

편마비 환자에게 적용된 경두개직류자극이 하지 근 활성화 및 보행능력에 미치는 영향

이 연 섭[†]

[†]대원대학교 물리치료과 교수

Effect of Trans Cranial Directed Current Stimulus on Lower Extremity Muscle Activation and Walking Capacity for Hemiparalysis Patients

Yeon-Seop Lee, PT, Ph.D[†]

[†]*Dept. of Physical Therapy, Daewon university college, professor*

Abstract

Purpose: The purpose of this study is to investigate the effect of non-invasive transcranial direct current stimulation (tDCS) on muscle activity, including 10 m WT, TUG, and BBS, in hemiplegic stroke patients.

Methods: This study was conducted on 42 inpatients diagnosed with hemiplegia due to stroke at hospital B in Daejeon for more than 6 months. Walking training was conducted for six weeks, five times a week for 30 minutes, with a general walking group (14 people), tDCS walking group (14 people), and tDCS (sham) walking group (14 people).

Results: As a result of the study, the change in the muscle activity before and after tDCS intervention was significantly increased in the tibialis anterior muscle in the CG group. In the EG group, the erector spine (lumbar), rectus femoris, and tibialis anterior muscles significantly increased. In the SEG group, significant increases were observed in the rectus femoris and tibialis anterior muscles. Significant differences were found in the rectus femoris and tibialis anterior muscles in the comparison between groups after intervention according to tDCS application. Also, 10 m WT, TUG, and BBS were significantly increased in the CG, EG, and SEG groups after intervention, and there were significant differences in 10 m WT, TUG, and BBS in comparison between groups after intervention according to tDCS application.

Conclusion: As a result, tDCS is an effective in improving the walking ability of stroke patients, and in particular, it effectively increases the muscle activity of the rectus femoris and tibialis anterior muscles, which act directly on walking, and also improves the speed and stability of walking. It is considered being an effective method to increase the gait of stroke patients by combining it with the existing gait training.

Key Words : EMG, stroke, tDCS, 10 mWT

[†]교신저자 : 이연섭, bulchun325@naver.com

제출일 : 2022년 4월 6일 | 수정일 : 2022년 5월 6일 | 게재승인일 : 2022년 5월 13일

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

인간의 뇌는 신경계를 통합하는 최고의 중추이며 형태적 기능적으로 가장 고차의 통합을 실행하는 부분으로, 20세를 전후로 3단계의 발달 과정을 거쳐 완성된다. 고유한 기능을 가진 뇌는 한번 손상되면 높은 후유증을 나타내며 대표적인 질환으로 뇌졸중은 전 세계인구의 6명 중 1명 이상 경험하고 2초에 한 명씩 발생하고 있으며 6초에 한 명씩 사망하고 있다.

뇌졸중은 대표적인 뇌혈관질환으로 뇌에 정상적인 혈액 공급의 문제로 신경학적 증상이 갑작스럽게 발생하여 24시간 이상 지속되는 임상징후를 말하며, 뇌졸중으로 인한 편마비 환자는 중추신경계를 손상시키며 보행, 근력, 균형, 운동 수행능력과 같은 움직임과 일상활동능력을 제한시킨다(Kaminski 등, 2017). 대표적으로 대뇌의 운동겉질, 운동영역, 운동경로 등에 손상을 일으키며, 일반적인 증상들은 병변 부위에 따라서 다양한 기능장애, 일상생활 동작의 제한 및 인지 기능장애 등을 나타내며 이 중 운동감각의 이상은 뇌졸중 환자의 자세조절의 어려움을 가져오게 한다(Chisholm 등, 2011). 자세조절의 어려움은 일상생활 동작의 수행 및 계획의 수립에 장애를 일으키며, 초기 약 80 % 이상이 이동제한 및 어려움을 호소하고 있으며 편마비 환자의 가장 중요한 목표 중의 하나가 독립적이고 효율적인 보행으로 뇌졸중 환자의 1차적인 치료목표가 된다(Iruthayarajah 등, 2017).

뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 치료방법들은 마비측 또는 비마비측을 사용하여 마비측의 보상기능을 증가시키거나 감소하여 기능의 촉진을 일으키는 방법으로 대부분의 현대 일반적인 치료방법들은 중추신경계 재생이나 활성화를 완전히 일으킬 수 없으며 재생은 매우 제한적이다. 이러한 중추신경계의 재생이나 활성화를 높이기 위한 신경가소성에 기반을 둔 경두개 직류전류자극(transcranial direct current stimulation; tDCS)이 대뇌겉질을 선택적으로 자극하여 활성화를 일으키는 방법들이 연구되고 있다.

