

## 경피 두개 직류 전류자극과 병행한 유산소운동이 노인 여성의 근지구력에 미치는 영향

조남정<sup>1</sup> · 김수현<sup>2†</sup>

<sup>1</sup>경북전문대학교 물리치료과, <sup>2†</sup>한려대학교 물리치료학과

### Effects of Transcranial Direct Current Stimulation with Aerobic Exercise on Lower Extremity Muscle Endurance for Elderly Women

Cho Namjeong, PT, Ph.D<sup>1</sup> · Kim Suhyon, PT, Ph.D<sup>2†</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Physical Therapy, Kyungbuk College

<sup>2†</sup>Dept. of Physical Therapy, Hanlyo University

#### Abstract

**Purpose** : The purpose of this study was to investigate the effect of increased brain activity on the muscle endurance and the effect of brain activation through the combination of transcranial direct current stimulation and aerobic exercise on elderly woman.

**Methods** : To investigate the effect of the muscle endurance on right leg, muscle endurance was evaluated by measuring the surface EMG of the muscles of the rectus femoris, biceps femoris, tibialis anterior, and gastrocnemius muscle.

**Results** : There was a significant difference in the pre and post comparisons of muscle endurance on rectus femoris, biceps femoris, tibialis anterior muscle ( $p<.05$ ). Difference of Combination of transcranial direct current stimulation and aerobic exercise group median frequency was smaller than control group ( $p<.05$ ). There was not a significant difference in the pre and post comparisons of muscle endurance on biceps femoris, and gastrocnemius muscle. Difference of Combination of transcranial direct current stimulation and aerobic exercise group median frequency was showed a similar pattern.

**Conclusion** : Through these results, It was found that increasing the brain activity by the transcranial direct current stimulation improves the exercise capacity on the elderly women. Combination of transcranial direct current stimulation and aerobic exercise maybe applied as an effective treatment for improving muscular endurance.

---

**Key Words** : muscle endurance, transcranial direct current stimulation, aerobic exercise, Elderly women

†교신저자 : 김수현, kimssuhyon@hanmail.net

논문접수일 : 2018년 4월 25일 | 수정일 : 2018년 5월 12일 | 게재승인일 : 2018년 5월 18일

## I. 서론

노인의 건강문제는 노화로 인해 기능의 쇠퇴를 초래하고 건강의 문제를 겪게 된다. 또한 활동제한과 의료비 부담등은 노인의 생활의 질을 저하시킨다(강현욱과 김지태, 2009). 노화과정의 근육계의 변화로는 근육량의 감소가 대표적으로 나타난다. 연령이 증가에 따라 근섬유의 부피 감소로 인해 근육의 크기가 줄어들어 결국 근육의 위축이 초래된다. 또한 근육의 탄력성도 감소된다(Wolf-Klein 등, 1988; Steinberg & Dean, 1990). 노화가 진행됨에 따라 신체의 기능이 쇠퇴와 더불어 일상생활을 유지하는 데에 필요한 기본체력 저하와, 특히 근골격계 및 심폐기능의 감소로 인하여 지구력 저하가 나타나게 된다(Visser 등, 2002). Judge 등(1993)은 노인의 연령에 따른 비교 연구에서, 노화로 인한 근력의 감소가 여러 기능적인 문제를 일으킨다고 하였으며, 노인의 경우 유산소 운동능력의 20 %, 근력의 50 %, 근육질량의 23 %가 감소한다고 하였다.

유산소운동은 지구력을 상승시키기 위하여 보편적으로 사용되고 있으며, 최대산소섭취량을 상승시키기 위하여 적용된다. 반면 저항운동은 근력과 골격근의 크기를 향상시키기 위해 사용된다(대한노인건강운동협회, 2015). 유산소운동은 심혈관 기능 개선이나 체지방 감소에는 효과가 있으나, 체중증가에 의한 기초 대사량 및 골밀도, 그리고 당뇨 환자에서 인슐린저항성 등으로 인하여 근육의 개선효과를 나타내기 어렵다고 보고하였다(Brooks 등, 2006).

