

Original Article

비침습적 전기자극과 결합한 몸통 안정화 운동이 뇌졸중 환자의 균형 및 낙상 효능감에 미치는 영향

유쌍연, 양대중¹⁾, 윤종혁¹⁾

세한대학교 대학원 물리치료학과 대학원생, 세한대학교 물리치료학과 교수¹⁾

Effects of noninvasive electrical stimulation combined trunk stabilization exercise on balance and fall risk in stroke patients

Shuang-yan Liu, Dae-jung Yang¹⁾, Jong-hyok Yun¹⁾

Graduate School of Sehan University
Dept. of Physical Therapy, Sehan University¹⁾

ABSTRACT

Background: This study aimed to investigate the effects of noninvasive electrical stimulation combined with trunk stabilization exercise on balance and fall risk in patients with stroke.

Methods: Twenty-two patients with stroke were enrolled in the study and randomly divided into experimental and control groups, each with 11 patients. noninvasive electrical stimulation combined with trunk stabilization training was applied to the experimental group, and sham noninvasive electrical stimulation combined with trunk stabilization training, to the control group. Both groups were treated for 6 weeks, five times a week for 30 min each time; the balance and fall risk of patients with stroke were measured before and after treatment, and the changes in the two groups were compared and analyzed.

Results: The experimental group's left and right weight-bearing indices (affect and non-affect sides) and the front and rear weight-bearing indices, were significantly improved ($p < .05$, $p < .001$). when the changes in balance ability between groups were compared before and after treatment. The total fall efficacy score in the experimental group was substantially lower than that in the control group when the changes in fall efficacy score were compared between groups following treatment ($p < .001$).

Conclusion: The improvement in balance and fall risk in patients with stroke can be attributed to using noninvasive electrical stimulation in combination with trunk stabilization training. This clinically helpful treatment method for patients with stroke warrants further promotion and implementation in the clinic.

Key Words:

Balance, Stabilization, Stroke

교신저자: 윤종혁

주소: 58447, 영암군 삼호읍 녹색로 1113, E-mail: 47481004@naver.com

I. 서론

뇌졸중은 중추신경계 손상으로 인한 신경학적 기능에 문제가 발생하는 질환으로 운동능력, 인지능력 등에 장애가 나타난다(Sacco 등, 2013). 뇌졸중 환자들은 체중 지지와 자세 조절의 어려움, 보행 장애, 협응된 움직임의 감소를 보이며, 일상생활동작의 수행에 어려움이 발생한다(Onal 등, 2022; Saunders 등, 2020).

뇌졸중 환자의 재활을 위한 치료적 운동방법으로는 거울치료, 전신진동훈련(whole-body vibration training), 강제유도운동치료, 과제지향적접근법, 몸통 안정화 운동, 중추신경계 발달치료 등이 있다(Rungseethanakul 등, 2022; Zhang 등, 2022; Diaz-Arribas 등, 2020; Kim, 2020; Broderick 등, 2018; Corbetta 등, 2015).

몸통 안정화 운동은 주동근과 대항근의 상호작용을 통해 균형 능력과 조절 능력을 향상시키며 고유수용기의 자극을 통해 근육 수축을 유도하고 근력을 강화하여 기능적 활동을 향상시킨다(Nguyen 등, 2022). 몸통 안정화 운동은 반마비 환자의 운동 기능, 노인의 균형능력, 이동성을 향상시키는데 효과적이며 낙상의 위험을 줄일 수 있다(Cayco 등, 2017). 또한, 뇌졸중 환자에게 몸통 안정화 운동을 적용하였을 때, 몸통 근력증가와 몸통 안정성의 증가가 나타나고 이러한 결과로 호흡 기능의 향상도 보고하였다(Lee와 Cho, 2021).

최근에는 통증의 조절과 기능향상을 위해 비침습적인 대뇌 자극법들이 시도되고 있으며, 경두개 자기 자극(transcranial magnetic stimulation; TMS)과 경두개 직류자극(transcranial direct current stimulation; tDCS)이 많이 사용되고 있다(Learmonth 등, 2021; Lefaucheur 등, 2020). tDCS는 TMS보다 적용하기가 쉽고 환자의 순응도가 높으며, 치료 중 물리치료 혹은 다른 운동과 병행할 수 있는 장점이 있다(Bai 등, 2019; Santos Ferreira 등, 2019).

