

# 만성 뇌졸중 환자에서 거울 치료 시 tDCS의 융합 자극이 다리근력 및 보행능력에 미치는 효과

이승태<sup>1</sup>, 김경윤<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>순천희망병원 물리치료실, <sup>2</sup>동신대학교 물리치료학과 교수

## The Effects of Convergent Stimulation on tDCS during Mirror Therapy to Improve the Muscle Strength and Gait Ability in Chronic Stroke Patients

Seung-Tae Lee<sup>1</sup>, Kyung-Yoon Kim,<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Researcher, Dept. of Physical Therapy, Suncheon Hope Hospital

<sup>2</sup>Professor, Dept. of Physical Therapy, Dongshin University

요 약 본 연구는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 저항운동이 포함된 거울치료 시 tDCS(transcranial direct current stimulation)의 융합 자극을 통해 마비측 다리의 근력과 보행 능력의 개선을 알아보고자 하였다. 12명의 뇌졸중 환자는 실험군 당 6명씩 무작위로 할당하였다. 실험군 I (n=6)은 NDT(neurodevelopmental treatment)와 거울치료 시 sham tDCS의 융합자극군, 실험군 II는 NDT와 거울치료 시 tDCS의 융합자극군으로 나누어 각각 30분씩, 주5회, 총4주 동안 실험을 실시하였다. 모든 평가는 중재 전과 중재 4주 후에 실시하였다. 다리근력은 측정된 모든 근육에서 실험군 I에 비해 실험군 II에서 유의한 차이를 나타냈고 (p<.05), 변화량을 통한 군 간 비교에서는 quadriceps(p<.01)와 tibialis anterior(p<.01)에서 유의한 차이를 나타냈다. 보행능력은 실험군 I 과 실험군 II 모두에서 유의한 차이를 나타냈고(p<.05), 변화량을 통한 군 간 비교에서 유의한 차이를 나타냈다(p<.01). 거울치료와 tDCS의 융합자극은 마비측 다리 근력 및 보행능력 향상에 중첩효과를 통한 긍정적인 개선 효과를 주는 것을 알 수 있었다.

**키워드 :** 융합자극, 거울치료, 경두개직류자극, 근력, 보행능력

**Abstract** The purpose of this study was to investigate the improvement of muscle strength and gait ability of paralyzed lower extremity through convergent stimulation of tDCS(transcranial direct current stimulation) during mirror therapy with resistance exercise in chronic stroke patients. 12 patients with stroke were randomly assigned and divided into group I (n=6) and group II (n=6). Group I provided NDT(neurodevelopmental treatment) and mirror therapy with sham tDCS, and group II provided NDT and mirror therapy with tDCS. Each convergent stimulation was conducted 5 times a week, 30 minutes per session for a total of 4 weeks. All evaluation was conducted before intervention and performed after 4 weeks. Lower extremity strength showed a significant improvement in group II compared to group I (p<.05), and in comparison between groups by variance, significant difference in the quadriceps(p<.01) and tibialis anterior(p<.01). Gait ability showed a significant improvement in both group I (p<.05) and group II (p<.05), and significant difference in comparison between groups by variance(p<.01). In conclusion, mirror therapy with tDCS convergent stimulation had a positive improvement effect on paralyzed lower extremity to strength and gait ability through the overlapping interaction.

**Key Words :** Convergent Stimulation, Mirror Therapy, tDCS, Muscle Strength, Gait Ability

\*Corresponding Author : Kyung-Yoon Kim(redbead7@daum.net)

Received July 11, 2020

Revised July 31, 2020

Accepted August 21, 2020

Published August 31, 2020

## 1. 서론

뇌졸중 생존자 중 약 50% 이상이 균형, 근력저하, 감소된 보행속도 등으로 정상 보행이 어려우며[1], 이러한 기능적 한계와 관련된 흔한 장애가 다리 근육 약화이다[2].

뇌졸중 환자의 다리 근력 약화는 근섬유의 크기 및 흥분 비율 감소, II형 근섬유의 위축, 피로도 증가, 운동단위의 수 및 운동동원 능력의 변화 등 마비측에 대한 중추신경계의 통제력 감소와 운동감각 통로 손상으로 발생한다[3, 4].

마비측 다리의 근력 약화는 보행에 영향을 주어 입각기에서 마비측으로 체중 이동 및 지지를 어렵게 하고[5], 비마비측으로 신체 질량중심과 압력중심이 편중되게 한다[6]. 또한, 마비측 입각기는 짧아지고 유각기는 길어져 다리의 보폭, 보행속도 및 분속 수 등 차이가 나타나게 된다[7]. 비마비측 다리의 사용 시간이 상대적으로 길어지고, 마비측 다리에는 불용성 약화가 나타나[8] 결국, 비 사용된 신체부위를 담당하는 운동결절의 위축으로 인하여 다리 근력은 더욱 약해지게 된다[9].