경두개 직류전류자극은 두피에 1에서 2 mA의 전류를

흘려보내 뇌 국소부위의 흥분성을 변화시키는 방법으로 운동능력과 인지기능을 호전시킨다. 이는 중추신경계의 신경막 나트륨 이온채널과 칼슘 이온채널의 활동에 영향을 주어 신경막의 전위 수준을 조절하고, 국부적인 뇌 신경세포의 활동을 변화시키며, 자극하는 전류의 극성, 자극시간, 전류의 세기 등을 조절하여 선택적으로 뇌를 활성화할 수 있다(Dumel 등, 2016). 경두개 직류전류자극이 신경계의 NMDA 수용체의 효율성 변화에 따른 시냅스 연결성에서 가소성 변화에 의한 것으로 양극(anode)은 억제성 신경전달물질인 GABA를 국소적으로 감소시키고, 음극(cathod)은 Glutamate성 신경 활동을 억제시킨다고 하였다(Stagg 등, 2011).

경두개 직류전류에 대한 효과성 연구는 뇌졸중 후 인지, 언어상실증, 팔 기능 등의 기능회복에 대한 연구가 다양하게 이루어지고 있으며(Fridriksson 등, 2011; Lindenberg 등, 2010; Tanaka & Watanabe, 2009), Tanaka 등(2009)은 경두개 직류전류자극이 물리치료적 중재 방법들과 같이 병행된다면 효과를 더욱 향상시킬 수 있다고 하였고, Sawaki 등(2006)도 말초신경계와 중추신경계의 다양한 자극이 뇌의 신경가소성, 보행 및 운동기능의 향상에 도움이 된다고 보고하여 본 연구에서는 다양한 접근의 한 방법으로 tDCS의 적용을 통하여 이 보행에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

2. 연구의 목적

본 연구에서는 뇌의 비침습적인 자극치료인 경두개 직류전류자극의 연구가 아직은 뇌졸중 환자의 인지적인 측면과 상지에 국한되어 있으며 하지의 적용한 연구들도 고정된 자세에서 개별기능에 미치는 영향을 알아보려고 한 연구들이 대부분으로, 본 연구에서는 현재 진행되고 있는 비침습적 자극방법을 보행 시 적용하여 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 하지의 근 활성도, 보행에 어떠한 효과가 있는지를 알아보려고 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구는 대전광역시 소재 B 병원에서 뇌졸중으로 진단받은 지 6개월이 경과된 입원환자 중 헬싱키 선언을 바탕으로 한 연구에 참여하기로 동의하였고 연구 조건을 충족시킬 수 있는 중추신경계 손상 환자 45명을 대상으로 하였다. 대상자 선정에서 전기 과민을 보이는 환자 3명을 중도 탈락시킨 후 42명을 대상으로 무선 표본추출(simple random sampling)로 할당하여 일반보행군 14명, tDCS 보행군 14명, tDCS (sham) 보행군 14명을 대상으로 하였다.

연구에 참여한 대상자의 선정기준은 CT나 MRI에 의해 편측 뇌손상으로 확인된 자 중 연구내용과 측정 방법 등을 수행할 수 있는 보행능력과 인지능력을 가지고 있는 자로 하였으며 중추신경계 손상 환자 중 보행 보조장치 없이 50 m 독립보행이 가능한 자, 보행에 관련된 정형외과적 질환이 없는 자, 특별히 전기적 자극에 이상 징후가 없는 자, 한국형 간이 정신 상태 판별검사 24점 이상인 자를 대상으로 주 5회, 1일 30분, 6주간 실시하였다.

2. 운동 프로그램

1) 보행 훈련

보행 훈련은 50 m 거리의 치료실 테두리를 자연스럽게 걷는 것으로 보행속도는 환자가 안전하고, 편안하게 걸을 수 있는 속도로 하였으며 사용하고 있는 보행 보조장치는 모두 제거하였다. 보행 훈련 전 보행에 관한 내용과 훈련 방법 등을 1주일간의 기간을 두고 3회 정도 숙지시키고 훈련을 시행하였다.

2) 경두개 직류자극

경두개 직류전류자극 발생장치로는 Phoresor II Auto PM850(IOMED®, SaltLake City, USA)을 사용하였으며, 두피에 부착하는 전극은 5×7(35 cm²) 크기의 스펀지 전극을 사용하였다. 전극의 부착 부위로는 양극을 손상 측 반구의 일차운동영역(primary motor cortex; M1) 부위를 자극하기 위해 10에서 20 국제 뇌파검사시스템 C3, C4에 부착시키고 음극은 반대 측 이마 부위에 부착하였다.