머리의 표면에 1~2mA의 전류를 흘려보내 중재하며, 전극의 위치와 강도 등의 매개변수에 의해 대뇌 결실의 흥분성을 향상시키거나 억제한다(Woods 등, 2016). 뇌졸중 환자에게 치료적 운동을 시행하는 동안 tDCS를 결합하여 중재한 그룹이 대조군보다 기능과 과제수행 능력이 향상되었음을 보고하였다(Alisar 등, 2020). 또한, 균형 훈련과 tDCS를 결합하여 중재하였을 때 근지구력을 개선시킬 수 있으며, 동적 균형능력 향상에도 효과적이었다(Kaminski 등, 2016).

선행연구들을 보면 뇌졸중 환자의 기능회복을 위해 몸

통 안정화 운동과 다양한 운동 중재 방법들을 적용하고 효과를 규명한 연구들은 많았지만, 비침습적 전기자극을 결합한 몸통 안정화 운동을 적용한 연구는 부족하며, 뇌손상 이후 기능장애를 수반하는 뇌졸중 환자들에게 위험도가 낮고, 환자 순응도가 높은 치료적 중재 방법이 될 수 있을 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 비침습적 전기자극 중 tDCS를 사용하여 tDCS를 결합한 몸통 안정화 운동을 시행한 실험군과 tDCS를 부착하고 전류를 흘려보내지 않은 상태에서 몸통 안정화 운동을 시행한 대조군으로 분류하여 6주간 중재 후 균형능력 및 낙상 효능감의 변화를 비교하여, 뇌졸중 환자의 운동치료 시 효율적인 방법을 제시하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 2022년 9월부터 2022년 10월까지 2개월간 전라남도 M시 소재 S병원에 입원하고 있는 환자를 대상으로 시행하였다. 연구대상자는 뇌졸중으로 인해 반마비 진단을 받고 6개월 이상 24개월 미만인 뇌졸중 환자를 대상으로 본 연구의 취지와 목적을 설명한 후 자발적으로 참여하기를 동의한 자를 선정하였다. 본 연구에서 설정한 기준에 적합한 환자 22명을 표본 추출하여 분류하여 각 그룹에 11명씩 무작위 배치하였다. 연구대상자의 세부 선정기준은 다음과 같다.

- 첫째, 뇌경색이나 뇌출혈의 재발 병력이 없는 자
- 둘째, 실험에 영향을 줄 수 있는 정형외과적 질환의 병력이 없는 자
- 셋째, 보조기를 사용하거나, 사용하지 않고 독립적으로 10m를 걸을 수 있는 자
- 넷째, 수정된 애쉬워스 척도가 1+ 이하인 자
- 다섯째, 한국형 간이 정신상태가 24점 이상인 자
- 여섯째, 심장 박동기 착용자, 부정맥, 심부전 병력이 있는 대상자는 연구에서 제외하였다.

2. 연구 설계

본 연구는 뇌졸중으로 인한 반마비 진단을 받은 환자 22명을 표본 추출하여 비침습적 전기자극을 결합한 몸통 안정화 운동을 시행한 실험군과 비침습적 전기자극기를 부착하고 전류를 흘려보내지 않은 상태에서 몸통 안정화 운동을 시행한 대조군으로 분류하여 6주간 중재 후 그룹

내, 그룹 간 균형능력, 낙상 효능감을 알아보기 위해 실시하였다.

실험 전 표본 추출된 22명의 연구대상자를 무작위 임의선정으로 각각 11명씩 두 그룹으로 분류하였다. 중재 전 스마트 인솔 시스템(SI-GP200, Salted, Korea)을 이용하여 균형 능력을 측정하였고, 낙상 효능감을 측정하였다. 6주간 중재 후 동일하게 재측정하여 그룹 내 전·후 비교와 그룹 간 분석을 실시하였다.