신경발달치료(neurodevelopmental treatment; NDT)는 마비측 몸통과 팔다리의 기능 재활에 자주 사용되는 방법으로서, 정상자세와 동작을 학습하고 운동패턴을 조절하여 신체 협응 패턴의 정상화를 강조하는데 [10], 이러한 마비측 팔다리를 중심으로 하는 기존의 직접적인 신체 훈련 치료 방식과 달리 거울치료는 비마비측 팔다리를 거울에 투영시켜 대뇌결절 영역의 거울신경원(mirror neuron)을 활성화시키는 치료방법이다[11]. 마비측 팔다리의 근력강화는 운동기능의 정상화를 위해 반드시 필요하지만, 마비측 팔다리의 활동제한이 심하거나 훈련 시 신체적 접근에 따른 어려움 때문에 오히려 거부감과 함께 치료효과가 떨어질 수 있다[12].

그러나, 거울치료는 운동기능 향상을 위해 활용되는 거울에 반영된 비마비측 팔다리의 움직임 관찰을 통한 운동학습과 인지적 운동방법으로서[13] 신경학적 변화와 함께 균형이나 보행 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있지만[14], 아직까지 직접적인 근력 증진에 대한 보고는 없다.

최근, 일차운동결절(primary motor area, M1)에 경두개직류전류자극(transcranial direct current

stimulation; tDCS)을 적용 시 근력, 근지구력 그리고 근수행력 향상에 개선이 있음을 보고하는 systematic review와 meta-analyses 연구들이 많이 보고되고 있으며[15], 운동 훈련 프로그램에 tDCS를 사용하는 연구들이 늘어나고 있다.

비침습적 대뇌 결절 자극 방법인 tDCS는 뇌졸중 환자의 특성에 맞춰 원하는 시간, 강도, 자극부위의 선택이 가능하며, 대뇌 결절의 흥분성을 조절할 수 있어[16] 최근 많은 분야에서 활용 중이다.

본 연구는 뇌졸중 재활에서 보편적으로 사용하는 NDT와 함께 거울을 매개로 하여 비마비측 팔다리의 시각적 자극을 이용하는 거울치료의 장점을 치료에 활용하고자 하였다. 그러나 거울치료가 균형과 보행에 효과적이라고 하지만, 아직까지 직접적인 근력 증진 효과에 대한 보고는 미비한 실정이다. 이에 반해 tDCS는 대뇌결절의 흥분성 조절을 통한 근력 향상에 유의미한 효과가 있음이 보고되고 있어 이들의 융합적 자극 시 그 효과를 규명하고자 하였다.

따라서, NDT와 거울치료 시 tDCS 융합 자극 유무에 따라 마비측 다리의 근력 향상과 그에 따른 보행 능력에 어떠한 차이를 나타내는지 알아보하고자 하였다.

## 2. 연구대상 및 방법

### 2.1 연구대상

연구에 참여한 12명의 뇌졸중 환자는 헬싱키 선언에 맞게 연구참여에 동의서를 작성하였다. 대상자는 뇌혈관 질환으로 인한 편마비가 있는 자(6개월 이상), 한국형 간이 정신상태 판별검사(MMSE-K) 24점 이상인 자. 거울치료 및 tDCS 치료를 받은 적이 없는 자이다. 대상자는 제비뽑기를 통해 각 실험군 당 6명씩 무작위로 할당하였다. 실험군 I(n=6)은 NDT와 거울치료 시 Sham tDCS 융합자극을 각각 30분씩 적용하였고, 실험군 II(n=6)은 NDT와 거울치료 시 tDCS 융합자극을 각각 30분씩 적용하여 주 5회 총 4주 동안 실험을 실시하였다. 평가는 실험 전과 실험 4주 후에 실시하였다.

### 2.2 연구방법

연구에 참여한 물리치료사는 뇌졸중 환자를 3년 이상 치료한 경력자로 120시간 이상의 신경치료 전문과

정(NDT, Bobath)을 이수한 자로서, 환자와 1:1로 30분간 치료를 진행하였다. 환자의 비정상적 근 긴장도 조절을 위하여 다양하고 조절된 움직임 제공과 이상적 신체 정렬, 자세 조절 및 정상적 움직임을 재학습시키고, 기능적 움직임을 교육하였다.

