

경두개 직류 전기 자극과 병행한 배 드로우인 방법이 만성 뇌졸중 환자의 균형 능력과 몸통 기능에 미치는 영향

이 양 진[‡]

[‡]경북전문대학교 물리치료과 교수

Effects of Abdominal Draw-In Maneuver Combined with Transcranial Direct Current Stimulation on Balance Ability and Trunk Function in Chronic Stroke Patients

Yang-Jin Lee, PT, Ph.D[‡]

[‡]Dept. of Physical Therapy, Kyungbuk College, Professor

Abstract

Purpose : To investigate effects of transcranial directed current stimulus (tDCS) combined with abdominal draw-in maneuver (ADIM) on balance ability and trunk impairment scale of chronic stroke patients.

Methods : Twenty-six chronic stroke patients were recruited and twenty-four participated after excluding two patients who met the exclusion criteria. After screening tests, they were randomized through excel program into an experimental group (n = 12) to apply a tDCS combined with ADIM and a control group (n = 12) to apply a sham tDCS with ADIM. The intervention lasted three times a week for six weeks. To compare tDCS intervention effects, trunk impairment scale and balance ability were measured. Comparisons between experimental and control groups were statistically processed using an independent t-test and comparisons within groups were statistically processed using a paired t-test.

Results : The experimental group showed significant increases of pre- and post-intervention medial lateral velocity, anterior posterior velocity and area of balance ability, and trunk impairment scale ($p < .05$). The control group showed significant increases in pre- and post-intervention medial lateral velocity of balance ability and trunk impairment scale ($p < .05$). The experimental group showed significant increases of medial lateral velocity of balance ability and trunk impairment scale compared to the control group ($p < .05$).

Conclusion : Results of this study suggest that tDCS combined with ADIM for chronic stroke patients can be effective in improving medial lateral velocity of balance ability and trunk impairment scale. Thus, tDCS can be used as an effective treatment protocol for trunk rehabilitation of chronic stroke patients.

Key Words : balance, stroke, transcranial direct current stimulation, trunk impairment scale

[‡]교신저자 : 이양진, ptyangjin2@naver.com

제출일 : 2023년 3월 8일 | 수정일 : 2023년 4월 11일 | 게재승인일 : 2023년 4월 28일

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

뇌졸중은 10대 사망 원인 중 사망 원인 1위로 유병률이 높으며(Kim 등, 2019), 뇌졸중 환자들은 감각장애, 운동마비, 균형상실, 몸통조절 등 여러 부분의 장애를 동반한다. 특히 몸통은 우리 신체 움직임의 생체 역학에서 중요한 역할을 수행하며 균형 및 팔과 다리의 움직임에 상당한 관련이 있는 것으로 알려져 있다(Kong & Krishnan, 2021; Van Criekinge 등, 2017). 그러나 뇌졸중 환자는 몸통 움직임의 적절한 움직임을 수행할 수 없어 자세 유지, 균형, 일상생활에 많은 어려움을 호소한다(Cabanas-Valdés 등, 2013; Titus 등, 2018). 이러한 이유로 뇌졸중 환자의 재활에서 균형 능력 및 몸통 기능 향상을 위한 많은 중재가 이루어지고 있다(Van Criekinge 등, 2019).

몸통의 중심 근육은 가로막(diaphragm), 배가로근(transversus abdominis), 골반 아래 근육(pelvic floor muscles), 뭇갈래근(multifidus) 등으로 이루어져 있으며 이러한 근육의 수축을 통하여 배속 안 압력을 높여 몸통의 안정화를 가질 수 있다고 하였다(Hung 등, 2019; Key, 2013). 몸통 중심 근육 중 배가로근은 몸통 안정성과 조절을 위하여 가장 주된 기능을 수행하기에 몸통 안정성 훈련은 배가로근의 중재가 가장 중요하다고 알려져 있다(Haruyama 등, 2017). 배가로근 기능 향상을 위한 여러 훈련 중 몸통 안정화 중재 방법으로 배 드로우인 방법(abdominal draw-in maneuver; ADIM) 중재가 널리 사용되고 있다. 배 드로우인 방법은 배가로근을 가장 먼저 수축하여 효과적으로 배가로근의 수축을 유도할 수 있다고 알려져 있다(Hides 등, 2006). 배 드로우인 방법은 근육뼈대계 허리 재활 분야, 노인의 일상생활 증진, 뇌졸중 환자의 몸통 조절 능력 향상 등 여러 분야에서 그 효과성을 입증하였다(Haruyama 등, 2017; Sugimoto 등, 2018; Wang 등, 2019).