3. 중재 방법

1) 비침습적 전기자극

본 연구에서 비침습적인 전기자극은 경두개 직류자극기(Halo sport, Halo Neuroscience, USA)를 이용하였다. 잘 구부러지는 형태의 전극으로 크기는 6.4×4.4cm이며 28cm²의 영역이 자극된다. 부착 부위는 10~20 국제뇌파 검사시스템(International 10-20 system)에 따라 1차 운동 영역(primary motor cortex)인 C3, C4, CZ 부위에 자극하였다. 자극은 총 1회 30분 동안 2.0mA 전류가 흐르도록 구성되었다. 전달된 최대 전류밀도는 0.071mA/cm² 였다(Tanaka 등, 2009)(Figure 1).



Figure 1. Location of tDCS

2) 몸통 안정화 운동

본 연구에서 몸통 안정화 운동은 앉은 자세에서 “안정적 반전”과 “울동적 안정화” 치료기법을 이용하여 진행하였고, 기능향상에 맞추어 선 자세에서도 실시하였다. 안정적 반전과 울동적 안정화 치료기법은 30분의 치료 동안 각각 15분씩 적용하였다. 안정적 반전은 환자가 선 자세에서 어깨 위쪽 부분에 나선, 대각선 방향에서 적용하였고, ‘제힘에 대항해서 미세요’라는 구두 명령과 함께 작용근과 대항근 시너지를 교대로 적용하였다.

울동적 안정화는 양손을 작용근과 대항근에 동시 적용하였으며, ‘나의 저항에 대항해 미세요’라는 구두 명령을 통해 등장성 수축을 유도하였다(Kang과 Ham, 2014)(Figure 2).



Figure 2. Trunk stabilization exercise

4. 실험 도구 및 측정 방법

1) 균형능력 평가

본 연구에서는 균형능력을 측정하기 위하여 실시간 압력 매핑 스마트 인솔 시스템(real-time pressure mapping smart insole system)(SI-GP200, Salted, Korea)을 사용하여 환자의 균형능력을 평가하였다. 대상자의 균형능력 평가는 스마트 인솔은 환자의 신발에 스마트 인솔을 넣어 측정하고, 5초간 선 자세를 유지하는 동안 앞쪽과 뒤쪽, 왼발과 오른발에 체중이 지지되는 양상을 측정하여 평균값을 %로 산출하였다(Yang과 Lee, 2022)(Figure 3).



Figure 3. Smart insole system

2) 낙상 효능감 검사

낙상 효능감을 평가하기 위해 낙상 효능감 척도(falls efficacy scale)를 사용하였다. 일상생활동작을 나타내는 잠자리에 들고 일어나기, 화장실 사용하기, 개인위생, 의자에 앉고 일어나기, 옷 입고 벗기, 목욕 또는 샤워하기, 계단을 오르고 내려오기, 집 주위 산책하기, 옷장이나 찬장에서 물건을 꺼내기, 가벼운 집안일 하기, 간단한 식사 준비하기, 초인종이나 전화기에 응답하기, 간단한 물건 사기의 13개 항목으로 구성되어 있다.

각 항목을 0~10점의 11점 척도로 평가하며 0점이 전혀 두렵지 않음, 5점이 어느 정도 자신이 있는 경우, 10점이 매우 두려운 경우로 숫자가 클수록 낙상에 대한 두려움이 크고 낙상 관련 자기 효능감이 낮은 것을 의미하며, 내적 일치도는 .959, 기준 타당도는 .41~.54이다 (Hee과 Jung, 2015).