근래에 뇌의 기능측정이나 회복과 관련된 뇌의 가역성 및 기능 증진을 위한 여러 방법이 제시되고 있으며, 그에 따라 뇌를 효과적으로 자극할 수 있는 방법에 대한 연구가 중요하게 다루어지고 있다(Kwon 등, 2008). 뇌를 자극할 수 있는 활성화된 방법 중 하나인 경피 두개 직류 전류자극(transcranial direct current stimulation; tDCS)은 두피에 위치한 두 개의 전극사이에서 발생하는 뇌 활성전위와 유사한 약한 직류전류를 적용하여 뇌 피질의 활성화를 증가 혹은 감소시키는 뇌 자극 방법 중 하나이다(Nitsche 등, 2003; Paulus, 2003).

이 연구에서는 경피 두개 직류 전류자극에 따른 뇌 활성의 증가가 여성 노인의 근지구력에 미치는 효과와 경피 두개 직류 전류자극과 유산소운동의 병행을 통하여 뇌 활성화의 효과를 알아보려고 하였다. 여성 노인의 근력을 평가하고, 이를 바탕으로 근 지구력의 변화를 분석하였다. 또한 경피 두개 직류 전류자극과 유산소운동을 병행하여 여성 노인의 근육 문제를 해결하기 위한 가장 이상적인 방안을 모색하고자 하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 전남 S시 ○○경로당과 ○○경로당 두 곳을 각각 이용하시는 65세 이상 노인 여성 중, 연구의 목적을 충분히 이해하며, 연구 참여에 동의한 21명을 대상으로 하였다(table 1). 군은 무작위로 배정하였으며, 대조

Table 1. General characteristics of subjects

Group	Age(year)	Hight(cm)	Weight(kg)
I	74.00±5.89	148.4±8.78	58.57±8.12
II	76.14±5.67	151.57±6.08	57.14±11.8
III	66.00±26.93	151.28±4.49	57.71±8.83

Mean ± Standard Deviation

군(n=7), 경피 두개 직류 전류자극군(n=7), 경피 두개 직류 전류자극과 유산소운동을 병행한 군(n=7)으로 구분하여 집단간 비교 분석하였다.

## 2. 경피 두개 직류 전류자극

Phoresor II Auto PM700 (IOMED@Salt Lake City, USA)을 사용하였고, 5×7(35 cm<sup>2</sup>)크기의 스펀지 전극을 사용하여 두피에 부착하였다. 전극의 부착 부위로는 양극을 우세측 반구의 일차 운동영역(Primary motor cortex, M1) 부위를 자극하기 위해 10-20국제 뇌파 검사 시스템 C3, C4에 부착시키고 음극은 반대측 안와부 부위(Supraorbital area)에 부착 하였다. 전극은 모두 0.9 % 생리식염수에 적신 후 밴드를 이용해 부착부위에 환자가 불편하지 않을 정도로 최대한 밀착하여 부착하였다(이연섭, 2012). 경피 두개 직류 전류자극은 5주간 주3회 실시하였고, 15분씩 적용하였다.

## 3. 유산소 운동

이 연구에 사용된 트레드밀은 재활에 사용되는 저속 트레드밀(Goliath-705, Hojin, Korea)로 손잡이와 안전장치가 장착되어 있다. 속도는 0.1 km/hr 단위로 조절이 가능하며, 환자가 스스로 속도를 조절할 수 있도록 설계되어 있다. 트레드밀을 이용한 유산소 운동은 주당 3회 5분 준비운동, 20분 트레드밀을 이용한 유산소 운동, 5분 마무리 운동으로 속도는 0.3 km/hr로 진행하였다. 유산소 운동은 경피 두개 직류 전류자극과 유산소운동을 병행한 군에서 5주간 주3회 실시하였다.