최근 과학 기술의 발전으로 다양한 중재 방법들이 소개되고 있다. 그 중 경두개 직류 전기 자극(transcranial direct current stimulation; tDCS)은 비침습적 뇌 자극 방법으로서 전극을 통하여 1~2 mA의 전류를 흘려보내 두피를

통하여 대뇌 겉질의 흥분을 조절하는 방법이다(Nitsche & Paulus, 2000). 이러한 일차운동 영역의 뇌 자극은 중재 효과를 개선하고 운동 성능을 향상하는 것으로 알려져 있다(Huang 등, 2019). 지금까지 선행 연구들은 정상인을 대상으로 관절 운동성 증진(Henriques 등, 2019), 운동선수의 근력 증진(Hazime 등, 2017; Vargas 등, 2018), 뇌졸중 환자의 균형 증진(Navarro-López 등, 2021), 반쪽 공간무시(Jacquín-Courtois, 2015), 보행 개선(Manji 등, 2018)등 여러 대상자와 다양한 분야에 관한 연구가 진행되었다.

지금까지의 선행 연구들은 배 드로우인 방법과 경두개 직류 전기 자극의 다양한 장점과 효과성을 입증하였음에도 대부분 각각의 중재 방법 단일 효과성 입증에 대한 연구가 주를 이루었으며, 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 배 드로우인 방법과 병행한 경두개 직류 전기 자극에 관한 연구는 드문 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 경두개 직류 전기 자극을 결합한 배 드로우인 방법이 균형 능력 및 몸통조절에 어떠한 효과를 미치는지 규명하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 실시하였다. 대상자들은 Y시에 위치한 M 요양병원에 입원 치료 중인 뇌졸중 환자들을 대상으로 병원 게시판을 통하여 모집하였다. 총 26명의 뇌졸중 환자들이 모집되었으며, 대상자의 선정 및 제외기준에 따라 총 24명이 선정되었다. 선정 기준은 1) 뇌졸중 발병 후 6개월 이상 경과한 자, 2) 한국형 간이 정신 상태 판별 검사(mini-mental state examination-Korea version; MMSE-K)의 점수가 24점 이상인 자, 3) 신체에 정형외과적 질환이 없는 자, 4) 신경학적 질환이나 심호흡계 질환이 없는 자, 5) 전기 자극에 민감하지 않은 자 6) 환자와 보호자의 연구 참여에 동의한 자로 하였다(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects

(n= 24)

	Experimental group (n=12)	Control group (n=12)	p/x^2
Age (year)	67.33±6.08	65.83±6.70	.572
Sex (male/female)	6/6	7/5	.682
Weight (kg)	63.92±8.32	60.67±8.03	.340
Duration (month)	19.92±6.04	24.17±7.59	.143
MMSE (score)	25.17±1.75	26.33±1.15	.067

MMSE; mini-mental state examination

2. 연구 절차

본 연구는 무작위 대조군 연구(randomized controlled trial)로 설계하였으며, 만성 뇌졸중 환자 24명의 대상자들을 난수표를 이용한 무작위 배정으로 실험군(n=12) 또는 대조군(n=12)으로 배정하였다. 모든 참가자들은 사전 평가와 사후 평가를 실시 하였으며, 균형 능력은 Goodbalance, 몸통조절 능력은 몸통 손상 척도(Trunk impairment scale; TIS)로 평가하였다. 실험은 두 군 모두 6주간 주 3회 실시되었으며, 경두개 직류 전기 자극과 배 드로우인을 같이 실행하는 실험군과 거짓 경두개 직류 전기 자극과 배 드로우인을 같이 실행하는 대조군으로 설정하여 진행하였다.