거울치료는 거울(60 cm × 180 cm), 모래주머니(1lb, 2lb, 3lb, 4lb, 5lb), 보바스 테이블을 사용하였다. 모래주머니 무게는 각 환자의 20% 1RM(1 repetition maximum) 강도에서 실시하였다.

거울을 이용한 마비측 다리 운동은 Sütbeyaz 등 [17]의 연구를 수정 및 보완하였다. 환자의 발목에는 모래주머니를 착용시키고, 엉덩관절과 무릎관절의 90도 굽힘과 발목관절의 발바닥굽힘 자세에서 시작하였다. 첫 번째 동작은 발목관절 발등굽힘, 두 번째 동작은 무릎관절 완전 펴, 세 번째 동작은 무릎관절 90도 굽힘, 그리고 네 번째 동작은 발목관절 발바닥굽힘으로 구성하였고, 이들 네 동작을 1세트로 하여 30회 실시하고, 1분 휴식 후 다시 반복하는 방법으로 30분간 실시하였다.

경두개직류전류자극은 The Brain Driver tDCS v2.1(The Brain Driver Inc., U.S.A)를 사용하였다. 전극은 5 cm × 5 cm 크기의 원형 스펀지 패드로 0.9% 생리식염수에 적셔 사용하였다. 양극 전극은 손상측 반구의 일차 운동영역(primary motor cortex, M1) 부위 자극을 위해 International 10-20 system에 따라 마루엽의 C3, C4에 배치하고, 음극 전극은 반대측 안와 상부(supra orbital area)(Fp2, Fp1)에 배치하였다. 자극 강도와 시간은 2 mA로 30분간 적용하였다[16].

다리근력 측정은 디지털 근력 측정기(Model 01163, Lafayette, USA)를 사용하여 최대 등척성 수축 시 압력을 측정하였다. 무릎관절 펴근의 근력 측정은 발목 앞부분에 측정기의 압력판을 접촉시킨 상태에서 측정하고, 굽힘근의 근력 측정은 발 뒤꿈치에 접촉하여 측정하였다. 발목관절의 발등 및 발바닥 굽힘근의 근력 측정은 발등의 원위부와 발바닥의 원위부에 측정기의 압력판을 접촉하여 측정하였다[18]. 각 측정값은 3회 반복하여 평균값으로 하였다.

보행능력 평가로 일어나 걸어가기(Time Up & Go) 검사 도구를 사용하였다. 검사는 팔걸이가 있는 의자에 앉아 검사자의“출발”신호와 함께 의자에서 일어나 3M 거리를 왕복하고 의자에 앉는 시간까지를 측정하

였다[19].

### 2.3 통계방법

자료분석은 SPSS 22.0 version for windows® 프로그램을 사용하여 평균과 표준편차를 산출하였다. 대상자의 일반적 특성에 대한 동질성 검증은  $\chi^2$ -test와 Fisher's exact test로 하였다. 거울치료 시 tDCS 동시 자극에 따른 실험 전, 후의 결과값 비교는 비모수 검정방법인 Wilcoxon signed rank test를 사용하여 분석하였고, 두 군간의 비교는 실험 전과 실험 후의 변화량을 사용하여 Mann-Whitney U test를 사용하였다. 모든 통계학적 유의수준은  $\alpha=.05$ 로 하였다.

## 3. 연구결과

### 3.1 대상자의 일반적 특성 및 동질성 검증

대상자의 일반적 특성에 대한 동질성 검증을 위해 Fisher's exact test와  $\chi^2$ -test를 실시한 결과는 Table 1과 같다. 성별, 나이, 키, 몸무게에서 집단 간 유의한 차이를 보이지 않아 두 집단의 동질성이 검증되었다.

Table 1. General characteristics of subjects

	I	II	$\chi^2$
Sex(M/F)*	2/4	6/0	.06
Age(years)	66.00±5.58	69.42±3.86	.39
Height(cm)	165.83±7.73	171.00±3.82	.44
Weight(kg)	64.83±6.52	72.85±2.96	.33

All values are showed mean±S.D.

I: NDT+Mirror therapy+sham tDCS

II: NDT+Mirror therapy+tDCS

Tested by \*Fisher's exact test or  $\chi^2$ -test

### 3.2 마비측 다리근력

실험 전, 후 다리 근력 측정 결과값 비교는 Table 2와 같다. 실험군 I은 실험 전과 실험 후의 비교 시 마비측의 quadriceps, hamstring, tibialis anterior, gastrocnemius에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았으나( $p>.05$ ), 실험군 II는 실험 전과 실험 후의 비교 시 마비측의 quadriceps, hamstring, tibialis

anterior, gastrocnemius에서 각각 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다(p<.05).