5. 분석방법

본 연구의 결과 분석은 수집된 자료는 SPSS version 26.0을 이용하여 통계 처리하였다. 샤피로-윌크 검사를 통해 정규성 검정을 시행하였고, 대상자의 일반적인 특성에 대한 동질성을 알아보기 위해 독립표본 t 검정을 실시하였다. 두 그룹 내 중재 전·후의 변화를 비교하기 위해 대응표본 t 검정을 실시하였고, 두 그룹 간 차이를 알아보기 위해 중재 전 변수들의 사전값을 공변량으로 설정하고 공분산분석을 시행하였다. 자료의 모든 통계 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

본 연구는 연구 참여 동의에 대한 헬싱키선언에 따라 연구가 진행되었다. 뇌졸중 환자 22명을 대상으로 하였고, 대상자들은 실험군, 대조군에 무작위로 각각 11명씩 배치하였다. 실험군과 대조군으로 참여한 연구대상자들의 일반적 특성에 대한 정규분포를 알아보기 위해 Shapiro-Wilk 검정을 시행한 결과 정규분포를 이루었고, 두 그룹의 동질성을 알아보기 위해 독립표본 t 검정 (independent t-test)을 시행한 결과 실험군과 대조군이 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않아 동질성을 이루었다(Table 1).

2. 균형능력의 변화 비교

1) 그룹 내 중재 전·후 균형능력 변화 비교

실험군의 중재 전·후 선 자세에서 좌·우 체중지지는 마비측 발에서 중재 전 29.81±4.09%, 중재 후 34.54±3.72%로 통계학적으로 유의한 차이를 보였고 ($p<.001$), 비마비측 발에서 중재 전 70.18±4.09%, 중재 후 65.45±3.72%로 통계학적으로 유의한 차이를 보였다 ($p<.001$)(Table 2).

Table 1.
General characteristic of subjects

	EG (n=11)	CG (n=11)	t
Age(yrs)	60.27±4.26 ^a	64.00±5.40	-1.795
Height(cm)	163.73±4.22	163.18±6.21	.241
Weight(kg)	64.09±5.17	63.67±5.05	-.042
Sex (male/female)	6/5	5/6	1.000
Diagnosis (Inf./Hge.)	8/3	8/3	1.000
Affected side(Rt./Lt.)	4/7	3/8	.396
Duration(month)	14.63±5.33	16.00±6.16	-.555
MMSE-K	26.41±2.15	26.91±2.23	-.558

^aMean±SD, EG: Experimental group, CG: Control group, Inf: Infarction, Hge: Hemorrhage, MMSE-K: Korean version of mini-mental status examination

실험군의 중재 전·후 선 자세에서 앞쪽 체중지지는 중재 전 62.90±3.45%, 중재 후 59.00±2.72%로 통계학적으로 유의한 차이를 보였고($p<.001$), 뒤쪽 체중지지는 중재 전 37.09±3.44%, 중재 후 41.00±2.72%로 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p<.001$)(Table 2).

대조군의 중재 전·후 선 자세에서 좌·우 체중지지는 마비측 발에서 중재 전 29.54±4.27%, 중재 후 30.54±4.43%로 통계학적으로 유의한 차이를 보였고 ($p<.001$), 비마비측 발에서 중재 전 70.45±4.28%, 중재 후 69.45±4.43%로 통계학적으로 유의한 차이를 보였다 ($p<.001$).

대조군의 중재 전·후 선 자세에서 앞쪽 체중지지는 중재 전 61.63±3.35%, 중재 후 61.00±3.69%로 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p<.05$)(Table 2).

2) 그룹 간 중재 후 균형 능력 변화 차이 비교

그룹 간의 중재 후 선 자세에서 좌·우 체중지지는 마비측 발에서 실험군 34.54±3.7%, 대조군 30.54±4.43%로 통계학적으로 유의한 차이를 보였고($p<.001$), 비마비측 발에서 실험군 65.45±3.72%, 대조군 69.45±4.43%로 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p<.001$). 앞쪽 체중지지는 실험군 59.00±2.72%, 대조군 61.00±3.69%로 통계학적으로 유의한 차이를 보였고($p<.001$), 뒤쪽 체중지지는 실험군 41.00±2.72%, 대조군 39.90±5.16%로 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p<.05$)(Table 3).