## 4. 근지구력 분석

근지구력을 분석하기 위하여 표면근전도 측정과 동시에 Nicholas Manual muscle tester(model01163,

LafayetteInstruments, USA)를 이용하여 근력을 측정하였다. 근력이 100 %에서 50 %로 떨어질 때까지의 시간동안 측정을 진행하였다. 근전도 신호의 중앙주파수(MDF) 분석은 저장된 근전도 신호를 대상으로 1초 동안 1000개의 신호를 대상으로 FFT(Fast fourier transformation)를 반복하여 구하였으며, 이 중앙주파수를 이용하여 100 %에서 50 %로 떨어질 때까지 구간에서 최초 중앙주파수(100 %)와 후기 중앙주파수(50 %) 값을 구한 후, 초기 중앙주파수-후기 중앙주파수/ 초기 중앙주파수 값으로 구하였다.

## 5. 자료 분석

이 연구의 통계학적 분석은 SPSS Window (20.0 version)를 사용하였다. 각 측정 항목의 정규분포 유무를 알기 위하여 단일표본 Kolmogorov-Smirnov 검정을 실시하였다. 그 결과 정규분포가 인정되어, 골은근과 넙다리두갈래근, 앞정강근, 장딴지근의 근지구력 평균 차이의 비교를 위해 근육별로 각각 공분산분석(analysis of covariance)을 실시하였다. 군간 차이를 알아보기 위해 사후분석으로 Tukey 검정을 실시하였다. 통계학적 검정을 위한 유의수준  $\alpha = 0.05$ 로 하였다.

# Ⅲ. 결과

## 1. 넙다리골은근 근지구력의 군간 차이

넙다리골은근 근지구력의 군간 전·후 비교에서 유의한 차이를 나타냈다( $p < .05$ ). 사후분석에서 경피 두개 직류 전류자극과 유산소운동을 병행한 군에서 대조군에 비해 중앙주파수의 차이가 유의하게 작아졌다( $p < .05$ ). (table 2).

Table 2. Comparison of rectus femoris muscle endurance among group

Group	Pre	Post	F	p	post hoc
I	0.23±0.03	0.23±0.03	3.812	.043	a
II	0.24±0.04	0.22±0.05			
III	0.24±0.02	0.19±0.02			

I ; control group, II ; Transcranial Direct Current Stimulation group, III ; Transcranial Direct Current Stimulation with aerobic exercise  
 a; different of between I and III

\*p<.05

2. 넓다리두갈래근 근지구력의 군간 차이

넓다리두갈래근 근지구력의 군간 전·후 비교에서 유의

한 차이를 보이지는 않았으나, 경피 두개 직류 전류자극 과 유산소운동을 병행한 군에서 대조군에 비해 중앙주 파수의 차이가 작아지는 양상을 보였다(table 3).

Table 3. Comparison of biceps femoris muscle endurance among group

Group	Pre	Post	F	p	post hoc
I	0.27±0.04	0.26±0.10	1.017	.383	
II	0.23±0.05	0.26±0.06			
III	0.20±0.03	0.22±0.05			

I ; control group, II ; Transcranial Direct Current Stimulation group, III ; Transcranial Direct Current Stimulation with aerobic exercise  
 \*p<.05

3. 앞정강근 근지구력의 군간 차이

앞정강근 근지구력의 군간 전·후 비교에서 유의한 차

이를 나타내었다(p<.05). 사후분석에서 경피 두개 직류 전류자극과 유산소운동을 병행한 군에서 대조군에 비해 중앙주파수의 차이가 유의하게 작아졌다(p<.05)(table 4).

Table 4. Comparison of tibialis anterior muscle endurance among group

Group	Pre	Post	F	p	post hoc
I	0.24±0.07	0.26±0.03	6.137	.010	a
II	0.24±0.10	0.24±0.04			
III	0.24±0.03	0.20±0.03			

I ; control group, II ; Transcranial Direct Current Stimulation group, III ; Transcranial Direct Current Stimulation with aerobic exercise  
 a; different of between I and III

\*p<.05

#### 4. 장딴지근 근지구력의 군간 차이

장딴지근 근지구력의 군간 전·후 비교에서 유의한 차이를 보이지는 않았으나, 경피 두개 직류 전류자극 그리

고 경피 두개 직류 전류자극과 유산소운동을 병행한 군에서 대조군에 비해 중앙주파수의 차이가 작아지는 양상을 보였다(table 5).