전극은 생리식염수(0.9 %)에 적신 후 밴드를 이용해 이마 및 마루뼈의 부착 부위에 환자가 불편하지 않을 정도로 최대한 밀착하여 부착하고 경두개 직류전류자극의 자극강도와 자극시간은 2 mA로 20분간 적용하였다(Andrade 등, 2017). 경두개 직류전류자극에 대한 선행연구들을 바탕으로 자극은 tDCS 보행군(EG 실험군)과 tDCS (sham) 보행군(SEG 보행군)에서 동일하게 실시하였고 SEG 보행군은 적용 후 30초 후에 전원을 차단하여 자극을 중단하였다(Park 등, 2008).

3. 측정 방법

1) 표면 근전도

근전도 측정값을 수집하기 위하여 표면 근전도(MP150, Biopac Systems Inc, USA)를 이용하였다. 근전도는 전극, 증폭기, 기록기 등으로 구성되며, 전극은 표면 전극(Ag-Ag /Cl; Biopac, diameter 2 cm, inter-electrode distance 2 cm)을 이용하였다. 근전도 신호 획득률(sampling rate)은 1,000 Hz로 수집 후, 전파정류(full-wave rectification) 처리하고 실효치 값(root means square; RMS)을 처리하였다. 자료의 저장과 처리를 위한 소프트웨어(Acqknowledge 4.1, Biopac System Inc, USA)를 이용하여 30에서 500 Hz 에서 구간 필터링하고 60 Hz로 노치 필터 한 다음 신호처리 하였다.

표면전극의 부착 부위는 근육의 중앙부에 부착하고, 부착 전 피부 자극을 최소화하기 위하여 전극의 부착 부위는 이물질은 제거한 후 알코올로 닦아내고 전해질 겔이 도포된 두 개의 전극을 부착하였다. 접지 전극의 전극은 C7에 부착하였다. 개별 근육의 부착 부위는 총 6군대로 장딴지근 가쪽(gastrocnemius lateral part), 앞정강근(tibialis anterior), 넓다리두갈래근(biceps femoris), 넓다리곧은근(rectus femoris), 등뼈-바로세움근(erector spine-thoracic), 허리뼈-바로세움근(erector spine-lumbar)에 부착하였다.

근 활성도를 측정하기 위한 기준 수축값 산출을 위하여 안정적으로 바로 선 자세에서 5초간 근 활성도를 측정하여 처음과 마지막 1초를 제외한 3초간의 측정값을 사용하였다. 근 활성도 측정은 바로 선 자세에서 한걸음

(stride)하는 동안 마비측의 중간 디딤기부터 다음 말기 디딤기까지의 근전도 신호를 기준 수축값과의 표준화 과정을 거쳐 특정 동작 기준 근수축 활성화도(reference voluntary contraction; RVC)를 아래의 수식을 이용하여 %

RVC로 표준화하여 산출하였고 안정적인 평균 근 활성화도 값을 가지기 위하여 3회 반복 측정하였다(Racz 등, 2006).

$$\% \text{ RVC} = \text{measurement value RMS} / \text{standard contraction RMS} \times 100$$

2) 일어나 걸어가기 검사

일어나 걸어가기 검사(Time up to go; TUG)는 환자의 운동성과 이동능력, 균형을 빠르게 측정할 수 있는 검사 방법으로, 46 cm 높이의 팔걸이가 있는 의자를 이용하여 실시한다. 실험자의 출발신호와 함께 의자에서 일어나 3 m 거리를 돌아와 의자에 앉는 시간을 측정하는 방법으로 일반적으로 20초 이상이면 기능적인 운동손상이 있음을 의미하며 일반 노인의 균형능력과 기능적인 운동을 평가하여 넘어짐에 대한 예측에 사용되고 있다(van Meulen 등, 2016). 검사 재검사 신뢰도(ICC)는 .95~.96이다.

소요되며 검사 재검사 신뢰도(ICC)는 .97 ~ .98이다(Berg 등, 1989).

4. 자료 분석

본 연구의 대상자는 총 42명으로 CG 보행군 14명, EG 보행군 14명, SEG 보행군 14명을 대상으로 측정하여 수집된 자료를 SPSS (version 18.0) 통계 프로그램을 이용하여 분석하였다. 각 군의 일반적 특성에 대한 검정을 위해 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 사용하였으며, 연구결과에 대한 분석은 훈련 전과 훈련 6주 후 훈련 기간에 따른 그룹 내 전·후 비교를 위하여 대응표본 t-test, 그룹 간 비교를 위해 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 사용하고 사후 검정은 LSD를 사용하였으며, 유의수준 $\alpha=.05$ 로 하였다.