Table 2.
Comparison of balance in the groups

Balance		Pre-test	Post-test	t
AS		29.81±4.09 ^a	34.54±3.72	-9.690**
EG	NS	70.18±4.09	65.45±3.72	9.690**
(n=11)	Front	62.90±3.45	59.00±2.72	9.428**
	Rear	37.09±3.44	41.00±2.72	-9.428**
AS		29.54±4.27	30.54±4.43	-5.244**
CG	NS	70.45±4.28	69.45±4.43	5.244**
(n=11)	Front	61.63±3.35	61.00±3.69	3.130*
	Rear	38.36±3.35	39.90±5.16	-1.782

^aMean(%)±SD, *p<.05,**p<.001, EG: Experimental group, CG: Control group, AS: Affect side, NS: Non-affect side

Table 3.
Comparison of balance between groups

Balance		EG(n=11)	CG(n=11)	F
AS	Pre	29.81±4.09 ^a	29.54±4.27	50.720**
	Post	34.54±3.72	30.54±4.43	
NS	Pre	70.18±4.09	70.45±4.28	50.720**
	Post	65.45±3.72	69.45±4.43	
Front	Pre	62.90±3.45	61.63±3.35	46.907**
	Post	59.00±2.72	61.00±3.69	
Rear	Pre	37.09±3.44	38.36±3.35	5.636*
	Post	41.00±2.72	39.90±5.16	

^aMean(%)±SD, *p<.05,**p<.001, EG: Experimental group, CG: Control group, AS: Affect side, NS: Non-affect side

3. 낙상 효능감 변화 비교

1) 그룹 내 중재 전·후 낙상 효능감 변화 비교

실험군의 중재 전·후 낙상 효능감의 변화 비교에서 중재 전 63.54±8.68점에서 중재 후 50.18±12.02점으로 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<.001). 대조군에서는 중재 전 64.81±8.08점에서 중재 후 59.54±6.93점으로 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<.05)(Table 4).

2) 그룹 간 중재 후 낙상 효능감 변화 비교

그룹 간 중재 후 낙상 효능감 변화 비교는 다음과 같다. 실험군에서는 중재 후 50.18±12.02점, 대조군 59.54±6.93점으로 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<.001)(Table 5).

Table 4.
Comparison of fall efficacy score in the experimental group

FES	Pre-test	Post-test	t
EG (n=11)	63.54±8.68 ^a	50.18±12.02	5.395**
CG (n=11)	64.81±8.08	59.54±6.93	3.805*

^aMean(score)±SD, *p<.05,**p<.001, EG: Experimental group, CG: Control group, FES: Fall efficacy score

Table 5.
Comparison of fall efficacy score in the between groups

		EG(n=11)	CG(n=11)	F
FES	Pre	63.54±8.68 ^a	64.81±8.08	30.01*
	Post	50.18±12.02	59.54±6.93	

^aMean(score)±SD, *p<.05, EG: Experimental group, CG: Control group, FES: Fall efficacy score

IV. 고찰

뇌졸중은 뇌의 혈관질환으로 경색이나 출혈로 인한 국소적 신경학적 기능장애가 발생하는 질환이다(Hankey과 Blacker, 2015). 뇌졸중 환자는 몸통 근육의 약화로 자세 조절의 어려움이 발생하여 이동 및 균형능력과 같은 운동 장애가 발생하며 낙상의 위험도가 증가하게 된다(Karthikbabu 등, 2012).

본 연구는 22명의 뇌졸중 환자를 모집하여 비침습적 전기자극을 결합한 몸통 안정화 운동을 시행한 실험군과 비침습적 전기자극기를 부착하고 전류를 흘려보내지 않은 상태에서 몸통 안정화 운동을 시행한 대조군으로 분류하였다. 6주 후 두 그룹의 균형능력 및 낙상 효능감 점수의 변화를 비교하여 뇌졸중 환자의 기능회복에 효율적인 중재 방안을 제공하고자 하였다.

뇌졸중 환자는 반마비가 자주 발생하여 균형능력이 감소하고 낙상 위험이 증가한다. 균형능력의 감소는 몸통 근육의 두께, 근활성도, 근력 약화와 관련이 있다(Cabanas-Valdes 등, 2013). 또한, 뇌졸중으로 인한 몸통 근육 약화는 균형능력을 저하시켜 낙상의 위험도를 증가시키는 요인이 된다(Sato 등, 2022; Cabanas-Valdes 등, 2013).

