

경두개직류전류자극이 정상인의 주의집중력에 미치는 영향

이진환·김상수^{1*}·여수연¹·이지현¹·최정희²

대구보건대학교 물리치료과, ¹강병원, ²경북과학대학 간호과

Effect of Transcranial Direct Current Stimulation on Concentration of Attention

Jin-Hwan Lee, PT, MS; Sang-Soo Kim, PT, PhD¹; Su-Youn Yuh¹; Ji-Hyeon Lee¹; Jeong-Heui Choi²

Dept. of Physical Therapy, Gang's Hospital
¹Dept. of Physical Therapy, Daegu Health College
²Dept. of Nursing, Kyongbuk Science College

ABSTRACT

Purpose : Study on the effects of attention(working memory) for normal adults by applying transcranial Direct Current Stimulation(tDCS).

Methods : There are two groups of 10 random people aged between 20 to 30, one is an experimental group(stimulation) and the other is a comparison group(simulate stimulation). For the 1st day, pre-stimulation test is executed, and for the 2nd day to the 4th day, tDCS is applied stimulated both on the right prefrontal lobe and the left occipital lobe through the electrode. The stimulation lasts for 15 minutes with voltage power of 1mA for each day. The post-stimulation test is executed on the day of 5th. In this paper, a FAIR attention test is used for measuring the attention.

Results : As the result of the experiment, there are significant gaps both on the value of P, the ability of selective attention, and the value of C, the consistent ability after the stimulation on right prefrontal and left occipital lobe. And there is no significant gap on the value Q, the quality(Control). However, all the P, Q, and C values are increased according to the average value between the pre-stimulation test and the post-stimulation.

Conclusion : Finally, ability of selective attention and self-control, and consistent attention is progressed by applying the tDCS to the normal people.

Key Words : Transcranial direct current stimulation(tdcs), Working memory, Prefrontal lobe, Parietal lobe

I. 서론

경두개직류전류자극(Transcranial Direct Current Stimulation)은 두피에 약한 전류를 흘려보내 뇌 국소부위 신경원의 흥분성을 변화시키는 기법이다(Liebetanz 등, 2002; Nitsche와 Paulus, 2000). 머리에 전기를 자극한 연구의 역사를 보면, Scribonius Largus(1529)는 강한 직류 전기를 방출하는 살아 있는 전기가오리(torpedo fish)를 두통이 있는 환자의 머리에 놓았을 때, 갑자기 일시적인 마비가 오며 통증이 완화되는 현상을 발견하였고 Ibn-Sidah는 살아있는 전기메기(electric catfish)를 간질환자의 전두엽에 놓아 치료의 목적으로 사용하기도 하였다(Kellaway, 1946). Walsh(1773)가 최초로 현대의 과학적 연구방법을 적용하여 전기가오리를 사용해 연구한 것이 전기생리학 연구의 시발점이 되어 Galvani와 Volta의 차후 연구를 이끌었고(Galvani, 1791; Volta, 1918), Galvani 전류, 즉 직류전기가 임상의학, 특히 정신 장애를 치료하기 위한 방법으로 사용되기 시작하였다.

전기충격치료와 현재의 직류전기자극술을 통한 뇌 신경 분극화(brain polarization)는 작용기전이 서로 다르다. 전기충격치료는 뇌에 경련성 활동을 일으키지만 직류전기자극술은 간질의 위험 없이 자발적인 신경원 활동에 영향을 주어 뇌 기능을 변화시킬 수 있는 좀 더 신경생리적인 변화를 이끌어 낼 수 있다. 또한 전기충격요법과는 달리 기억력 장애나 의식 손실의 위험이 없고, 환자가 진정상태를 취하거나 근육 이완제를 주입하여야 할 필요가 없다(Terzuolo와 Bullock, 1956). 이러한 장점에 의해 신경생리학적 연구들이 어떻게 약한 전류(일반적으로 1~1.5mA)를 통해 뇌를 활성화 시킬 것인가에 대한 주제를 재조명하게 되었고, 최근 10여 년 전부터 정신·신경학적 질환을 가진 환자의 증상완화 또는 정상인의 인지기능 변화를 목적으로 연구들이 활발히 진행되면서 새로운 뇌기능 장애 치료 기법으로 대두되고 있다(구경협, 2009).