실험 전, 후의 변화량에 대한 두 군 간의 비교 결과는 Table 3과 같다. quadriceps와 tibialis anterior에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다(p<.01).

### 3.3 보행능력

실험 전, 후 보행 능력 측정 결과값 비교는 Table 4와 같다. 실험 전과 실험 후의 비교 시 실험군 I과 실험군II 모두에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내었고(p<.05), 실험군 I에 비해 실험군II가 좀 더 보행능력이 개선되었음을 알 수 있었다.

실험 전, 후의 변화량에 대한 두 군 간의 비교 결과는 Table 5와 같으며, 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다(p<.01).

**Table 2. The change of muscle strength in lower extremity**

(unit: lb)

Muscle	Group	Pre	Post	z	p
Quadriceps	I	29.90±6.85	30.00±6.83	-1.656	.098
	II	33.80±4.18	39.76±3.07	-2.201	.028*
Hamstring	I	19.68±5.08	20.15±5.31	-1.625	.104
	II	16.98±6.03	17.80±6.27	-2.226	.026*
Tibialis Anterior	I	4.73±0.44	4.83±0.44	-1.730	.084
	II	4.88±0.27	5.85±0.48	-2.201	.028*
Gastrocnemius	I	4.68±0.32	4.81±0.26	-1.510	.131
	II	4.80±0.26	4.96±0.36	-2.041	.041*

All values are showed mean±S.D.

I: NDT+Mirror therapy+sham tDCS

II: NDT+Mirror therapy+tDCS

Tested by Wilcoxon signed rank test(\*: p<.05)

**Table 3. Difference of change of muscle strength in lower extremity between two groups**

Muscle	Group*		z	p
	I	II		
Quadriceps	0.10±0.12	5.80±1.57	-2.90	.004 <sup>##</sup>
Hamstring	0.46±0.62	0.81±0.74	-.96	.333
Tibialis Anterior	0.10±0.10	0.96±0.30	-2.90	.004 <sup>##</sup>
Gastrocnemius	0.13±0.17	0.16±0.12	-.08	.934

All values are showed mean±S.D.

\*Difference value : Post-Pre

I: NDT+Mirror therapy+sham tDCS

II: NDT+Mirror therapy+tDCS

Tested by Mann-Whitney U test(<sup>##</sup>: p<.01)

**Table 4. The change of gait ability**

	Group	Pre	Post	z	p
TUG (sec)	I	23.39±0.35	22.57±0.77	-1.997	.046*
	II	23.65±1.12	21.08±0.68	-2.201	.028*

All values are showed mean±S.D.

TUG: Time Up & Go

I: NDT+Mirror therapy+sham tDCS

II: NDT+Mirror therapy+tDCS

Tested by Wilcoxon signed rank test(\*: p<.05)

**Table 5. Difference of change of gait ability between two groups**

	Group*		z	p
	I	II		
TUG (sec)	-1.02±0.85	-2.58±0.80	-2.56	.010 <sup>##</sup>

All values are showed mean±S.D.

TUG: Time Up & Go

\*Difference value : Post-Pre

I: NDT+Mirror therapy+sham tDCS

II: NDT+Mirror therapy+tDCS

Tested by Wilcoxon signed rank test(\*: p<.05)

Tested by Mann-Whitney U test(<sup>##</sup>: p<.01)

## 4. 고찰

뇌졸중 환자는 아급성기를 지나면서 근섬유 직경 감소와 II형 근육의 선택적 근위축 발생으로 근력이

약화되는데[20], 근력 약화로 인해 균형 및 보행능력과 지구력이 감소하게 된다[21].

최근 연구 결과 뇌졸중 환자에게 근력약화는 운동 기능 장애와 직접적인 연관성이 있으며, 저항 운동은 근력 향상 및 기능적인 동작 수행에도 도움이 되며, 저항성 근력 훈련 자체가 경직을 심화시키지 않는 것으로 알려지면서, 저항운동 및 고강도 근력 훈련은 뇌졸중 재활의 중요한 부분으로 자리잡아지게 되었다[22, 23]. 따라서, 뇌졸중 환자들의 보행능력 향상을 위해서는 근력 강화가 필수적이다.

거울치료는 거울신경시스템의 활성화에 근거를 두며[24], 거울에 반영된 자신의 비마비측 팔다리의 움직임을 관찰함으로써 거울신경원의 활성화를 일으키고 운동결질의 활성화를 유도하며[25], 대부분 기존 운동 치료는 감각운동 훈련 전략에 초점을 둔 것과 달리 거울치료는 시각적 자극에 중점을 둔 치료법이다[26].

