기록전극의 부착 부위는 넙다리곧은근(Rectus Femoris)은 무릎의 위쪽과 ASIS 사이 1/2 지점에 부착하였고, 넙다리두갈래근(Biceps Femoris)은 무릎 후면

Table 1. General characteristics

Items	Experimental group (n = 10)	Control group (n = 10)	p
	M ± SD	M ± SD	
Age (years)	71.60 ± 8.58	68.00 ± 4.80	.083
Hight (cm)	160.50 ± 6.57	158.70 ± 5.38	.930
Weight (kg)	62.30 ± 4.30	61.90 ± 3.60	.355
Arm length (cm)	59.10 ± 2.42	57.80 ± 2.44	.248
Leg length (cm)	82.50 ± 2.42	81.40 ± 2.72	.351
BMI (Kg/m ²)	24.22 ± 1.54	24.66 ± 2.26	.219

과 넓다리뼈 큰돌기의 2/3지점에 부착하였으며, 앞정강근 (Tibialis Anterior)은 발목과 무릎 사이의 정강뼈의 앞부분의 가장 볼록한 지점에 부착하였다. 그리고 가자미근 (Soleus)은 종아리 부분의 가쪽머리의 가장볼록한 지점에 부착하였다[17]. 기준 동작 시 실효치 진폭 값은 편안하게 선 자세를 10초 동안 유지할 때 근전도 신호를 측정하였고, 이를 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였으며, 특정 동작 시 실효치 진폭 값은 선 자세에서 30초 동안 전방 보행을 시행할 때 근전도 신호를 측정하였고, 이를 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다[18]. 그리고 근활성도 정규화를 위해 기준 동작 시 평균값을 특정 동작 시 평균값으로 나누어 백분율(%)하고 정규화 하여 자발적 기준 수축(% reference voluntary contraction; %RVC)을 측정하였다.

2) 균형능력 검사(Barg Balance Sale; BBS)

대상자들의 균형 능력을 평가하기 위하여 동적 균형 능력과 정적 균형능력을 객관적으로 측정하는 도구이며, 14개 항목의 기능적인 과제로 구성되어 있고 서기, 앉기, 자세 변화 3개의 영역을 0점에서 4점으로 평가하는 5점 척도를 적용하여 총 56점으로 계산하였고, 점수가 높을수록 균형능력이 좋은 것으로 평가하였다. 이 측정 도구는 측정자 간 신뢰도, 측정자 내 신뢰도는 각각 $r = .98$, $r = .99$ 로서 균형을 평가하는데 높은 신뢰도를 가지고 있다[19].

3. 중재방법

1) 불안정한 지지면에서 양측성 과제운동

실험군은 불안정한 지지면에서 안전하게 중재를 수

행할 수 있도록 하네스를 착용하였고[20], 높낮이 조절이 되는 전동테이블을 이용하여 뇌졸중 환자의 엉덩뼈 능선 높이로 맞춘 후 수건 밀기를 시행하였다. 그리고 뇌졸중 환자가 중재에 집중할 수 있도록 환자 팔 길이의 100%와 60%에 해당하는 지점에 목표를 설정하고 목표 지점까지 견측 팔과 마비측 팔을 동시에 뻗을 수 있도록 시행하였다[15,21](Fig. 1).

2) 안정한 지지면에서 양측성 과제운동

대조군은 안정한 지지면에서 안전하게 중재를 수행할 수 있도록 하네스를 착용하였고[20], 높낮이 조절이 되는 전동테이블을 이용하여 뇌졸중 환자의 엉덩뼈 능



Fig. 1. Weight shift with upper limbs exercise.

선 높이로 맞춘 후 수건 밀기를 시행하였다. 그리고 뇌졸중 환자가 중재에 집중할 수 있도록 환자 팔 길이의 100%와 60%에 해당하는 지점에 목표를 설정하고 목표 지점까지 건측 팔과 마비측 팔을 동시에 뻗을 수 있도록 시행하였다[15,21].

4. 자료분석

본 연구의 자료처리는 Window용 SPSS 22.0를 활용하여 측정항목의 평균과 표준편차를 산출하였고, 연구 대상자에 Levene의 등분산 검정(Levene's test)을 실시

하여 일반적 특성을 구하였고, 집단 내 비교는 대응표본 t-검정을 사용하였으며, 집단 간 비교는 공분산분석을 사용하였다. 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

연구대상자의 동질성 검정을 시행한 결과 집단 간에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다($p > .05$) (Table 1).