tDCS의 작용기전을 살펴보면 신경원의 활동은 급

격한 상승을 보이는 발화(spike firing)의 빈도수로 부호화하여 볼 수 있는데 이것은 신경막 전위 수준에 영향을 받으며 이는 신경막의 나트륨이온채널과 칼슘이온채널의 활동에 영향을 주어 신경막의 전위수준을 조절하고, 그에 따라 해당부위의 국부적인 뇌 신경원의 활동을 변화시킨다(Liebetanz 등, 2002; Nitsche와 Paulus, 2000; Nitsche 등, 2003e).

양의 값의 전위는 신경 신호를 전달하는 전도율을 향상시키고, 반대로 음의 값의 전위는 전도율을 감소시킨다. 경두개직류전류자극은 이러한 작용을 선택적으로 조절할 수 있는데, 자극하는 전류의 극성, 자극의 지속 시간, 전류의 세기 등이 영향을 주게 된다(Nitsche와 Paulus, 2000, 2001; Baudewing 등, 2001).

양극(anode) 또는 음극(cathode)을 목표가 되는 두피의 지점에, 목표 전극의 참조(reference)가 되는 전극을 반대 측 이마 또는 턱에 부착하여 1~2mA의 약한 전류를 흘려보내게 되면, 이 전류는 신경원의 흥분성을 변화시키고(Kiernan과 Bostock, 2000), 두개골을 지나 전정계(vestibular system)에 까지 자극을 줄 수 있다(Day 등, 1997). 자극에 대한 흥분성의 변화는 약 10분에서 30분까지 연속적으로 자극하였을 때, 신경생리학적 효과가 자극이 끝난 후로 약 90분까지 지속된다(Nitsche와 Paulus, 2001; Nitsche 등, 2003d).

인간 대상의 연구를 살펴보면, Lippold와 Redfearn(1964)은 32명의 정상인을 대상으로 하여 50~500mA의 매우 낮은 전류를 사용하여 두피에 자극을 하였다. 양극 또는 음극은 전두엽에, 참조 전극(reference electrode)은 우측 무릎에 부착하였다. 양극으로 자극하였을 때에는 대상자가 각성상태, 정신 및 신체운동의 고양을 나타낸 반면, 음극으로 자극하였을 때에는 침착함과 무감정의 태도를 보였다.

또한 Priori 등(1998) 두피에 자극하는 직류전기가 뇌에 도달하여 영향을 줄 수 있는지 확인하기 위해 운동피질 영역의 흥분성을 직접 측정할 수 있는 기법으로 알려져 있는(Mills, 1999) 경두개자기자극술(transcranial magnetic stimulation, TMS)을 사용하

여 대뇌피질의 흥분을 측정하였고, 직류전기를 운동 피질에 자극하였을 때, 운동피질의 흥분성이 변화되어 있음을 밝혀내었다.

그 외 Jang 등(2009)은 기능적 자기공명영상(functional magnetic resonance imaging, fMRI)을 사용하여 운동피질을 양극 자극하였을 때, 피질의 활동성이 증가됨을 보고하였다. 이러한 결과는 이전의 행동학적 연구들의 결과를 뒷받침해 주고, 직류전기자극이 뇌 신경원에 도달해 흥분성을 조절할 수 있음을 증명해주는 중요한 결과라 할 수 있다.

경두개직류전류자극의 안전성에 대한 현재까지의 연구결과는 아직 부족한 상태이며 특히 자극의 효과 및 지속성을 결정하는 자극의 세기와 기간에 대해서는 차후 많은 연구가 필요하다(구경협, 2009). 그러나 현재 주요하게 적용되는 방법(1~2mA의 세기, 25~35cm²의 전극 크기, 한번 자극 시 20~30분)은 행동학적 측정, EEG, 혈청 Neuron Specific Enolase 농도변화, 확산강조(diffusion weighted) 및 대비강조(contrast-enhanced) 자기공명영상(magnetic resonance imaging)를 통해서 검사해 본 결과 안전한 방법으로 사용될 수 있다고 발표되었다(Nitsche와 Paulus, 2000, 2001; Nitsche 등, 2003b; Nitsche 등, 2003c; Iyer 등, 2005).