Table 5. Comparison of tibialis anterior muscle endurance among group

Group	Pre	Post	F	p	post hoc
I	0.23±0.07	0.24±0.03	.548	.588	
II	0.24±0.10	0.23±0.03			
III	0.23±0.11	0.22±0.02			

I; control group, II; Transcranial Direct Current Stimulation group, III; Transcranial Direct Current Stimulation with aerobic exercise

\*p<.05

## IV. 고찰

노화의 따른 문제로 인한 기초 체력과 근육 및 신경 더불어 신체 조성 등에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 노인의 다리쪽에 관한 연구들이 중요하게 인식되어지고 있다 (Bemben 등, 1991). Corbin과 Lindsay(1984)는 노화로 인해 신체구성에 관한 면 뿐만 아니라, 심폐지구력, 유연성, 근지구력, 근력과 같은 건강관련 체력과 민첩성, 균형성, 협응성, 순발력, 반응시간, 속도 등 운동관련 요인들도 감소한다고 하였다. 노화로 근력과 근지구력은 큰 감소가 나타나고, 위축이 발생한다. 노인의 근육 위축은 근섬유의 크기와 수의 감소로 인한 것이다 (Spirduso, 1995). 근력은 다리 쪽보다 팔에서 덜 감소된다(Aniansson 등, 1986).

유산소 운동이란 운동 중 필요한 에너지를 주로 유산소 에너지 시스템을 통하여 얻은 에너지로써 충당하는 운동을 말하며, 일반적으로 강도가 낮고 오래 지속 할 수 있는 운동을 말한다. 유산소 운동이 비만 관리에 유용하다는 것은 잘 알려져 있다. 더불어 근육량의 감소를 예방하고, 체지방량의 감소에 효과적이다. 특히, 장기간의 유산소 운동은 체지방을 감소시켜 비만과 근 감소를

예방하는 효과적인 방법으로 알려져 있고, 그 이외에도 많은 이점을 가지고 있다(Morley 등, 2001).

규칙적인 운동이 노인들의 노화 예방 및 체력향상에 긍정적인 영향을 미친다는 연구 결과들이 많은 화제가 되고 있으며(Fatouros 등, 2002), Rantanen 등(1994)은 연령이 증가로 개인의 신체기능 및 건강상태는 문제가 나타나지만, 규칙적인 운동이 노인의 근력, 근지구력, 유연성, 균형반응을 증가시킨다고 하였다.

근래의 연구들을 바탕으로 과학의 발달과 함께 중추신경계의 신경 가소성을 이용한 치료방법들이 사용되고 있다. 대표적인 방법이 비침습적으로 뇌를 자극할 수 있는 경피 두개 자기자극(Transcranial magnetic stimulation; TMS)와 경피 두개 직류자극으로 대뇌겉질을 선택적으로 자극하여 대뇌겉질 활성을 촉진 시키는 방법이다(이연섭, 2012). 뇌 자극 방법인 경피 두개 직류자극은 운동피질 활성화시키며, 적은비용으로 쉽게 적용이 가능한 여러 이점을 가진 뇌 자극 방법이다(Kwon, 2008; Hauck 등, 2006; Nitsche 등, 2003). 근래에 연구들에서 신경 가역성 연구들이 진행되고 있으며, 뇌의 운동영역에 tDCS를 적용으로 나타나는 효과를 설명하고 있다. 일반적으로 경피 두개 직류자극을 통한 뇌 활성화 증진으로는 인지기능의 회복

이나, 운동의 훈련 방법에서의 기능향상을 위해 사용되고 있다(Webster 등, 2006). Tanaka 등(2009)은 경피 두 개 직류전류 자극을 다른 중재 방법들과 같이 적용한다면 그 효과를 더욱 향상시킬 수 있다고 하였으며, Sawaki 등(2006)은 말초 신경계와 중추 신경계의 다양한 자극은 뇌 가소성 및 운동 기능향상에 도움이 주며, 다양한 접근이 필요 하다고 하였다. tDCS는 통증 없이 뇌 자극을 가능하게 하였으며, 뇌 자극을 통하여 운동효과를 증진시킬 수 있다. 또한 자극의 강도와 시간, 자극부위에 따라 다양한 기능적 변화가 일어난다고 하였다(Boggio 등, 2006). Nitsche 등(2008)은 tDCS의 효과적이고 선택적인 피질 영역의 자극은 전 운동피질 영역의 활성화를 증가시키고, 이러한 운동피질의 활성화는 손 운동영역뿐만 아니라 다리영역에서도 나타난다고 하였다.