따라서 균형능력 회복과 자세 조절은 뇌졸중 환자의 일상생활 동작, 삶의 질 향상 및 낙상의 예방에 매우 중요한 요소이다(Geurts 등, 2005). 선행연구에 따르면 몸통의 안정화 운동은 뇌졸중 환자의 자세 조절 능력에 영향을 줄 수 있으며, 균형능력과 걸기를 효과적으로 개선

할 수 있다고 하였다(Shim 등, 2020). 운동치료와 결합된 tDCS의 적용은 뇌졸중 환자의 정적 및 동적 균형능력과 다리 기능을 향상 시킬 수 있다(Navarro-Lopez 등, 2021).

본 연구 결과, 실험군과 대조군의 균형능력이 중재 전에 비해 유의하게 향상되었으며, 실험군에서 더 큰 변화를 보였다. 이러한 결과는 비침습적 전기자극과 몸통 안정화 운동을 병행하여 중재하면, 뇌졸중 환자의 균형능력을 효과적으로 향상 시킬 수 있음을 시사한다. 선행연구에 따르면 뇌졸중 환자들을 대상으로 4주간 주 5회 30분 동안 기능적 전기자극 치료 후 몸통 안정화 운동을 적용한 결과 균형능력을 크게 향상 시킬 수 있었다(Kim과 Kim, 2020).

또한, Jung 등(2012)은 뇌졸중 환자 30명을 대상으로 주 5 회 8주간 가상현실 체험형 운동치료와 허리 안정화 운동을 중재한 후 낙상 효능감을 비교한 결과 그룹 내 중재 전·후 모두 낙상 효능감 총점에서 변화를 보였지만, 가상현실 체험형 운동 그룹에서 더 큰 변화를 보였다. 이러한 결과는 몸통 안정화 운동 후 낙상 효능감이 줄어든 본 연구 결과와 유사한 결과이다. 본 연구에서 선행 연구들보다 낙상 효능감 점수가 더 큰 변화를 보였다. 이러한 결과는 앉은 자세와 선 자세에서 몸통 안정화 운동을 중재하여 기능적인 움직임 유도한 본 연구의 중재 방법이 효과적일 수 있음을 시사한다.

그러나 본 연구에서는 연구 참여대상자가 적고, 장기간의 추적관찰이 이루어지지 않았던 제한점이 있다. 또한, 연구대상자들이 복용하는 약물을 통제와 일상생활에서 나타나는 환경적인 요인들을 관리하지 못했던 제한점이 있다.

V. 결론

본 연구에서는 몸통 안정화 운동을 적용하는 동안 비침습적 전기자극을 병행하여 중재한 그룹과 몸통 안정화 운동을 시행한 그룹으로 나누어 6주간 중재 후 균형능력 및 낙상 효능감의 변화를 비교하였다. 그에 따른 결론은 다음과 같다.

1. 몸통 안정화 운동을 적용하는 동안 경두개 직류자극을 병행하여 중재한 그룹에서 대조군에 비해 균형능력이 향상됨을 보였다.
2. 몸통 안정화 운동을 적용하는 동안 경두개직류자극을 병행하여 중재한 그룹에서 대조군에 낙상 위험을 줄일 수 있었다. 본 연구의 결과를 바탕으로 뇌

졸중 환자의 운동치료 시 효율적 방법을 적용하여 운동 기능 회복과 독립적인 신체활동이 촉진되길 기대한다.