경두개직류전류자극과 같은 비침습적인 뇌자극 기법의 발전은 인지장애에서 새로운 재활치료방법으로 대두되고 있으며, 신경조절법근법에 대한 관심을 불러일으켰다. 양극 자극을 하였을 때, 운동피질과 시각피질에서의 흥분성이 증가되었고, 운동학습과 반응속도, 그리고 언어유창성의 향상을 보고하였다(Nitsche 등, 2003e; Priori, 2003; Iyer 등, 2004).

최근 연구들은 작업기억에 전두엽뿐만 아니라 두정엽 또한 핵심적인 역할을 하고 있음을 제시하고 있는데, 작업기억력과 관련하여 피질과 피질하 영역의 신경연결망은 전전두엽과 뇌의 후두접엽 영역(posterior parietal area)간의 연결회로를 형성하는 것으로 보인다(Budson, 2009). 대뇌 반구에서, 일반적으로 시공간적 작업 기억력은 우반구에 관련되고, 음성학적 작

업 기억력은 좌반구에 관련 있다고 보지만, 고난이도의 작업기억력 과제의 경우에는 과제가 갖는 특성과 상관 없이 양측 뇌를 모두 사용하는 것으로 보고되고 있다(Newman 등, 2003).

주의력(attention), 집중력(concentration), 그리고 단기기억력(short-term memory)은 전통적인 개념으로 작업기억에 포함되며, 어떠한 정신적 과정 중에 필요한 정보를 일시적으로 저장하고, 목적에 맞게 조작하는 제한된 용량을 가진 시스템으로 이루어져 있다(구경협, 2009). 주의집중은 학습상황에서 학습과제를 수행하고 주어진 문제를 해결하는데 필수적인 요소로서 최근 주목받고 있다. 그 이유는 능률적인 학습은 학습자가 학습하는 동안 얼마나 집중하며 학습을 하느냐에 달려있기 때문이다(박아청, 1993). 모든 과제 학습에 기본이 되는 것은 집중력으로 나동진(1975)은 성공적인 학업성취를 위해서 지속적 주의집중력, 선택적 주의집중력, 융통성 있는 주의 배분의 3가지 특수한 주의집중 기능이 매우 중요하다고 하였다.

Rowe 등(2000)은 작업기억을 다루는 과제의 특성에 따라 대뇌피질과 피질하 영역이 구성하는 신경 연결망이 달라진다고 설명하였지만, 전전두엽은 거의 모든 작업기억력과 과제에서 관여하는 것으로 알려져 있다(Fletcher와 Henson, 2001).

집중력 향상을 위한 지금까지의 선행 연구 경향을 살펴보면, 아동들이 할 수 있는 여러 가지 활동이나 프로그램들이 주를 이루고 있다. 즉 미술활동, 음악활동, 게임놀이 등이 있으며, ADHD의 경우 약물치료 또한 중요한 방법이다. 최근에는 뇌파를 이용하여 보다 효율적인 치료가 가능해졌다(신기석, 2008).

좀 더 구체적으로 경두개직류전류자극(tDCS)을 통해 작업기억의 수행을 향상시키고자 한 연구들을 살펴보면, Fregni 등(2005)은 기존 신경영상학적 연구결과에 근거하여 정상인을 대상으로 좌측 배가측 전전두엽에 양극 자극을 하고(1mA, 10분) 3-back 과제를 사용해 평가하였을 때, 허위(sham) 자극, 음극 자극을 하였을 때와 비교하여, 유의한 수행향상을 보고 하였다. 또 Ohn 등(2008)은 정상인을 대상으로 좌측 전전

두엽을 1mA로 30분간 자극하면서 동시에 3-back 과제를 수행하였을 때, 자극 시작 후 자극이 끝나는 30분까지, 시간이 지남에 따라 정확률 향상의 정도가 유의하게 증가됨을 보고하여, 경두개직류전류자극의 효과는 자극의 지속시간에 의존적임을 제시하였다.