3) 10 m 보행검사

10 m 보행검사(10 meter walk test; 10 mWT)는 보행능력을 평가하기 위한 도구로 14 m의 직선거리에서 시작과 끝의 2 m를 감속과 가속을 위한 거리로 설정하고 10 m에 대한 보행시간을 측정하여 사용하며 높은 신뢰도를 나타내는 평가도구이다(Dobkin, 2006). 검사 재검사 신뢰도(ICC)는 .95~.99이다.

4) 버그 균형 척도

버그 균형 척도(Berg balance scale; BBS) 검사는 환자의 균형 유지 능력을 평가하기 위한 도구로 노인의 기능적인 서기 균형을 측정하기 위하여 개발한 것으로 앉기, 선 자세, 자세 변화의 3영역으로 각 항목 당 0에서 4점, 14개 항목으로 총 56점이며 동적 균형능력을 측정하기 위해 검사 도구로 노인성 질환과 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 이동이나 선 자세의 균형능력을 측정하는 데 사용되고 있으며, 전체 항목을 수행하는 데는 약 15분이

III. 결 과

본 연구에 참여한 대상자는 총 42명으로 나이, 키, 몸무게에 대한 일반적 특성은 모두 동질하였다. CG 보행군의 평균 나이는 59.29±18.64세, EG 보행군의 평균 나이는 53.57±11.52세, SEG 보행군의 평균 나이는 51.64±18.44세 였으며, CG 보행군의 평균 키는 160.64±12.34 cm, EG 보행군의 평균 키는 53.57±11.52 cm, SEG 보행군 보행군의 평균 키는 166.5±7.88 cm 이었으며, CG 보행군의 평균 체중은 62.21±16.71 kg, EG 보행군의 평균 체중은 65.57±11.38 kg, SEG 보행군의 평균 체중은 62.79±10.04 kg 이었다(Table 1).

Table 1. General characteristics of subject

(n=42)

	CG (n=14)	EG (n=14)	SEG (n=14)	p
Age (years)	59.29±18.64 ^a	53.27±11.52	51.64±18.44	.451
Height (cm)	160.64±12.34	164.5±8.07	166.5±7.88	.277
Weight (kg)	62.21±16.71	66.57±11.38	62.79±10.04	.763

^a M±SD; mean±standard deviation, CG; Gait training group, EG; Gait training+tDCS (transcranial Direct Current Stimulation) group, SEG; Gait training+sham tDCS (transcranial Direct Current Stimulation) group

1. tDCS 적용 전·후 근 활성화도 비교

몸통 근 활성화도에서 등뼈 바로세움근, 허리뼈 바로세움근에 대한 tDCS 적용 전·후 그룹 내 평균비교에서 세 그룹 모두 증가 하였지만 통계적으로 유의하지 않았다 ($p>.05$). 집단 간 비교 및 사후 검정에서 등뼈 바로세움근, 허리뼈 바로세움근에 대한 tDCS 적용 전·후 그룹 간 평균 차 비교에서 세 그룹 모두 통계학적으로 유의하지 않았다 ($p>.05$)(Table 2).

넙다리 근 활성화도에서 넙다리곧은근에 대한 tDCS 적용 전·후 그룹 내 평균비교에서 EG 보행군과 SEG 보행

군에서 통계학적으로 유의하게 증가하였으며($p<.05$), CG 보행군에서도 증가 하였지만 통계학적으로 유의하지 않았다($p>.05$). 넙다리두갈래근에 대한 tDCS 적용 전·후 그룹 내 평균비교에서 세 그룹 모두에서 증가 하였지만 통계적으로 유의하지 않았다 ($p>.05$)(Table2). 집단 간 비교 및 사후 검정에서 넙다리곧은근에 대한 tDCS 적용 전·후 그룹 간 평균 차 비교에서 세 그룹 간 통계학적으로 유의하였으며($p<.05$), 사후 검정 결과 EG 보행군과 CG 보행군에서 유의하였으며, SEG 보행군은 유의하지 않았다($p>.05$)(Table 2). 넙다리두갈래근에 대한 tDCS 적용 전·후 그룹 내 평균비교에서 세 그룹 모두에서 증가하였

Table 2. Comparison of muscle activation pre and post test

(n=42)