참고문헌

- Alisar DC, Ozen S, Sozay S. Effects of bihemispheric transcranial direct current stimulation on upper extremity function in stroke Patients: A randomized double-Blind sham-controlled study. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2020;29(1):104454. <https://doi:10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2019.104454>
- Bai X, Guo ZW, He L, et al. Different therapeutic effects of transcranial direct current stimulation on upper and lower limb recovery of stroke patients with motor dysfunction: A meta-analysis. *Neural Plast.* 2019;2019:1372138. <https://doi:10.1155/2019/1372138>
- Broderick P, Horgan F, Blake C, et al. Mirror therapy for improving lower limb motor function and mobility after stroke: A systematic review and meta-analysis. *Gait & Posture.* 2018;63:208-220. <https://doi:10.1016/j.gaitpost.2018.05.017>
- Cabanas VR, Cuchi GU, Bagur CC. Trunk training exercises approaches for improving trunk performance and functional sitting balance in patients with stroke: A systematic review. *NeuroRehabilitation.* 2013;33(4):575-592. <https://doi:10.3233/NRE-130996>
- Cayco CS, Gorgon EJR, Lazaro RT. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation on balance, strength, and mobility of an older adult with chronic stroke: A case report. *J Bodyw Mov Ther.* 2017;21(4):767-774. <https://doi:10.1016/j.jbmt.2016.10.008>
- Corbetta D, Sirtori V, Castellini G, et al. Constraint-induced movement therapy for upper extremities in people with stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;(10):CD004433. <https://doi:10.1002/14651858.CD004433.pub3>

- Diaz-Arribas MJ, Martin-Casas P, Cano-de-la-Cuerda R, et al. Effectiveness of the Bobath concept in the treatment of stroke: A systematic review. *Disabil Rehabil.* 2020;42(12):1636-1649. <https://doi:10.1080/09638288.2019.1590865>
- Geurts ACH, de Haart M, van Nes IJW, et al. A review of standing balance recovery from stroke. *Gait & Posture.* 2005;22(3):267-281. <https://doi:10.1016/j.gaitpost.2004.10.002>
- Hankey GJ, Blacker DJ. Is it a stroke? *BMJ.* 2015;350(151):h56-h56. <https://doi:10.1136/bmj.h56>
- Hee K, Jung M. Effects of one-to-one fall prevention education on decrease in falls of adults with stroke. *Jour. of Ko Con a.* 2015;15(5):426-435. <https://doi:10.5392/JKCA.2015.15.05.426>
- Jung DI, Seo TH, Ko DS. Comparative analysis of fall-related psychophysiological according to virtual exercise and lumbar stabilization exercise in the patient with stroke. *Jour. of Ko Con a.* 2012;12(8):274-282. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2012.12.08.274>
- Kang TW, Ham KH. Effect of trunk stability exercises with stabilizing reversal and rhythmic stabilization of PNF for muscle strength and balance ability in stroke patients. *PNF & Mov.* 2014;12(2):63-69. <https://doi.org/10.21598/JKPNFA.2014.12.2.63>
- Kaminski E, Steele CJ, Hoff M, et al. Transcranial direct current stimulation (tDCS) over primary motor cortex leg area promotes dynamic balance task performance. *Clin Neurophysiol.* 2016;127(6):2455-2462. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2016.03.018>
- Karthikbabu S, Chakrapani M, Ganeshan S, et al. A review on assessment and treatment of the trunk in stroke: A need or luxury. *Neural Regen Res.* 2012;7(25):1974-1977. <https://doi:10.3969/j.issn.1673-5374.2012.25.008>
- Kim JH. Effects of whole body vibration exercise on lower extremity muscle activity and gait ability in stroke patients. *The Journal of Korean Academy of Orthopedic Manual Physical Therapy.* 2020;26(2):29-36.
- Kim SM, Kim YM. Effect of both lower extremities proprioceptive neuromuscular facilitation training with functional electrical stimulation on the balance and gait of stroke patient: A randomized controlled trial. *J Korean Soc Phys Med.* 2020;15(1):123-132. <https://doi:10.13066/kspm.2020.15.1.123>
- Learmonth G, Benwell CSY, Märker G, et al. Non-invasive brain stimulation in stroke patients (NIBS): A prospective randomized open blinded end-point (PROBE) feasibility trial using transcranial direct current stimulation (tDCS) in post-stroke hemispatial neglect. *Neuropsychol Rehabil.* 2021;31(8):1163-1189. <https://doi:10.1080/09602011.2020.1767161>
- Lee YH, Cho YH. The effects of trunk stability exercise using stabilizing reversal and rhythmic stabilization techniques of PNF on trunk strength and respiratory ability in the elderly after stroke. *PNF and Mov.* 2021;19(1):105-113. <https://doi.org/10.21598/JKPNFA.2021.19.1.105>
- Lefaucheur JP, Aleman A, Baeken C, et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS): An update (2014-2018). *Clin Neurophysiol.* 2020;131(2):474-528. <https://doi:10.1016/j.clinph.2019.11.002>
- Navarro-Lopez V, Molina-Rueda F, Jimenez-Jimenez S, et al. Effects of transcranial direct current stimulation combined with physiotherapy on gait pattern, balance, and functionality in stroke patients. A systematic review. *Diagnostics.* 2021;11(4):656. <https://doi:10.3390/diagnostics11040656>
- Nguyen PT, Chou LW, Hsieh YL. Proprioceptive neuromuscular facilitation-Based physical therapy on the improvement of balance and gait in patients with chronic stroke: A systematic review and meta-analysis. *Life*