Table 2. Changes in muscle activity and BBS in the experimental group and control group

Itemes		Pre-test M \pm SD	Post-test M \pm SD	t	p'
Rectus Femoris (%)	E-group	87.39 \pm 3.63	93.65 \pm 4.47	-4.970	.001**
	C-group	88.63 \pm 4.42	92.90 \pm 3.99	-2.271	.049*
Biceps Femoris (%)	E-group	81.21 \pm 7.32	87.65 \pm 4.85	-3.458	.007**
	C-group	81.05 \pm 3.57	85.53 \pm 4.62	-2.471	.036*
Tibialis Anterior (%)	E-group	102.55 \pm 3.45	107.30 \pm 5.15	-4.016	.003**
	C-group	101.21 \pm 3.18	102.60 \pm 3.79	-1.248	.243
Soleus (%)	E-group	56.33 \pm 3.84	62.92 \pm 2.76	-5.182	.001**
	C-group	58.74 \pm 3.03	60.57 \pm 1.97	-1.425	.188
BBS (scores)	E-group	38.90 \pm 1.85	42.10 \pm 2.38	-3.172	.011*
	C-group	37.90 \pm 1.66	39.80 \pm 2.94	-2.310	.046*

Table 3. Changes in muscle activity and BBS between the groups

Itemes		Pre-test M \pm SD	Post-test M \pm SD	F	p'
Rectus Femoris (%)	E-group	87.39 \pm 3.63	93.65 \pm 4.47	.317	.581
	C-group	88.63 \pm 4.42	92.90 \pm 3.99		
Biceps Femoris (%)	E-group	81.21 \pm 7.32	87.65 \pm 4.85	1.074	.315
	C-group	81.05 \pm 3.57	85.53 \pm 4.62		
Tibialis Anterior (%)	E-group	102.55 \pm 3.45	107.30 \pm 5.15	4.531	.048*
	C-group	101.21 \pm 3.18	102.60 \pm 3.79		
Soleus (%)	E-group	56.33 \pm 3.84	62.92 \pm 2.76	4.477	.049*
	C-group	58.74 \pm 3.03	60.57 \pm 1.97		
BBS (scores)	E-group	38.90 \pm 1.85	42.10 \pm 2.38	2.555	.128
	C-group	37.90 \pm 1.66	39.80 \pm 2.94		

2. 실험군과 대조군의 집단 내 다리 근활성도 변화 및 균형의 변화 비교

실험군은 모든 근육과 균형에서 통계적으로 유의한 차이가 있었고($p < .01$)($p < .05$), 대조군은 넙다리곧은근, 넙다리두갈래근 그리고 균형에서만 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < .05$)(Table 2).

3. 집단 간 다리 근활성도 변화 및 균형의 변화 비교

다리의 근활성도 변화에서는 앞정강근과 가자미근에서만 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < .05$) (Table 3).

IV. 고찰

본 연구는 불안정한 지지면에서 양측성 과제운동이 뇌졸중 환자의 다리 근활성도와 균형에 미치는 영향을 알아봄으로써 지지면에 따른 양측성 과제운동의 효과가 어떠한 차이를 보이는지 알아보려고 다음과 같은 논의를 하고자 한다.

뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 경우 뇌 조직의 손상 부위와 손상원인이 다양하지만 일반적으로 비마비측에 더 많은 체중지지와 과사용으로 인한 불안정한 기립이 나타나게 된다[22,23]. 그리고 뇌졸중 환자들은 평형 반응 감소로 갑작스러운 요동으로 인해 마비측으로 넘어지기 쉬우며 이러한 동적 균형의 저하는 일상생활에 있어 가장 기본이 되는 요소임으로 일상생활 수행능력의 제한으로 이어지고 삶의 질이 떨어진다고 보고되었다[24]. 정상적인 균형을 위한 요소로는 적절한 근육의 활동, 감각이 필요하지만 뇌졸중 환자들은 대부분 정상적인 근육활동과 감각저하가 나타난다[25,26]. 이러한 증상을 개선시키기 위한 방법 중 하나인 불안정한 지지면을 이용한 훈련은 안정 지지면과 비교하여 다양한 반작용력을 갖고 있어 균형을 유지하기 어렵기 때문에 발목 관절의 고유수용성 감각을 자극시키고 안정성 확보를 위해 발목의 움직임에 더 많이 필요하기 때문에 다리 근육에 자극을 줄 수 있다[27,28]. Choi 등[29]의 연구에서는 뇌졸중 환자의 신체 기능을 향상시키기 위해서는 다리의 넙다리네갈래근, 넙다리두갈래근, 앞정강근, 가자미근이 중요한 근육이라고 보고하였고, 서