이 연구에서는 경피 두개 직류 전류자극에 따른 뇌 활성의 증가가 여성 노인의 근지구력에 미치는 효과와 경피 두개 직류 전류자극과 유산소운동의 병행을 통하여 뇌 활성화의 효과를 알아보하고자 하였다.

Cogiamanian 등(2007)은 24명의 건강한 성인을 대상으로 경피 두개 직류자극을 통해 윗팔두갈래근에서 등척성 수축의 지구력이 유의하게 향상되었다고 하였다. Angius 등(2018)은 건강한 성인을 대상으로 경피 두개 직류자극을 적용하여 지구력 수행능력의 유의한 증가를 나타내었다고 보고하였다.

이 연구에서는 선행연구들을 바탕으로 오른쪽 다리의 근 지구력을 비교하기 위해 표면근전도를 이용하여 넙다리곧은근과 넙다리두갈래근, 앞정강근, 장딴지근을 측정하여 근지구력을 평가하였다. 중재 전에 비해 넙다리곧은근과 앞정강근에서 경피 두개 직류 전류자극과 유산소운동의 병행하였을 때, 근지구력이 유의하게 증가하였다( $p<.05$ ).

이러한 결과를 통해 경피 두개 직류 전류자극으로 뇌 활성도를 증가시켜, 여성노인의 운동능력을 향상시키는 것을 알 수 있었으며, 경피 두개 직류 전류자극과 유산소운동을 병행이 근지구력을 증진시키는데 효과적인 치

료법으로 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

## V. 결론

이 연구에서는 경피 두개 직류 전류자극에 따른 뇌 활성의 증가가 여성 노인의 근지구력에 미치는 효과와 경피 두개 직류 전류자극과 유산소운동의 병행을 통하여 뇌 활성화의 효과를 알아보하고자 하였다. 오른쪽 다리의 근지구력에 미치는 효과를 알아보기 위해 표면근전도를 이용하여 넙다리곧은근과 넙다리두갈래근, 앞정강근, 장딴지근을 측정하여 근지구력을 평가하였다.

넙다리곧은근과 앞정강근 앞정강근 근지구력의 군간 전·후 비교에서 유의한 차이를 보였다. 경피 두개 직류 전류자극과 유산소운동을 병행한 군에서 대조군에 비해 중앙주파수의 차이가 유의하게 작아졌다.

넙다리두갈래근과 장딴지근 근지구력의 군간 전·후 비교에서 유의한 차이를 보이지는 않았으나, 경피 두개 직류 전류자극과 유산소운동을 병행한 군에서 대조군에 비해 중앙주파수의 차이가 작아지는 양상을 보였다.

이러한 결과를 통해 경피 두개 직류 전류자극으로 뇌 활성도를 증가시켜, 여성노인의 운동능력을 향상시키는 것을 알 수 있었으며, 경피 두개 직류 전류자극과 유산소운동을 병행이 근지구력을 증진시키는데 효과적인 치료법으로 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

강현욱, 김지태(2009). 노인의 지각된 사회적지지와 자기 효능감이 건강증진행위에 미치는 영향. 한국여가레크리에이션학회지, 33(3), 7-68.  
 대한노인건강운동협회(2015). 노인운동의학 가이드라인.  
 이연섭(2012). 편마비 환자에게 적용된 경두개직류자극이 하지 근 활성화 및 보행능력에 미치는 영향. 대구대학교 대학원, 박사학위 논문.