따라서, 본 연구는 정상 성인에게 경두개직류 전류자극의 적용이 정상인의 선택적 주의집중력, 자기통제력, 지속적 주의집중력을 포함한 주의집중력에 대해 유의하게 향상될 것이라는 가설을 검증하기 위해 실험을 실시하고 효과를 알아보려고 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구는 대구지역의 0000의원에 내원한 정상성인을 대상으로 실험에 지원한 20명을 선발하여, 무작위로 10명씩 2그룹으로 나누었으며, 손잡이 설문지를 통해서 오른손잡이로 제한하였다. 연구기간은 2013년 6월 20일부터 7월 20일까지 실시하였다. 연구대상자는 신경질환이나 정신질환의 병력이 없는 20대(23.4±4) 정상남녀로 하고 실험 I 군(자극군)에서는 10명(남 5명, 여 5명), 실험 II 군(위자극군)에서는 10명(남 4명, 여 6명)으로 하였다. 실험을 하기에 앞서 대상자들에게 실험에 대해 충분한 설명을 하고 실험참여 동의서를 받은 후 연구를 진행하였다. 제외대상으로는 과거 뇌손상 경험이 있는 사람, 시·지각에 문제가 있는 사람, 운동 및 감각 기능에 이상이 있는 자. 머리에 금속 삽입물이 있는 사람은 제외하고 대상자를 선정하였다.

2. 연구 방법 및 측정 방법

1) 경두개직류전류자극 방법

경두개직류전류자극에 사용된 기기는 FDA인증을 받은 Phoresor 2 Auto Model PM850(IOMED, Salt Lake City, USA)를 사용하였으며, 두 집단 검

사 전 검사 후 설계로 하여 1일째에 자극 전 검사를 시행하고, 2일째부터 4일째까지 3일 동안 하루 15분씩 1mA로 자극하고 5일째에 자극 후 검사를 실시하였다(그림 1).



그림 1. 경두개직류전류자극기 (tDCS)

전극 자극부착 위치로는 두피에 부착하는 전극은 5×5cm(면적 25)크기의 스펀지 자극을 사용, 좌측 전두엽을 양극 자극하기 위해 양극 전극을 국제 10/20 EEG기록법에 의거하여 F3 지점에 붙이고, 음극 전극은 우측 안와 위 이마에 붙여 헤어밴드를 이용하여 고정하였다. 자극정도는 1mA, 자극시간은 15분으로 하였다. 위자극은 10초 자극 후 자극 강도를 천천히 줄여 환자가 모르게 자극을 정지하여 실제로 전기자극이 거의 가해지지 않도록 하였고 전극은 실제 자극과 같이 15분간 계속 머리에 붙여 놓아 피실험자가 위자극임을 알지 못 하도록 한 방법을 사용하였다(온석훈, 2007)

본 실험 시 경두개직류전류자극은 대상자가 편안하게 앉은 자세에서 적용하였고 대상자가 잠들지 않게 주의하였다(그림 2).



그림 2. 전극 부착위치

2) 측정도구 및 방법

(1) 측정도구

본 연구에서는 주의집중을 측정하기 위해 FAIR 주의집중력 검사를 사용하였다. 이 검사는 개인의 주의력 행동을 연구하는 데 있어서 새롭게 발전된 진단학적 심리검사로서 Moosbrugger와 Oeh-Ischaegel에 의해 제작되었고 오현숙(2002)이 번안하고 표준화한 검사이다(그림 3).

이 검사는 주어진 많은 원 모양 속에서 주어진 예시에 따라 원하는 동그라미를 찾는 작업이다. 즉, 왼쪽에서 오른쪽으로 원모양 아래에 밑줄을 긋다가 세 점을 가진 동그라미나 두 점을 가진 네모를 발견하며 원모양 안으로 뾰족한 톱니 모양의 선을 만들어 나오고 계속해서 원하는 모양이 나올 때까지 밑줄을 긋는 것이다.