Altkhuler 등[27]은 거울치료를 만성 뇌졸중 환자에게 적용했을 때, 상지의 관절가동범위, 정확도, 움직임 속도 증가 및 환측 손의 악력 증가에도 효과가 있었음을 보고하였고, 지상구[28]는 편마비 환자를 대상으로 거울을 이용한 시각적 되먹임 훈련 시 균형과 보행능력에 효과가 있었음을 보고하였고, 최은홍[29]은 거울을 이용한 다리 근력운동 시 증례 전, 후에서 근력, 균형과 보행에 유의한 차이를 보였으나 거울 없이 단순 다리 운동군과 거울을 이용한 단순 다리 운동군의 비교에서는 유의한 차이가 없어, 거울을 이용한 더 효과적인 운동방법을 알아보려고 하였다.

또한, 기존 대부분의 거울치료 연구들은 상지를 위주로 한 단순 거울치료이거나 다리를 대상으로 한 거울 치료 연구들에서는 근력 향상이 중요함을 강조하고 있으나 대부분 균형이나 보행 또는 기능 수준을 분석한 연구들이 대부분이다.

한편, 경두개직류자극(tDCS)은 1-2 mA의 약한 직류 전기자극을 두피에 적용하여 신경세포의 안정막 전압(resting membrane potential)을 조절함으로써 신경세포의 자발성 방전율(spontaneous discharge rate) 및 NMDA 수용체 활성화를 변화시키는 선택적 자극이 가능한 비침습적 뇌 자극 방법이다[30]. Kwon 등[31]은 tDCS를 통해 일차운동결질의 흥분성 조절이 가능할 수 있음을 보고하였고, Nitsche 등[16]은 운동훈련의 결핍 향상 및 시각-운동 협응력을 향상시켜 주며,

Tanaka 등[32]은 다리 운동영역 자극 시 다리의 근력 향상이 있었음을 보고하였다.

본 연구에서는 신경발달학적 치료(NDT)를 받고 있는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 다리 근력강화를 위해 저항운동이 포함된 거울치료와 함께 tDCS의 융합 자극을 했을 때, 마비측 다리의 근력 및 보행 개선에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려고 하였다.

뇌졸중 환자들의 마비측 다리의 근력 개선 측정은 디지털 근력 측정기를 사용하여 양적 크기로 결정하였다. 그 결과 실험 전과 실험 후의 비교 시, 실험군 I에 비해 실험군 II에서 측정된 마비측 다리의 모든 근육(quadriceps, hamstring, tibialis anterior, gastrocnemius)에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈고, 실험 전, 후의 변화량에 대한 두 군 간의 비교 결과 quadriceps( $p<.01$ )와 tibialis anterior( $p<.01$ )에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다.

이는 거울치료 시 tDCS의 융합자극이 대뇌결질의 흥분성을 조절하여 운동뉴런의 지속적 신경활동과 근육 간 결합성 증가에 역할을 한 것으로 생각되며[33], 근력 개선에 대한 tDCS의 효율성을 조사한 연구에서는 평가에 사용된 파라미터의 66.7%에서 긍정적인 효과가 나타남을 보고하였고[34], Lattari 등[35]은 tDCS를 근력강화 프로그램에 적극 활용할 것을 추천하고 있다.

한편, 뇌졸중 환자의 보행 기능 평가를 위해 특별한 측정 장비나 준비 훈련 없이 비교적 쉽고 간단하게 측정할 수 있는 TUG를 사용하였다. 그 결과 실험 전과 실험 후의 비교에서 실험군 I과 실험군 II 모두에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈고, 실험 전, 후의 변화량에 대한 두 군 간의 비교 결과 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다( $p<.01$ ).

실험군 I은 저항운동을 포함한 거울치료의 학습효과로 인해 유의한 근력 개선 없이 단지 보행능력의 개선을 나타냈고, 실험군 II는 거울치료의 학습효과와 함께 tDCS의 대뇌결질의 흥분성 증가로 인해 유의한 근력 및 보행능력에 유의한 개선이 나타남을 확인할 수 있었다.

정상 성인의 TUG 결과는 10초 미만이며[19], 60대 남성 TUG 결과는 8~13.1초[36]인데, 본 연구에 참여한 뇌졸중 환자들은 실험군 I과 실험군 II 모두 실험 전 TUG 결과가 23초 이상으로 보행에 상당한 어려움

이 있었으나 본 연구에서 설계된 중재를 적용한 결과, 두 그룹 모두에서 유의한 향상을 나타냈다.