3. 중재 방법

1) 배 드로우인(abdominal draw-in maneuver)

배 드로우인 방법은 Kang과 Moon(2022)의 연구 방법을 수정 보완하여 실시하였다. 양쪽 엉덩관절을 45° 굽힘, 무릎관절 90° 굽힘 하고 발을 지면에 닿게 한 상태에서 바로 누운 자세로 실시하였다. 생체 압력 피드백 장치(Stabilizer®, Chattanooga Group, Inc., USA)를 대상자의 허리 부위에 위치시키며, 대상자는 압력 피드백 장치에 연결된 압력계를 보며 배를 허리뼈 방향으로 당기면서 최초 40 mmHg인 상태에서 10 mmHg를 증가시킨 후 10초 동안 유지하도록 하며 5~10초간 휴식을 실시하였다. 10회를 1세트로 총 5세트 실시하였으며 세트 간 휴식을 1분간 시행하였다.

2) 경두개 직류 전기 자극(transcranial direct current stimulation)

경두개 직류 전기 자극은 halo sports(Halo sport, Halo Neuroscience, USA)를 사용하였다. 헤드셋 모양으로 머리에 쓰게 고안된 장치로 간단한 응용 프로그램으로 제어가 능하도록 설계되어 있으며, 1~2 mA 약한 직류 전류가 전극(프라이머)를 통하여 대뇌 겉질의 일차운동 양쪽으로 흐를 수 있도록 고안된 장치이다(Fig 1).

대상자는 누운 자세에서 halo sports를 착용하게 하였으며, 실험군은 배 드로우인을 실시하면서 15분 동안 실제 전기 자극을 실시하였으며, 대조군은 배 드로우인을 실시하면서 초기 30초간 전기를 흘려보낸 뒤 자극을 없앤 상태인 거짓 전기 자극으로 실시하였다(Huang 등, 2019)(Fig 2).



Fig 1. Halo sports

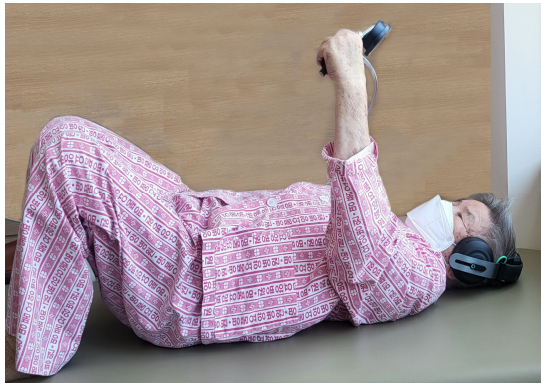


Fig 2. tDCS combined with ADIM

3. 측정 도구

본 연구에서 균형 능력은 Goodbalance, 몸통 조절 능력은 TIS를 이용하여 측정하였다.

1) 균형 능력(balance ability)

본 연구에 참여한 대상자의 균형 능력을 측정하기 위하여 균형 분석 시스템인 Goodbalance system (Metitur Ltd, Jyvaskyla, Finland)을 사용하였다. 삼각형 모양의 플랫폼의 각 꼭지점의 센서가 압력중심점의 궤도를 계산하여 균형을 측정하는 장비이다. 대상자는 플랫폼에 올라 발이 중심에 일렬로 선 자세로 테스트를 진행하였으며, 전방 3 m의 고정점을 주시하고 30초간 유지하도록

하였다. 압력 중심의 medial-lateral, anterior-posterior 방향의 평균 속도, 면적을 측정하였으며 3번 측정하여 평균값을 사용하였다(Ha 등, 2014).