Muscle	Group	Pre-test (M±SD)	Post-test (M±SD)	p	LSD
Erector spinae (thoracic)	CG (n=14)	141.93±54.91	152.62±62.00	.179	
	EG (n=14)	154.00±51.20	168.13±73.74	.081	
	SEG (n=14)	132.24±35.88	140.72±40.00	.211	
Erector spinae (lumbar)	CG (n=14)	167.68±59.98	177.41±58.53	.115	
	EG (n=14)	145.77±34.52	174.12±36.90	.007	
	SEG (n=14)	142.68±58.63	148.45±42.20	.279	
Rectus femoris	CG (n=14)	141.57±33.94	153.94±47.71	.081	
	EG (n=14)	132.00±15.50	176.97±30.36	.001	EG>CG
	SEG (n=14)	134.26±21.67	157.75±44.44	.008	
Biceps femoris	CG (n=14)	121.65±55.58	122.96±31.44	.431	
	EG (n=14)	136.28±33.37	142.67±36.30	.166	
	SEG (n=14)	122.18±32.41	129.85±30.60	.105	
Tibialis anterior	CG (n=14)	124.82±28.54	136.17±31.64	.049	
	EG (n=14)	134.24±23.98	189.99±38.71	.000	EG>CG,
	SEG (n=14)	115.83±21.71	132.78±33.83	.049	SEG
Gastrocnemius(lat)	CG (n=14)	140.73±49.66	141.90±59.16	.425	
	EG (n=14)	162.37±50.94	175.78±41.16	.053	
	SEG (n=14)	149.97±46.35	153.75±47.64	.238	

지만 통계적으로 유의하지 않았다 ($p>.05$).

종아리 근 활성도에서 앞정강근에 대한 tDCS 적용 전·후 그룹 내 평균비교에서 EG 보행군, SEG 보행군, CG 보행군에서 모두 통계학적으로 유의하게 증가하였다($p<.05$)(Table 2). 집단 간 비교 및 사후 검정에서 앞정강근에 대한 tDCS 적용 전·후 그룹 간 평균 차이 비교에서 세 그룹 간 통계학적으로 유의하였으며($p<.05$), 사후 검정 결과 EG 보행군, SEG 보행군, CG 보행군에서 통계학적으로 유의하였다($p<.05$)(Table 2). 장딴지근에 대한 tDCS 적용 전·후 그룹 내 평균비교에서 세 그룹 모두에서 증가하였지만 통계적으로 유의하지 않았다($p>.05$)(Table 2). 집단 간 비교 및 사후 검정에서 tDCS 적용 전·후 그룹 간 평균 차이 비교에서 세 그룹 모두에서 유의하지 않았다 ($p>.05$).

2. tDCS 적용 전·후 기능적 보행 변수 비교

10 m WT 보행검사에 대한 tDCS 적용 전·후 그룹 내 평균비교에서 EG 보행군, SEG 보행군, CG 보행군에서 모두 통계학적으로 유의하게 증가하였다($p<.05$)(Table 3).

10 m WT 보행검사에 대한 tDCS 적용 전·후 그룹 간 평균 차이 비교 및 사후 검정에서 세 그룹 간 통계학적으로 유의하였으며($p<.05$), 사후 검정 결과 EG 보행군이 CG 보행군, SEG 보행군에서 통계학적으로 유의하였다($p<.05$)(Table 3).

TUG 검사에 대한 tDCS 적용 전·후 그룹 내 평균비교에서 EG 보행군, SEG 보행군, CG 보행군에서 모두 통계학적으로 유의하게 증가하였다($p<.05$)(Table 4). TUG 검사에 대한 tDCS 적용 전·후 그룹 간 평균 차이 비교에서 세 그룹 간 통계학적으로 유의하였으며($p<.05$), 사후 검정 결과 EG 보행군이 CG 보행군, SEG 보행군에서 통계학적으로 유의하였다($p<.05$)(Table 3).

BBS 검사에 대한 tDCS 적용 전·후 그룹 내 평균비교에서 EG 보행군, SEG 보행군, CG 보행군에서 모두 통계학적으로 유의하게 증가하였다($p<.05$). BBS에 대한 tDCS 적용 전·후 그룹 간 평균 차이 비교에서 세 그룹 간 통계학적으로 유의하였다($p<.05$), 사후 검정 결과 EG 보행군이 CG 보행군, SEG 보행군에서 통계학적으로 유의하였다($p<.05$)(Table 3).