- (Basel).2022;12(6):882. <https://doi:10.3390/life12060882>
- Onal B, Sertel M, Karaca G. Effect of plantar vibration on static and dynamic balance in stroke patients: A randomised controlled study. *Physiotherapy*. 2022;116:1-8. <https://doi:10.1016/j.physio.2022.02.002>
- Rungseethanakul S, Tretriluxana J, Piriyaprasarth P, et al. Task oriented training activities post stroke will produce measurable alterations in brain plasticity concurrent with skill improvement. *Top Stroke Rehabil*. 2022;29(4):241-254. <https://doi:10.1080/10749357.2021.1926136>
- Sacco RL, Kasner SE, Broderick JP, et al. An updated definition of stroke for the 21st century: A statement for healthcare professionals from the American heart association/American stroke association. *stroke*. 2013;44(7):2064-2089. <https://doi:10.1161/STR.0b013e318296aeca>
- Santos FI, Teixeira CB, Lima RC, et al. Searching for the optimal tDCS target for motor rehabilitation. *J Neuroeng Rehabil*. 2019;16:90. <https://doi:10.1186/s12984-019-0561-5>
- Sato Y, Yoshimura Y, Abe T, et al, Matsumoto A. Relationship between trunk muscle mass and activities of daily living at discharge in acute stroke patients. *Nutrition*. 2022;103(104):111833. <https://doi:10.1016/j.nut.2022.111833>
- Saunders DH, Sanderson M, Hayes S, et al. Physical fitness training for stroke patients. *Cochrane Database Syst Rev*. 2020;2020(3):CD003316.pub7
- Shim J, Hwang S, Ki K, et al. Effects of EMG-triggered FES during trunk pattern in PNF on balance and gait performance in persons with stroke. *Restor Neurol Neurosci*. 2020;38(2):141-150. <https://doi:10.3233/RNN-190944>
- Tanaka S, Hanakawa T, Honda M, et al. Enhancement of pinch force in the lower leg by anodal transcranial direct current stimulation. *Exp Brain Res*. 2009;196(3):459-465. <https://doi:10.1007/s00221-009-1863-9>
- Woods AJ, Antal A, Bikson M, et al. A technical guide to tDCS, and related non-invasive brain stimulation tools. *Clin Neurophysiol*. 2016;127(2):1031-1048. <https://doi:10.1016/j.clinph.2015.11.012>
- Yang DJ, Lee YS. Effects of robot-assisted arm training on muscle activity of arm and weight bearing in stroke patients." *The Journal of Korean Academy of Orthopedic Manual Physical Therapy*. 2022;28(1):71-80.
- Zhang MK, Wei JN, Wu XP. Effects of whole-body vibration training on lower limb motor function and neural plasticity in patients with stroke: protocol for a randomised controlled clinical trial. *BMJ Open*. 2022;12(6):e060796. <https://doi:10.1136/bmjopen-2022-060796>
- 논문접수일(Date received) : 2022년 11월 30일
논문수정일(Date Revised) : 2022년 12월 10일
논문게재확정일(Date Accepted) : 2022년 12월 14일