2) 몸통 손상 척도(Trunk impairment scale; TIS)

본 연구에 참여한 대상자의 몸통조절 능력을 측정하기 위하여 몸통 손상 척도를 사용하였다. 총 17개 항목으로 앉은 자세에서 몸통의 정적, 동적 조절과 협응력을 평가하는 도구로 최소 0점에서 최대 23점으로 이루어져 있다. 높은 점수일수록 몸통의 조절 능력이 우수하다는 것을 의미한다(Yu & Park, 2013).

4. 분석 방법

SPSS Statistics 21.0 소프트웨어 프로그램을 사용하여 분석하였다. 정규성 검정은 Shapiro-Wilk를 이용하였다. 대상자의 일반적 특성 중 성별은 카이제곱 검정을 통해 사용하였고, 나이, 몸무게, 유병 기간, MMSE 종속변수의 사전 값의 동질성은 독립표본 t-검정을 검정하였다. 두 그룹 내 실험 전·후 차이 값을 알아보기 위해 대응 표본 t-검정을 통해 시행하였다. 두 집단 간 중재에 따른 변화량의 차이를 비교하기 위해 독립표본 t-검정으로 분석하였다. 모든 통계학적 유의 수준은 $\alpha = .05$ 로 하였다.

Table 2. Comparison of balance between groups (n= 24)

		Experimental group (n=12)	Control group (n=12)	p
Medial-Lateral (mm/s)	Pre	3.74±.40	3.94±.20	.194
	Post	3.63±.42	3.88±.18	
	Post-Pre	-1.08±.98	-.33±.51	.028
	p	.003	.049	
Anterior-Posterior (mm/s)	Pre	6.44±1.07	5.90±.98	.271
	Post	6.17±.94	5.79±.96	
	Post-Pre	-.28±.41	-.12±.27	.275
	p	.041	.156	
Area (mm ² /s)	Pre	8.37±1.52	8.51±1.70	.832
	Post	7.93±1.57	8.28±1.52	
	Post-Pre	-.66±.58	-.52±.54	.540
	p	.005	.070	

values are expressed as Mean±SD

Ⅲ. 결 과

1. 균형 능력의 변화

실험군에서 중재 전보다 medial-lateral 속도, anterior-posterior 속도, area에서 유의한 차이를 보였다($p<.05$). 대조군에서 중재 전보다 medial-lateral 속도에서 유의한 차이를 보였다($p<.05$). 그룹 간 비교에서는 medial-lateral 속

도에서 유의한 차이를 보였다($p<.05$) (Table 2).

2. 몸통조절 능력의 변화

실험군에서 중재 전보다 TIS에서 유의한 차이를 보였다($p<.05$). 대조군에서 중재 전보다 TIS에서 유의한 차이를 보였다($p<.05$). 그룹 간 비교에서는 TIS에서 유의한 차이를 보였다($p<.05$)(Table 3).

Table 3. Comparison of TIS between groups

(n= 24)

	Experimental group (n=12)	Control group (n=12)	<i>p</i>	
TIS (score)	Pre	13.83±1.59	14.00±1.54	.796
	Post	14.83±1.34	14.42±1.31	
	Post-Pre	1.00±.74	.42±.51	.035
	<i>p</i>	.001	.017	

values are expressed as Mean±SD, TIS; trunk impairment scale

Ⅳ. 고 찰

본 연구는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 경두개 직류 전기 자극을 병행한 배 드로우인을 적용하여 균형과 몸통조절 능력에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험군에는 경두개 직류 전기 자극과 배 드로우인을, 대조군에는 거짓 경두개 직류 전기 자극과 배 드로우인 적용하여, 경두개 직류 전기 자극이 만성 뇌졸중 환자들에게 미치는 효과를 규명하고자 하였다. 그 결과 균형 능력의 medial-lateral 속도, TIS에서 긍정적인 영향을 미침을 확인하였다.