Table 3. Comparison of 10 m WT, TUG, BBS between the groups (n=42)

Muscle	Group	Pre-test (M±SD)	Post-test (M±SD)	p	LSD
10 m WT	CG (n=14)	16.85±7.84	15.25±7.16	.000	EG>CG, SEG
	EG (n=14)	20.33±9.56	16.76±7.79	.004	
	SEG (n=14)	19.39±9.73	17.59±9.52	.000	
TUG	CG (n=14)	21.25±10.08	19.34±9.33	.000	EG>CG, SEG
	EG (n=14)	21.75±9.92	18.66±8.09	.001	
	SEG (n=14)	22.79±12.31	21.10±11.68	.000	
BBS	CG (n=14)	43.86±5.99	45.64±5.00	.004	EG>CG, SEG
	EG (n=14)	41.21±5.52	44.07±4.96	.000	
	SEG (n=14)	43.93±6.15	45.57±5.72	.004	

10 m WT; 10 m walk test, TUG; time up & go, BBS; berg balance test

IV. 고 찰

뇌졸중 환자의 효과적인 치료방법을 찾기 위하여 과

거에서부터 최근까지 많은 수의 선행연구들이 진행되고 있으며, 최근 뇌 영상의 발전으로 뇌를 비침습적으로 자극하는 경두개 직류자극을 통한 운동걸질을 효과적으로 활성화하고 반응 및 효과를 알아보고자 선행연구를 바

탕으로 적용방법을 수정 보완하여 tDCS를 2 mA로 20분 간 자극하여 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 근 활성화도, 10 m WT, TUG, BBS의 변화를 알아보고자 CG 보행군, EG 보행군, SEG 보행군로 나누어 그 차이를 비교하여 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 임상적 치료기법으로의 활용에 필요한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 보행 기능증진을 확인하기 위하여 보행 시 근 수축력의 변화를 평가하였으며, 근 활성화도는 마비 측의 중간 디딤기부터 다음 말기 디딤기까지의 변화를 등뼈 바로세움근, 허리뼈 바로세움근, 넓다리곧은근, 넓다리두갈래근, 앞정강근, 장딴지근에서 각각 측정하여 보행 훈련과 병행한 tDCS가 보행 동안 근 활성화도에 미치는 영향을 알아보았다. 연구결과 tDCS 중재 전·후에 따른 근 활성화도 변화에서 CG 보행군에서 앞정강근에서 유의하게 증가하였다. EG 보행군에서 허리뼈 바로세움근, 넓다리곧은근, 앞정강근에서 유의하게 증가하였다. SEG 보행군에서 넓다리곧은근, 앞정강근에서 유의한 증가를 나타내었다. tDCS 적용에 따른 중재 후 그룹 간 비교에서 넓다리곧은근, 앞정강근에서 유의한 차이를 나타내었다. 이러한 차이는 건강한 성인 10명을 대상으로 한 하지의 근 활성화도에 미치는 영향에서 발가락 쥐기 힘의 증가를 확인하였으며(Tanaka 등, 2009), Roche 등(2009)은 정상인의 서기에서 앉기 동작 시 가자미근의 근 활성화도의 증가, 뇌졸중 환자를 대상으로 한 무릎관절 펴기에 관한 Tanaka 등(2011)의 연구, 편마비 뇌졸중 환자들에게 2 mA의 tDCS 자극을 10분간 주었을 때, 균형, 자세조절능력, 무릎 펴기 근력의 향상 연구(Kim, 2013)에서 펴기 근력이 증가한다고 하여 본 연구와 같은 결과를 얻었다. 하지만 그와 유사한 연구에서 Jeffrey 등(2007)은 하지의 운동겉질 영역의 활성화에 따른 운동유발전위의 활성화만 일어남을 주장하기도 하였으며, Nitche 등(2003)의 연구에서도 대뇌겉질의 활성화는 1시간 이상 지속되지만 말초로 이어지는 겉질척수로의 변화는 이루어지지 않는다고 하여 선행 연구의 결과와 본 실험의 결과를 비교해보면 하지의 펴기근의 근 활성화도에서 증가는 본 연구의 결과와 같았다. 하지만 본 연구에서 보고자 한 보행의 기능적인 측면의 변화는 발견되지 않아 앞운동겉질의 활성화를 하지의 기능적 동작으로 이끌어내는 치료방법의 연구가 이어져야 할 것이

며 단순 보행 중에 실시한 tDCS는 하지의 기능적 동작에 미치는 작용이 매우 제한적이라 생각된다.