홍원과 김명철[30]의 연구에서는 만성 뇌졸중 환자 30명을 대상으로 불안정지지면에서 훈련을 6주 간, 주 5회 중재하여 다리 근활성도를 알아본 결과, 장딴지근, 앞정강근, 넙다리두갈래근, 넙다리곧은근의 근활성도가 증가한다고 보고하였으며, 유진호[31]은 불안정한 지지면에서의 운동이 고유수용감각을 향상시키고 다리의 근력을 향상시키는데 효과가 있으며 전통적인 운동 치료 방법보다 환자들의 발목관절 근력을 증가시킬 수 있다고 보고하였다. 본 연구에서도 실험군과 대조군의 다리 근활성도를 비교한 결과 실험군은 모든 근육에서 통계학적으로 유의하게 증가하였고, 대조군에서는 넙다리곧은근, 넙다리두갈래근에서만 통계학적으로 증가하였는데, 그 이유로는 불안정한 지지면에서의 운동 시 흔들림으로 인해 환자가 안정성을 확보하려는 행동으로 더 많은 근육의 활동이 요구되어 모든 근육에서 근활성도가 향상된 것으로 판단된다. Raine 등[32]은 발을 통한 감각정보는 다리의 근활성도를 자극할 수 있다고 보고하였고, Wilson 등[33]은 발목관절이 자세 조절에 중요한 역할을 하기 때문에 발목에 관련된 근활성화가 중요하다고 보고하였으며, Almeida 등[34]은 전·후 방향의 자세동요에 대한 균형유지는 앞정강근과 가자미근의 교대적활성이 중요하며 몸이 전방으로 넘어가기 전에는 가자미근의 활성이 되고 몸의 정렬을 맞추기 위해 몸을 후방으로 보낼 때 앞정강근의 활성이 된다고 보고하였다. 본 연구의 집단 간 다리 근활성도 비교에서는 실험군의 앞정강근과 가자미근에서만 통계학적으로 유의한 증가를 보였는데, 이는 불안정한 지지면에서의 양측성 과제운동이 신체의 중심을 잡기 위해 발목 전략을 사용함으로써 발목 움직임에 관련된 근육의 활성을 자극시킨 것으로 판단된다.

뇌졸중 환자는 걸질이나 걸질 밑 영역의 손상으로 인해 신체의 좌우 불균형을 초래하여 비대칭적인 자세가 나타나 균형을 유지하기 힘들게 된다[35]. 또한 뇌졸중 환자는 비마비측 다리에 체중의 61-81%를 지지하기 때문에 정상인과 비교하면 자세의 흔들림이 약 2배 정도 증가된다[36,37]. 뇌졸중 환자의 재활의 목표는 독립적인 활동이며 이를 위해서는 선자세에서 균형 유지 능력이 필요하며 선자세에서 외부 동요에 따른 균형유

지 능력이 뇌졸중 환자의 재활에 중요한 지표가 될 수 있다[38,39]. Song과 Park[40]의 연구에서는 뇌졸중 환자 20명을 대상으로 밸런스 패드에서의 이중과제운동을 8주 간 중재하여 균형능력을 알아본 결과, 불안정한 지지면이 고유수용성 감각의 입력을 증가시킴으로써 균형능력의 향상을 보고하였고, Waller 등[14]은 뇌졸중 환자 9명을 대상으로 선 자세에서 과제운동을 6주 간 중재하여 자세조절 능력을 알아본 결과, 균형능력의 향상을 보고하였으며, Kang 등[41]의 연구에서는 뇌졸중 환자 20명을 대상으로 불안정한 지지면에서 과제운동 집단 10명과 선자세에서 과제운동을 중재한 집단 10명으로 나누어 4주 간, 주 3회, 30분 간 중재하여 균형능력을 알아본 결과, 두 집단 모두에서 균형능력의 향상을 보고하였다. 본 연구에서도 실험군과 대조군의 집단 내 균형능력 변화를 비교한 결과 두 집단 모두에서 균형능력이 통계학적으로 유의하게 증가함으로써 선행연구결과를 지지하였는데, 그 이유로는 선자세에서 반복적인 팔 운동은 예측성자세조절능력의 향상으로 이루어진다는 선행연구[42]와 반복적으로 선자세에서 운동을 중재하기 때문에 신체의 중심을 잡기 위해 발목의 신경근 반응속도가 증가하여 감각운동 시스템 능력이 향상된다는 선행연구결과처럼[43], 균형능력이 향상된 것으로 판단된다.