- Angius L, Mauger AR, Hopker J, et al(2018). Bilateral extracephalic transcranial direct current stimulation improves endurance performance in healthy individuals. *Brain Stimul*, 11(1), 108-117.
- Aniansson A, Hedberg M, Henning GB, et al(1986). Muscle morphology, enzymatic activity, and muscle strength in elderly men: a follow-up study. *Muscle Nerve*, 9(7), 585-591.
- Bemben MG, Massey BH, Bemben DA, et al(1991). Isometric muscle force production as a function of age in healthy 20- to 74-yr-old men. *Med Sci Sports Exerc*, 23(11), 1302-1310.
- Boggio PS, Castro LO, Savagim EA, et al(2006). Enhancement of non-dominant hand motor function by anodal transcranial direct current stimulation. *Neurosci Lett*, 404(1-2), 232-236.
- Brooks N, Layne JE, Gordon PL, et al(2006). Strength training improves muscle quality and insulin sensitivity in Hispanic older adults with type 2 diabetes. *Int J Med Sci*, 4(1), 19-27.
- Cogiamanian F, Marceglia S, Ardolino G, et al(2007). Improved isometric force endurance after transcranial direct current stimulation over the human motor cortical areas. *Eur J Neurosci*, 26(1), 242-249.
- Corbin C, Lindsay K(1984). *The ultimate fitness Book*. New York, Leisure Press.
- Fatouros IG, Taxildaris K, Tokmakidis SP, et al(2002). The effects of strength training, cardiovascular training and their combination on flexibility of inactive older adults. *Int J Sports Med*, 23(2), 112-119.
- Hauck M, Baumgartner U, Hille E, et al(2006). Evidence for early activation of primary motor cortex and SMA after electrical lower limb stimulation using EEG source reconstruction. *Brain Res*, 1125(1), 17-25.
- Judge JO, Underwood M, Gennosa T(1993). Exercise to improve gait velocity in older persons. *Arch Phys Med Rehabil*, 74(4), 400-406.
- Kwon YH, Ko MH, Ahn SH, et al(2008). Primary motor cortex activation by transcranial direct current stimulation in the human brain. *Neurosci Lett*, 435(1), 56-59.
- Morley JE, Baumgartner RN, Roubenoff R, et al(2001). Sarcopenia. *J Lab Clin Med*, 137(4), 231-243.
- Nitsche MA, Cohen LG, Wassermann EM, et al(2008). Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008. *Brain Stimul*, 1(3), 206-223.
- Nitsche MA, Liebetanz D, Antal A, et al(2003). Modulation of cortical excitability by weak direct current stimulation--technical, safety and functional aspects. *Suppl Clin Neurophysiol*, 56, 255-276.
- Paulus W(2003). Transcranial direct current stimulation (tDCS). *Suppl Clin Neurophysiol*, 56, 249-254.
- Rantanen T, Era P, Heikkinen E(1994). Maximal isometric strength and mobility among 75-year-old men and women. *Age Ageing*, 23(2), 132-137.
- Sawaki L, Wu CW, Kaelin-Lang A, et al(2006). Effects of somatosensory stimulation on use-dependent plasticity in chronic stroke. *Stroke*, 37(1), 246-247.
- Spirduso WW(1995). *Physical dimensions of aging*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Steinberg FU, Dean BZ(1990). *Physiatric therapeutics. 7. Geriatric rehabilitation*. *Arch Phys Med Rehabil*, 71(4-s), S278-280.
- 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.
- Visser M, Kritchevsky SB, Goodpaster BH, et al(2002). Leg muscle mass and composition in relation to lower extremity performance in men and women aged 70 to 79: the health, aging and body composition study. *J Am Geriatr Soc*, 50(5), 897-904.
- Webster BR, Celnik PA, Cohen LG(2006). Noninvasive brain stimulation in stroke rehabilitation. *NeuroRx*, 3(4), 474-481.
- Wolf-Klein GP, Silverstone FA, Basavaraju N, et al(1988). Prevention of falls in the elderly population. *Arch Phys Med Rehabil*, 69(9), 689-691.