뇌졸중 환자의 보행기능지수 평가를 위하여 보행속도는 10 mWT, 균형능력은 TUG, BBS를 측정하였다. 연구결과 tDCS 적용에 따른 중재 전·후 10 mWT, TUG, BBS에서 CG, EG, SEG그룹 모두에서 유의하게 증가하였으며, tDCS 적용에 따른 중재 후 그룹 간 비교에서 10 mWT, TUG, BBS에서 유의한 차이를 나타내었다. Geroin 등(2011)은 로봇보조 보행 훈련에서 tDCS가 보행지구력 검사인 6분 걷기와 보행속도 검사인 10 mWT에서 유의하게 증가하였다. Kaminski 등(2016)은 일차운동영역에 적용한 tDCS가 동적 균형능력을 향상시킨다고 하였으며, Zhou 등(2014)은 젊은 성인을 대상으로 한 연구에서 보행속도는 증가하고 자세 동요는 감소하였다고 하였으며, Kim(2011)은 외상성 척수손상 백서의 기능회복에서 tDCS와 보행 훈련의 복합적 중재는 운동기능 향상과 신경가소성에 긍정적인 영향을 미친다고 하였다. 이와 같은 결과는 Zandvliet 등(2018)이 주장한 tDCS가 뇌졸중 환자의 중추신경계 운동겉질의 흥분성을 증가시켜 근육의 활성화도가 증가하였고 한 결과와 같다고 생각된다.

이상의 연구결과를 토대로 tDCS가 중추신경계 손상 환자의 하지 기능회복에 영향을 미친다고 생각되며, tDCS의 적용이 뇌의 운동영역에 활성화를 일으켜 상지에서와 마찬가지로 하지에도 기능에 영향을 미치는 것으로 생각된다. 하지만 tDCS가 앞운동영역의 활성화를 일으키기는 하지만 적절한 치료적 중재 방법과의 병행 없이는 하지에서 어떠한 기능적 증가를 발생시킬 수 없으며 단지 개별 근육의 근력만 증가시킬 것이라 생각된다. 앞으로 뇌졸중 환자의 보행 기능증진 치료에서 기존 치료방법들과의 적절한 병행이 이루어진다면 뇌졸중 환자의 보행 기능증진에 효과적으로 사용할 수 있는 방법으로 제시될 수 있을 것이라 생각된다. 연구의 제한점으로는 tDCS의 적용이 동작 중 변형, 뇌졸중 환자의 보행 시 돌발변수, 뇌졸중 환자의 일반 치료에서 발생하는 회복률 등을 완전히 통제하지 못하였다.

V. 결론

본 연구는 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 효과적인 보행 훈련에서 tDCS가 미치는 효과를 알아보기 위하여 EG 보행군, SEG보행군, CG 보행군으로 실시하였다. 42명의 편마비 환자를 대상으로 6주간 주 5회 tDCS를 적용하였으며, tDCS가 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 몸통근, 넙다리근, 장딴지근의 근 활성화도, 보행의 기능평가에서 BBS, 10 mWT, TUG를 비교하여 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 보행능력을 효과적으로 증가시키는 것으로 나타났다. 결과적으로 tDCS는 뇌졸중 환자의 보행능력 향상에 효과적인 영향을 미치며, 특히 보행에 직접적으로 작용하는 넙다리곧은근과 앞정강근의 근 활성도를 효과적으로 증가시키며, 보행의 기능적 측면인 속도와 안정성을 효과적으로 증가시키는 효과적인 방법으로 기존의 보행 훈련과 결합하여 뇌졸중 환자의 보행 및 보행 기능을 효과적으로 증가시킬 수 있는 방법 중 하나라고 생각된다.

참고문헌

Andrade SM, Batista LM, Nogueira LLRF, et al(2017). Constraint-induced movement therapy combined with trans cranial direct current stimulation over premotor cortex improves motor function in severe stroke: a pilot randomized controlled trial. *Rehabil Res Pract*, 2017, Printed Online. <https://doi.org/10.1155/2017/6842549>.

Berg K, Wood-Dauphine S, Williams JI, et al(1989). Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiother Canada*, 41(6), 304-311. <https://doi.org/10.3138/ptc.41.6.304>.

Chisholm AE, Perry SD, McIlroy WE(2011). Inter-limb centre of pressure symmetry during gait among stroke survivors. *Gait Posture*, 33, 238-243. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.11.012>.

Dobkin BH(2006). Short-distance walking speed and timed walking distance: redundant measures for clinical trials?.

Neurology, 66(4), 584-596. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000198502.88147.dd>.

Dumel G, Bourassa ME, Desjardins M, et al(2016). Multi session anodal tDCS protocol improves motor system function in an aging population. *Neural Plast*, 2016, Printed Online. <https://doi.org/10.1155/2016/5961362>.

Fridriksson J, Richardson JD, Baker JM, et al(2011). Transcranial direct current stimulation improves naming reaction time in fluent aphasia: a double-blind, sham-controlled study. *Stroke*, 42(3), 819-821. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.110.600288>.