뇌는 국소적 손상 부위의 반대측에 마비를 동반하며, 환자의 약 40 %는 장애가 남게 되며 운동, 균형, 보행, 감각 및 일상생활 장애의 활동과 같은 문제를 수반한다(Fernandes 등, 2006). 특히 몸통 근육의 부정적인 영향은 이동 및 일상생활의 활동에 문제를 일으켜 여러 부가적인 문제를 야기한다(Lee 등, 2021). 또한 앉은 자세에서 한쪽으로의 과도한 체중 부하로 인한 불안정한 자세 및 몸의 비대칭적인 변형을 유발한다(Cui 등, 2023). 따라서

균형과 몸통조절 능력의 향상은 뇌졸중 환자의 재활에 있어서 매우 중요한 요소이다(Van Crieking 등, 2019). 여러 선행 연구에 따르면 배 드로우인 운동은 배가로근, 배속빗근 등의 근육 강화와 수축 시간의 향상으로 자세 조절 능력이 개선되어 뇌졸중 환자의 몸통조절 능력, 균형 능력에 효과적이라고 하였으며(Haruyama 등, 2017), 경두개 직류 전기 자극은 운동 기능 향상에 도움을 줄 수 있다고 하였다(Sohn 등, 2013). 본 연구 결과, 실험군은 대조군과 비교하여 뇌졸중 환자들의 균형과 몸통조절 능력에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다($p<.05$).

뇌졸중 환자의 균형 및 몸통조절 문제를 해결하기 위해, 뇌졸중 환자의 일차운동영역에 경두개 직류 전기 자극을 적용하여 뇌졸중 환자의 균형 능력에 유의한 향상이 있었다고 보고하였다(Tahtis 등, 2014). Andrade 등(2017)의 연구에서는 60명의 뇌졸중 환자를 대상으로 일차운동 영역인 C3, C4 영역에 적용하여 균형 능력을 측정하는 Four square step test와 Overall stability index의 유의한 개선을 보고하였다. 또한 Sohn 등(2013)의 연구에서는 11명의 뇌졸중 환자를 대상으로 경두개 직류 전기

자극을 실시하고 48시간 후 거짓 경두개 직류 전기 자극을 추가로 실시하고 비교한 뒤 경두개 직류 전기 자극이 다리의 근력 향상과 자세 안정성에서 유의한 향상을 보고하여 본 연구 결과를 지지하였다. 그러한 이유는 대뇌 겉질에 적용된 경두개 직류 전기 자극을 통하여 신경 세포막의 탈분극에 도달하지 않고 안정막 전위(resting potential)의 변화를 유도하여 신경 연결망 활성을 조절하여 걸질 흥분성을 유발한다고 하였으며, 이러한 변화가 운동 기능 능력의 개선에 효과가 있었기 때문이라고 하였다(Stagg 등, 2009).