본 연구의 제한점으로는 대상자 선정 조건에 부합하는 환자만을 대상으로 연구를 진행하였기 때문에 이를 일반화시키기에는 어려움이 있을 것이며, 다리의 근활성도 검사와 균형만을 검사하였기에 뇌졸중 환자의 기능을 다 나타내기에 제한이 있을 것이며, 작업치료, 통증치료, 한방치료 등 통제하지 못하였다. 또한 2개의 실험군으로 연구를 진행하였기에 대조군 부재로 인해 발생할 수 있는 자연 치유 상태 등의 변수를 컨트롤할 수 없었다. 그러므로 향후 연구에서는 이러한 제한점을 보완하여 연구가 진행되어야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 실험군에서 모든근육과 균형에서 통계학적으로 유의한 차이가 나타났고, 대조군은 넙다리곧은

근과 넙다리두갈래근, 균형에서만 통계학적으로 유의한 차이가 있었고, 집단 간에서는 앞정강근, 가자미근에서만 통계학적으로 유의한 차이가 나타났다. 이러한 결과는 실험군이 대조군 보다 신체의 중심을 잡기 위해 발목 전략을 사용한 것으로 판단된다. 향후 표본의 수와 중재 시간을 더 늘리면 집단 간에서 모든근육과 균형에서도 통계학적으로 유의한 차이가 나타날 것으로 생각된다.

Acknowledgements

본 논문은 2023년 세한대학교의 학술연구비에 의하여 지원되었다.

References

- [1] Dyrba M, Barkhof F, Fellgiebel A, et al. Predicting Prodromal Alzheimer's Disease in Subjects with mild cognitive impairment using machine learning classification of Multimodal Multicenter diffusion-tensor and magnetic resonance imaging data. *JNeuroimaging*. 2015;25(5): 738-47.
- [2] Langhorne P, Bernhardt J, Kwakkel G. Stroke rehabilitation. *Lancet*. 2011;377(9778):1693-702.
- [3] Wong KS, Caplan LR, Kim JS. Stroke mechanisms. *Intracranial Atherosclerosis: Pathophysiology, Diagnosis and Treatment*. 2016;40:58-71.
- [4] Roffe C, Nevatte T, Sim J, et al. Effect of routine low-dose oxygen supplementation on death and disability in adults with acute stroke :the stroke oxygen study randomized clinical trial. *Jama*. 2017;318(12):1125-35.
- [5] van Duijnhoven HJR. The challenges of dynamic balance and gait for people after stroke (Doctoral dissertation). 2020:1-20.
- [6] Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor control: translating research into clinical practice*. Lippincott Williams &Wilkins. 2007.
- [7] Kwon il, Kim Ho, Shin WS. Effect of sensory feedback balance training using pressure sensor on the static balance

- of the elderly. *J Korean Soc Phys Med.* 2020;15(2):129-36.
- [8] Dean CM, Richards CL, Malouin F. 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.
- [9] Bayouk JF, Boucher JP, Leroux A. Balance training following stroke: effects of task-oriented exercises with and without altered sensory input. *Int J Rehabil Res.* 2006;29(1):51-9.
- [10] Van Criekinge T, Saeys W, Vereeck L, et al. Are unstable support surfaces superior to stable support surfaces during trunk rehabilitation after stroke? A systematic review. *Disabil Rehabil.* 2018;40(17):1981-8.
- [11] Franklin DW, Osu R, Burdet E, et al. Adaptation to stable and unstable dynamics achieved by combined impedance control and inverse dynamics model. *J Neurophysiol.* 2003;90(5):3270-82.
- [12] Granacher U, Gollhofer A, Strass D. Training induced adaptations in characteristics of postural reflexes in elderly men. *Gait post.* 2006;24(4):459-66.
- [13] Lee K, Lee S, Lee S. The effect of low extremity strengthening enhanced gait mat training on unstable surface on gait parameter and low extremity strength in elderly. *J Spec Educ Rehabil Sci.* 2011;50(4):419-35.
- [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. *JIAPTR.* 2019;10(3):1849-55.
- [16] Kang SH. A study of correlation among MMSE-K, CDR and neurocognitive test (LICA) in patients with stroke. Gachon University. Master's Degree. 2020.
- [17] Kang DH. The effect of kettlebell complex program according to the support surface on lower extremity muscle activity and balance in elite baseball players. Graduate School of Nambu university. Master's Degree. 2022.
- [18] Lee DK, Kim JS, Kim TH, et al. Comparison of the electromyographic activity of the tibialis anterior and gastrocnemius in stroke patients and healthy subjects during squat exercise. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(1):247-9.
- [19] Son NH. The impact of aquatic and ground exercise on balance and walking abilities in stroke patients. Master's Degree. Yong-in University. 2013.
- [20] Haruyama K, Kawakami M, Otsuka T. Effect of core stability training on trunk function, standing balance and mobility in stroke patients: A randomized controlled trial. *Neurorehabil Neur Rep.* 2017;31(3):240-9.
- [21] 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.
- [22] Chen MH, Pan TL, Li CT, et al. Risk of stroke among patients with post-traumatic stress disorder: nationwide longitudinal study. *Br J Psychiatry.* 2015;206(4):302-7.
- [23] Ha SY, Han JH, Ko Y.J, et al. Ankle exercise with functional electrical stimulation affects spasticity and balance in stroke patients. *J Exerc Rehabil.* 2020;16(6): 496-502.
- [24] Yang HC, Lee CL, Lin RH, et al. Effect of biofeedback cycling training on functional recovery and walking ability of lower extremity in patients with stroke. *Kaohsiung J Med Sci.* 2014;30(1):35-42.
- [25] Carr JH, Shepherd RB. Stroke rehabilitation: guidelines for exercise and training to optimize motor skill: Butterworth-Heinemann Medical. 2003.
- [26] Ada L, Dorsch S, Canning CG. Strengthening interventions increase strength and improve activity after stroke: a systematic review. *Aust J Physiother.* 2006;52(4):241-8.
- [27] Di Fabio RP, Badke MB. Extraneous movement associated with hemiplegic postural sway during dynamic goal-directed weight redistribution. *Arch Phys Med Rehabil.* 1990;71(6):365-71.
- [28] Lee KJ, Lee SW, Lee SW. The effect of low extremity strengthening enhanced gait mat training on unstable