Geroin C, Picelli A, Munari D, et al(2011). Combined transcranial direct current stimulation and robot-assisted gait training in patients with chronic stroke: a preliminary comparison. *Clin Rehabil*, 25(6), 537-548. <https://doi.org/10.1177/0269215510389497>.

Iruthayarajah J, McIntyre A, Cotoi A, et al(2017). The use of virtual reality for balance among individuals with chronic stroke: a systematic review and meta-analysis. *Top Stroke Rehabil*, 24(1), 68-79. <https://doi.org/10.1080/10749357.2016.1192361>.

Jeffery DT, Norton JA, Roy FD, et al(2007). Effects of transcranial direct current stimulation on the excitability of the leg motor cortex. *Exp Brain Res*, 182(2), 281-287. <https://doi.org/10.1007/s00221-007-1093-y>.

Kaminski E, Hoff M, Rjosk V, et al(2017). Anodal transcranial direct current stimulation does not facilitate dynamic balance task learning in healthy old adults. *Front Hum Neurosci*, 2017, Printed Online. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00016>.

Kaminski E, Steele CJ, Hoff M, et al(2016). Transcranial direct current stimulation(tDCS) over primary motor cortex leg area promotes dynamic balance task performance. *Clin Neurophysiol*, 127(6), 2455-2462. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2016.03.018>.

Kim YH(2011). The effects of transcranial direct current stimulation on neuroplasticity and functional recovery in spinal cord contusion model of rats. Graduate school of Dongshin University, Republic of Korea, Doctoral

- dissertation.
- Kim YU(2013). The effect of tDCS on the postural stability and strength of lower extremity in hemiplegic stroke patients. Graduate school of Chungnam University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Lindenberg R, Renga V, Zhu LL, et al(2010). Bihemispheric brain stimulation facilitates motor recovery in chronic stroke patients. *Neurology*, 75(24), 2176-2184. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e318202013a>.
- Nitsche MA, Liebetanz D, Lang N, et al(2003). Safety criteria for transcranial direct current stimulation (tDCS) in humans. *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 114(11), 2220-2223. [https://doi.org/10.1016/s1388-2457\(03\)00235-9](https://doi.org/10.1016/s1388-2457(03)00235-9).
- Park RJ, Lee MY, Cho IS(2008). The effects of transcranial direct current stimulation in motor performance of visuomotor task. *Rehabil Res*, 12(3), 39-53.
- Raez MBI, Hussain MS, Mohd-Yasin F(2006). Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications. *Biol Proced*, 8, Printed Online. <https://doi.org/10.1251/bpo115>.
- Roche N, Lackmy A, Achache V, et al(2009). Effects of galvanic mastoid stimulation in seated. *J Physiol*, 587(23), 5653-5664. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.90594.2008>.
- Sawaki L, Wu CWH, Kaelin-Lang A, et al(2006). Effects of somatosensory stimulation on use-dependent plasticity in chronic stroke. *Stroke*, 37(1), 246-257. <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000195130.16843.ac>.
- Stagg CJ, Jayaram G, Pastor D, et al(2011). Polarity and timing-dependent effects of transcranial direct current stimulation in explicit motor learning. *Neuropsychologia*, 49(5), 800-804. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.02.009>.
- Tanaka S, Hanakawa T, Honda M, et al(2009). Enhancement of pinch force in the lower leg by anodal transcranial direct current stimulation. *Exp Brain Res*, 196(3), 459-465. <https://doi.org/10.1007/s00221-009-1863-9>.
- Tanaka S, Takeda K, Otaka Y, et al(2011). Single session of transcranial direct current stimulation transiently increases knee extensor force in patients with hemiparetic stroke. *Neurorehabil Neural Repair*, 25(6), 565-569. <https://doi.org/10.1177/1545968311402091>.
- Tanaka S, Watanabe K(2009) Transcranial direct current stimulation a new tool for human cognitive neuroscience. *Brain Nerve*, 61(1), 53-64.
- van Meulen FB, Weenk D, van Asseldonk EH, et al(2016). Analysis of balance during functional walking in stroke survivors. *PloS One*, 11(11), Printed Online. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166789>.
- Zandvliet SB, Meskers CGM, Kwakkel G, et al(2018). Short-term effects of cerebellar tDCS on standing balance performance in patients with chronic stroke and healthy age-matched elderly. *Cerebellum*, 17(5), 575-589. Printed Online. <https://doi.org/10.1007/s12311-018-0939-0>.
- Zhou J, Hao Y, Wang Y, et al(2014). Transcranial direct current stimulation reduces the cost of performing a cognitive task on gait and postural control. *Eur J Neurosci*, 39(8), 1343-1348. <https://doi.org/10.1111/ejn.12492>.