본 연구의 결과를 통하여 뇌졸중 환자에게 경두개 직류 전기 자극의 적용은 균형과 몸통조절 능력에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 뇌졸중 환자들의 몸통 훈련 및 균형 훈련을 실시할 때, 경두개 직류 전기 자극을 같이 적용한다면, 재활 훈련에서 더 큰 시너지를 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 하지만, 본 연구는 대상자 수가 소수임으로 일반화하기에는 무리가 있을 수 있으며, 경두개 직류 전기 자극의 효과가 얼마나 지속 가능한지에 대한 추적 연구를 실시하지 않았다. 따라서 추후 연구에서는 경두개 직류 전기 자극과 재활을 병행하여, 기술한 제한점을 보완한 후속 연구가 필요할 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 만성 뇌졸중 환자의 일차운동영역에 경두개 직류 전기 자극이 균형 및 몸통조절 능력에 미치는 영향을 비교하였다. 그 결과 만성 뇌졸중 환자의 경두개 직류 전기 자극의 적용은 균형 및 몸통조절 능력에서 거짓 경두개 직류 전기 자극 그룹과 비교하여 유의한 차이를 나타내었다. 본 실험 결과를 바탕으로, 만성 뇌졸중 환자의 경두개 직류 전기 자극의 적용은 균형과 몸통조절 능력에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다고 할 수 있을 것이다. 앞으로 다양한 후속 연구를 통해, 경두개 직류 전기 자극과 운동 재활을 병행한 중재 방법으로 발전시킨다면, 뇌졸중 환자들의 재활과 일상생활 복귀에 큰 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- Andrade SM, Ferreira JJA, Rufino TS, et al(2017). Effects of different montages of transcranial direct current stimulation on the risk of falls and lower limb function after stroke. *Neurol Res*, 39(12), 1037-1043. <https://doi.org/10.1080/01616412.2017.1371473>.
- Cabanas-Valdés R, Cuchi GU, Bagur-Calafat C(2013). Trunk training exercises approaches for improving trunk performance and functional sitting balance in patients with stroke : a systematic review. *NeuroRehabilitation*, 33(4), 575-592. <https://doi.org/10.3233/NRE-130996>.
- Cui R, Liu H, Li M, et al(2023). Effects of “taking the waist as the axis” therapy on trunk postural control disorder after stroke : a randomized controlled trial. *Front Aging Neurosci*, 15, Printed Online. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2023.1040277>.
- Fernandes MR, Carvalh LB, Prado GF(2006). A functional electric orthosis on the paretic leg improves quality of life of stroke patients. *Arq Neuropsiquiatr*, 64(1), 20-23. <https://doi.org/10.1590/S0004-282X2006000100005>.
- Ha H, Cho K, Lee W(2014). Reliability of the good balance system[®] for postural sway measurement in poststroke patients. *J Phys Ther Sci*, 26(1), 121-124. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.121>.
- Haruyama K, Kawakami M, Otsuka T(2017). Effect of core stability training on trunk function, standing balance, and mobility in stroke patients. *Neurorehabil Neural Repair*, 31(3), 240-249. <https://doi.org/10.1177/1545968316675431>.
- Hazime FA, da Cunha RA, Soliaman RR, et al(2017). Anodal transcranial direct current stimulation (tDCS) increases isometric strength of shoulder rotators muscles in handball players. *Int J Sports Phys Ther*, 12(3), 402-407.
- Henriques IAD, Lattari E, Torres G, et al(2019). Can transcranial direct current stimulation improve range of motion and modulate pain perception in healthy