- surface on gait parameter and low extremity strength in elderly. *J Spec Educ Rehab Sci*. 2011;50(4):419-35.
- [29] Choi YA, Kim JS, Lee DY. Effects of fast and slow squat exercises on the muscle activity of the paretic lower extremity inpatients with chronic stroke. *J Phys Ther Sci*. 2015;27(8):2597-9.
- [30] Seo HW, Kim MC. Study on the correlation between muscle activity of lower extremity and sway speed of chronic stroke patients according to unstable surface training. *KSIM*. 2013;1(4):75-83.
- [31] Yoo JH. Comparison of the effects on balance control of 3 balance training programs among some female students. Chosun University. Doctoral Degree. 2010
- [32] Raine S, Meadows L, LynchEllerington M. *Bobathconcept*. Oxford. WileyBlackwell. 2009.
- [33] Wilson EL, Madigan ML, Davidson BS, et al. Posturalstrategy changes with fatigue of the lumbar extensormuscles. *Gait & Posture*. 2006;23(3):348354.
- [34] Almeida GL, Carvalho RL, Talis VL. Postural strategy to keep balance on the seesaw. *Gait Posture*. 2006; 23(1):1721.
- [35] Ikai T, Kamikubo T, Takehara I, et al. Dynamic postural control in patients with hemiparesis. *Am J Phys Med Rehabil*. 2003;82(6):4639.
- [36] Sackley CM, Baguley BI. Visual feedback after stroke with the balance performance monitor: two single case studies. *Clinical rehabilitation*. 1993;7(3):118995.
- [37] Nichols DS. Balance retraining after stroke using force platform biofeedback. *Physical Therapy*. 1997;77(5): 5538.
- [38] Patterson SL, Forrester LW, Rodgers MM, et al. Determinants of walking function after stroke: difference by deficit severity. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88(1): 1159.
- [39] Lee JH, Oh TY. A study for the kinematic characteristics of stroke patients according to the perturbations in standing position. *Journal of Korean Society for Neurotherapy*. 2020;24(3):33-42.
- [40] Song GB, Park EC. The effects of balance training on balance pad and sand on balance and gait ability in stroke patients. *J Korean Soc Phys Med*. 2016;11(1):45-52.
- [41] Kang JI, Baek SY, Jeong DK. The effect of dual-task exercise on an unstable surface on involuntary arm and leg movement and balance in stroke patients. *J Korean Soc Phys Med*. 2022;17(1):85-92.
- [42] Chen HC, Lin KC, Chen CL, et al. The beneficial effects of a functional task target on reaching and postural balance in patients with right cerebral vascular accidents. *Motor Control*. 2008;12(2):122-35.
- [43] Kim YS. The effect of movement balance training and non movement balance training in an unstable supporting surface on the ankle joint stability and functionality. Hallym University. Master's Degree. 2017.