많은 선행 연구들에서도 다리 근력과 보행 능력의 상관성 연구를 보고하였는데, 특히 본 연구의 결과에서 유의한 근력 향상을 나타낸 엉덩관절 굽힘근(quadriceps)[37]과 발목관절 발바닥굽힘근(gastrocnemius)[38]은 뇌졸중 환자의 보행속도를 예측하는 강력한 예후 인자라고 하였고, 김신균[39]은 넙다리내갈래근의 근력은 보행속도를 높여주고 무릎관절의 안정성 조절과 자세 유지에 도움을 주는 중요한 근육이라 보고하였다.

Kantak 등[40]은 거울치료가 신경학적 기전 중 운동회복에 중요한 역할과 함께 운동조절의 핵심 영역인 전운동영역(premotor area)을 활성화시키고, 부분적으로 손상된 일차운동영역의 활성도를 증가시킬 수 있음을 보고하였고, Nitsche 등[16]은 tDCS 적용을 통해 운동겉질 영역의 활성도가 증가됨을 보고하였고, Tanaka 등[32]은 tDCS 자극으로 뇌졸중 환자의 근력 증가와 함께 30분간 지속됨을 보고하였다. Sawaki 등[41]과 Tanaka 등[32]은 운동기술 훈련 시 tDCS를 같이 적용한다면, 운동기술의 재학습 능력을 더 강화시켜, 뇌 가소성 및 운동기능 향상에 도움이 된다고 하였다.

본 연구를 통해 근력 증진 및 보행 개선에 대한 생리학적 기전에 대해 충분히 설명하기는 어렵지만, 저항운동을 포함한 거울치료 시 tDCS의 융합자극은 전운동영역과 일차운동영역을 활성화시키는 데 있어서 중첩효과의 역할을 함으로써, 거울치료의 거울신경시스템을 통한 운동학습 효과를 개선시키고, 동시에 운동단위의 동원을 향상시키는데 유의미한 효과를 나타낸 것으로 생각된다.

본 연구는 앞으로 거울치료 시 tDCS의 융합자극을 적용함으로써 뇌졸중 환자의 기능증진에 효과적으로 사용할 수 있는 새로운 중재 방법을 제시하는데 의의가 있다.

## 5. 결론

본 연구는 만성 뇌졸중 환자의 다리 근력과 보행능력을 향상시키기 위해 저항운동이 포함된 거울치료 시 tDCS의 융합자극을 동시에 30분씩 주 5회 총 4주 동안

적용하여, 그 효과를 알아보고자 하였다. 그 결과, 근력 증진이 보행능력 개선으로 이행되는 것을 확인할 수 있었고, 이러한 결과를 토대로 뇌졸중 환자의 효과적인 물리치료 중재 방법의 하나로 이용될 수 있음을 알 수 있었다.

## REFERENCES

- [1] C. B. Beaman, C. L. Pererson, R. R. Neptune & S. A. Kautz. (2010). Differences in self-selected and fastest-comfortable walking in post-stroke hemiparetic persons. *Gait & Posture*, 31(3), 311-316. DOI : 10.1010/j.gaitpost.2009.11.011
- [2] S. Dorsch, L. Ada, C. G. Canning. (2016). Lower limb strength is significantly impaired in all muscle groups in ambulatory people with chronic stroke: a cross-section study. *Ann Rehabil Med*, 97(4), 522-527. DOI : 10.1016/j.apmr.2015.10.106
- [3] R. W. Bohannon. (2007). Muscle strength and muscle training after stroke. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 39(1), 14-20. DOI : 10.2340/16501977-0018
- [4] R. W. Bohannon & S. Walsh. (1992). Nature, reliability, and predictive value of muscle performance measures in patients with hemiparesis following stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 73(8), 721-725. DOI : 10.1053/apmr.2003.50003
- [5] M. G. Pandey & T. P. Andriacchi. (2010). Muscle and joint function in human locomotion. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 15(12), 401-433. DOI : 10.1146/annurev-bioeng-070909-105259
- [6] Y. Laufer, R. Dickstein, S. Resnik & E. Marcovitz. (2000). Weight-bearing shifts of emiparetic and healthy adults upon stepping on stair of various height. *Clinical Rehabilitation*, 14(2), 125-129. DOI : 10.1191/026921500674231381
- [7] M. Roerdink, C. J. Lamoth, G. Kwakkel, P. C.