- individuals?. *Neurosci Lett*, 707, Printed Online. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2019.134311>.
- Hides J, Wilson S, Stanton W, et al(2006). An MRI investigation into the function of the transversus abdominis muscle during “drawing-in” of the abdominal wall. *Spine*, 31(6), 175-178. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000202740.86338.df>.
- Huang L, Deng Y, Zheng X, et al(2019). Transcranial direct current stimulation with halo sport enhances repeated sprint cycling and cognitive performance. *Front Physiol*, 10, Printed Online. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00118>.
- Hung KC, Chung HW, Yu CC, et al(2019). Effects of 8-week core training on core endurance and running economy. *PloS One*, 14(3), Printed Online. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213158>.
- Jacquin-Courtois S(2015). Hemi-spatial neglect rehabilitation using non-invasive brain stimulation : or how to modulate the disconnection syndrome?. *Annals of Ann Phys Rehabil Med*, 58(4), 251-258. <https://10.1016/j.rehab.2015.07.388>.
- Kang JI, Moon YJ(2022). The effect of the abdominal draw-in maneuver using breathing on trunk control and hand grip in stroke patients. *J Korean Soc Phys Med*, 17(1), 117-125. <https://doi.org/10.13066/kspm.2022.17.1.117>.
- Key J(2013). ‘The core’ : understanding it, and retraining its dysfunction. *J Bodyw Mov The*, 17(4), 541-559. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2013.03.012>.
- Kim JY, Kang K, Kang J, et al(2019). Executive summary of stroke statistics in Korea 2018 : a report from the epidemiology research council of the Korean stroke society. *J Stroke*, 21(1), 42-59. <https://doi.org/10.5853/jos.2018.03125>.
- Kong KH, Krishnan R(2021). Truncal impairment after stroke : clinical correlates, outcome and impact on ambulatory and functional outcomes after rehabilitation. *Singapore Med J*, 62(2), 87-91. <https://doi.org/10.11622/smedj.2019153>.
- Lee K, Lee D, Hong S, et al(2021). The relationship between sitting balance, trunk control and mobility with predictive for current mobility level in survivors of sub-acute stroke. *PLoS One*, 16(8), Printed Online. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251977>.
- Manji A, Amimoto K, Matsuda T, et al(2018). Effects of transcranial direct current stimulation over the supplementary motor area body weight-supported treadmill gait training in hemiparetic patients after stroke. *Neurosci Lett*, 662, 302-305. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2017.10.049>.
- Navarro-López V, Molina-Rueda F, Jiménez-Jiménez S, et al(2021). Effects of transcranial direct current stimulation combined with physiotherapy on gait pattern, balance, and functionality in stroke patients : a systematic review. *Diagnostics*, 11(4), Printed Online. <https://doi.org/10.3390/diagnostics11040656>.
- Nitsche MA, Paulus W(2000). Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *J Physiol*, 527, 633-639. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2000.t01-1-00633.x>.
- Sohn MK, Jee SJ, Kim YW(2013). Effect of transcranial direct current stimulation on postural stability and lower extremity strength in hemiplegic stroke patients. *Ann Rehabil Med*, 37(6), 759-765. <https://doi.org/10.5535/arm.2013.37.6.759>.
- Stagg CJ, Best JG, Stephenson MC, et al(2009). Polarity-sensitive modulation of cortical neurotransmitters by transcranial stimulation. *J Neurosci*, 29(16), 5202-5206. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4432-08.2009>.
- Sugimoto T, Yokogawa M, Miaki H, et al(2018). Changes in thickness of the transversus abdominis during the abdominal drawing-in manoeuvre and expiratory muscle training in elderly people. *J Phys Ther Sci*, 30(1), 119-123. <https://doi.org/10.1589/jpts.30.119>.
- Tahtis V, Kaski D, Seemungal BM(2014). The effect of single session bi-cephalic transcranial direct current stimulation on gait performance in sub-acute stroke : a pilot study. *Restor Neurol Neurosci*, 32(4), 527-532. <https://doi.org/10.3233/RNN-140393>.

- Titus AW, Hillier S, Louw QA, et al(2018). An analysis of trunk kinematics and gait parameters in people with stroke. *Afr J Disabil*, 7, Printed Online. <https://doi.org/10.4102/ajod.v7i0.310>.
- Van Criekinge T, Saeys W, Halleman A, et al(2017). Trunk biomechanics during hemiplegic gait after stroke : a systematic review. *Gait Posture*, 54, 133-143. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.03.004>.
- Van Criekinge T, Truijen S, Schröder J, et al(2019). The effectiveness of trunk training on trunk control, sitting and standing balance and mobility post-stroke : a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*, 33(6), 992-1002. <https://doi.org/10.1177/0269215519830159>.
- Vargas VZ, Baptista AF, Pereira GOC, et al(2018). Modulation of isometric quadriceps strength in soccer players with transcranial direct current stimulation : a crossover study. *J Strength Cond Res*, 32(5), 1336-1341. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001985>.
- Wang LJ, Ruan B, Liu CR(2019). Effect of pressure biofeedback in abdominal drawing-in maneuver on transversus abdominis activation level in patients with chronic low back pain. *Int J Sports Phys Ther*, 14(6), Printed Online.
- Yu SH, Park SD(2013). The effects of core stability strength exercise on muscle activity and trunk impairment scale in stroke patients. *J Exerc Rehabil*, 9(3), 362. <https://doi.org/10.12965/jer.130042>.