- van Wieringen & P. J. Beek. (2007). Gait coordination after stroke: Benefits of acoustically paced treadmill walking. *Physical Therapy, 87(8)*, 1009–1022. DOI : 10.2522/ptj.20050394
- [8] F. M. Campbell, A. M. Ashburn, R. M. Pickering & M. Burnett. (2001). Head and pelvic movements during a dynamic reaching task in sitting: Implications for physical therapists. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 82(12)*, 1655–1660. DOI : 10.1053/apmr.2001.26818
- [9] J. M. Gracies. (2005). Pathophysiology of spastic paralysis. I: Paresis and soft tissue changes. *Muscle & Nerve, 31(5)*, 535–551. DOI : 10.1002/mus.20284
- [10] S. Raine, L. Meadows, M. Lynch-Ellerington. (2009). *Bobath Concept: Theory and Clinical Practice in Neurological Rehabilitation*. Wiley-Blackwell.
- [11] K. N. Arya, S. Pandian, D. Kurnar & V. Puri. (2015). Task based mirror therapy augmenting motor recovery in poststroke hemiparesis: A randomized controlled trial. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Disease, 24(8)*, 1738–1748. DOI : 10.1010/j.jstrokecerebrovasdis.2015.03.026
- [12] S. Blanton & S. L. Wolf. (1999). An application of extremity constraint induced movement therapy in a patient with subacute stroke. *Physical Therapy, 79(9)*, 847–853.
- [13] G. Buccino, F. Binkofski & L. Riggio. (2004). The mirror neuron system and action recognition. *Brain and Language, 89(2)*, 370–376. DOI : 10.1016/S0096-934X(03)00356-0
- [14] E. H. Choi. (2017). *Effect of lower extremity muscle strength exercise using a mirror on gait and balance of patients with chronic stroke*. M.S Thesis, Daegu University, Daegu.
- [15] M. C. D. S. de Moura, F. A. Hazime, L. V. Marotti Aparicio, L. A. C. Grecco, A. R. Brunoni & R. H. Hasue. (2019). Effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on balance improvement: A systematic review and meta-analysis. *Somatosensory & Motor Research, 36(2)*, 122–135. DOI : 10.1080/08990220.2019.1624517
- [16] M. A. Nitsche et al. (2008). Transcranial direct current stimulation: state of the art 2008. *Brain Stimulation, 1(3)*, 206–223. DOI : 10.1016/j.brs.2008.06.004
- [17] S. Sütbeyaz, G. Yavuzer, N. Sezer & B. F. Koseoglu. (2007). Mirror therapy enhances lower-extremity motor recovery and motor functioning after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 88(5)*, 555–559. DOI : 10.1010/j.apmr.2007.02.034
- [18] D. E. Krebs, D. M. Scarborough & C. A. McGibbon. (2007). Functional vs. strength training in disable elderly out patients. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, 86(2)*, 93–103. DOI : 10.1097/PHM.0b013e31802ede64
- [19] D. Podsiadlo & S. Richardson. (1991). The timed “UP & GO” : a test basic functional mobility for frail elderly person. *Journal of the American Geriatrics Society, 39(2)*, 142–148. DOI : 10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x
- [20] S. G. Kirker, J. R. Jenner, D. S. Simpson & A. M. Wing. (2000). Changing patterns of postural hip muscle activity during recovery from stroke. *Clinical Rehabilitation, 14(6)*, 618–626. DOI : 10.1191/0269215500cr370oa
- [21] R. W. Bohannon. (2007). Muscle strength and muscle training after stroke. *Journal of Rehabilitation Medicine, 39(1)*, 14–20. DOI : 10.2340/16501977-0018
- [22] L. F. Teixeira-salmela, S. J. Olney, S. Nadeau & B. Brouwer. (1999). Muscle strengthening and physical conditioning to reduce impairment and disability in chronic stroke survivors. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 80(10)*, 1211–1218. DOI : 10.1016/s0003-9993(99)90018-7
- [23] C. Pattern, J. Lexell & H. Brown. (2004).

- Weakness and strength training in persons with poststroke hemiplegia: rationale, method, and efficacy. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 41(3A), 293-312.  
DOI : 10.1682/jrrd.2004.03.0293
- [24] A. Bashin, M. V. Padma Srivastava, S. S. Kumaran, R. Bhatia & S. Mohanty. (2012). Neural interface of mirror therapy in chronic stroke patients: A functional magnetic resonance imaging study. *Neurology India*, 60(6), 570-576. DOI : 10.4103/0028-3886.105188
- [25] S. H. Park, S. M. Lee & S. B. Kim. (2009). The influence of motor cortical excitability on visual illusion using mirror, motor imagery and action observation. *Korean Society of Sport Psychology*, 20(3), 211-222.
- [26] H. Thieme, J. Mehrholz, M. Pohl, J. Behrens & C. Dohle. (2012). Mirror therapy for improving motor function after stroke. *The Cochrane Database of Systematic Review*, 7(7), 1-66.  
DOI : 10.1002/14651858.CD008449.pub2
- [27] E. L. Altchuler et al. (1999). Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror. *Lancet*, 353(9169), 2035-2036.  
DOI : 10.1016/s0140-6736(99)00920-4
- [28] S. G. Ji. (2013). *The effects of the task-oriented mirror visual feedback therapy on the balance and gait of subacute stroke patients*. D.S Thesis, Dongshin University, Naju.
- [29] E. H. Choi. (2017). *Effect of lower extremity muscle strength exercise using a mirror on gait and balance of patients with chronic stroke*. M.S Thesis, Daegu University, Daegu.
- [30] D. Liebetanz, M. A. Nitsche, F. Tergau & W. Paulus. (2002). Pharmacological approach to the mechanisms of transcranial DC-stimulation induced after effects of human motor cortex excitability. *Brain*, 125(Pt10), 2238-2247.  
DOI : 10.1093/brain/awf238
- [31] Y. H. Kwon et al. (2008). Primary motor cortex activation by transcranial direct current stimulation in the human brain. *Neuroscience Letters*, 435(1), 56-59.  
DOI : 10.1016/j.neulet.2008.02.012
- [32] S. Tanaka et al. (2011). Single session of transcranial direct current stimulation transiently increases knee extensor force in patients with hemiparetic stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 25(6), 565-569. DOI : 10.1177/1545968311402091
- [33] S. Tanaka, T. Hanakawa & M. Honda. (2009). Enhancement of pinch force in the lower leg by anodal transcranial direct current stimulation. *Exp Brain Res*, 196(3), 459-465.  
DOI : 10.1007/s00221-009-1863-9
- [34] S. Machado, P. Jansen, V. Almeida & J. Veldema. (2019). Is tDCS an adjunct ergogenic resource for improving muscular strength and endurance performance? A systematic review. *Front Psychol*, 10(1127), 1-14.  
DOI : 10.3389/fpsyg.2019.01127
- [35] E. Lattari et al. (2018). Acute effects of single dose transcranial direct current stimulation on muscle strength: A systematic review and meta-analysis. *Meta-Analysis*, 13(12), 1-19.  
DOI : 10.1371/journal.pone.0209513
- [36] T. M. Steffen, T. A. Hacker & L. Mollinger. (2002). Age- and Gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-minute walk test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go test, and gait speeds. *Physical Therapy*, 82(2), 128-137.  
DOI : 10.1093/ptj/82.2.128
- [37] S. Nadeau, A. B. Arseneault, D. Gravel & D. Bourbonnais. (1999). Analysis of the clinical factors determining natural and maximal gait speeds in adults with a stroke. *American Journal of Physical Medicine Rehabilitation*, 78(2), 123-130.  
DOI : 10.1097/00002060-199903000-00007
- [38] C. M. Kim, J. J. Eng, D. L. MacIntyre & A. S.



Dawson. (2001). Effects of isokinetic strength training on walking in persons with stroke: a double-blind controlled pilot study. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Disease*, 10(6), 265-273.

DOI : 10.1053/jscd.2001.123775

- [39] S. G. Kim. (2012). Effect of treadmill gradient training on lower limb muscle activity in chronic stroke patient. *Journal of The Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 13(1), 220-226.

DOI : <https://doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.1.220>

- [40] S. S. Katak, J. W. Stinear, E. R. Buch & L. G. Cohen. (2012). Rewiring the brain: potential role of the premotor cortex in motor control, learning, and recovery of function following brain injury. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 26(3), 282-292.

DOI : 10.1177/1545968311420845

- [41] L. Sawaki, C. W. H. Wu, A. Kaelin-Lang & L. G. Cohen. (2006). Effects of somatosensory stimulation on use-dependent plasticity in chronic stroke. *Stroke*, 37(1), 246-247.

DOI : 10.1161/01.STR.0000195130.16843.ac

이승태(Seung-Tae Lee)

[정회원]



- 2012년 2월 : 동신대학교 물리치료학과(이학사)
- 2020년 2월 : 동신대학교 물리치료학과(이학석사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 순천희망병원 물리치료실 팀장

- 관심분야 : 운동치료, 신경과학
- E-Mail : leest0907@naver.com

김경윤(Kyung-Yoon Kim)

[정회원]



- 2002년 2월 : 동신대학교 물리치료학과(이학사)
- 2004년 2월 : 동신대학교 물리치료학과(물리치료석사)
- 2007년 2월 : 동신대학교 물리치료학과(이학박사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 동신대학교 물리치료학과 교수

- 관심분야 : 신경과학, 운동치료
- E-Mail : redbead7@hanmail.net