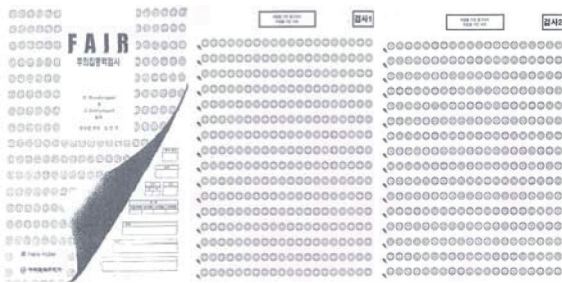


그림 3. FAIR 주의집중력 검사지

(2) 측정방법

주의집중력 측정방법에 관한 절차는 다음과 같다.

- ① 검사지는 표지가 위로 가게 피험자에게 분배되어 피험자는 피험자 인적사항을 가능한 빠짐없이 쓰도록 요청된다. 다음에 피험자는 검사지를 열고 검사에 관한 안내문을 읽고 연습 문제를 시험해 본다.
- ② 검사자는 피험자가 검사요강을 이해했는지 그래서 무엇을 알고 있는지 확실해야 한다.
- ③ 피험자가 준비가 되었으면 검사자는 “자, 이제 제가 시작이라고 말하면 검사지를 넘겨서 문제응답을 시작합니다.” 라고 말한다. 다음에는 검사 시작과 시간 계산에 대한 표시로서 마침내 ‘시작’이라

고 외친다.

- ④ 3분 후에 검사자는 검사 상반부, 즉 검사 1을 실시하고 끝나고 나서 쉬는 시간 없이 곧바로 검사 2를 3분간 실시한다.

이 검사에 의해 주의 행동 관점을 객관적이고 신뢰적으로 파악할 수 있는 표 1과 같은 3가지 검사 값으로 주의집중을 해석할 수 있다. 검사의 신뢰도는 검사 1과 2의 반분신뢰도로서 P, Q, C의 신뢰도 계수가 .90에서 0.95 사이에 나타남으로서 정확하고 신뢰도가 높은 평가도구라 할 수 있다(김승란, 2008).

3) 자료분석

주의집중력 수행 결과는 선택적 주의집중력(P), 자기통제력(Q), 지속적 주의집중력(C)값을 측정하였다. 실험군 및 대조군의 사전검사와 사후검사에 따라 주의집중력에 차이가 있는지를 알아보기 위하여 대응표본 t-검증(paired t-test)을 실시하였다. 통계프로그램은 SPSS 12.0 version을 사용하였고, 통계학적 유의수준 α 는 0.05로 설정하였다.

표 1. 주의집중력 검사지의 검사 지수

검사 지수	관련 능력	채점 방법	신뢰도
P 선택능력 지수	선택적 주의 집 중력	(T-EL)- 2(EO+EC)	.944
Q 품질, 통제 능력 지수	자기 통제력	P÷T	.903
C 지속성 능력지수	지속적 주의 집중력	P×Q	.941

T: 작업된 아이템의 총 개수

EL: 선 그리기 오류의 총 개수

EO: 목표 아이템에 톱니로 표시되지 않은 총개수

EC: 목표 아이템이 아닌데 톱니 표시를 한 총개수

3. 연구중재

경두개직류전류자극을 두 집단 검사 전 검사 후 설계로 하여 1일째에 자극 전 검사를 시행하고, 2일째부터 4일째까지 3일 동안 하루 15분씩 1mA로 자극하고 5일째에 자극 후 검사를 실시하였다.

전극 자극부착 위치로는 두피에 부착하는 전극은 좌측 전전두엽을 양극을 자극하기 위해 양극 전극을 F3 지점에 붙이고, 음극 전극은 우측 안와 위 이마에 붙여 헤어밴드를 이용하여 고정하였다. 자극정도는 1mA, 자극시간은 15분으로 하였다. 위자극은 10초 자극 후 자극 강도를 천천히 줄여 환자가 모르게 자극을 정지하여 실제로 전기 자극이 거의 가해지지 않도록 하였고 전극은 실제 자극과 같이 15분간 계속 머리에 붙여 놓아 피실험자가 위자극임을 알지 못 하도록 한 방법을 사용하였다.

1) FAIR의 선택능력 지수 P

피험자가 얼마나 많은 아이tem들을 주의 집중하여 작업하였는가에 관한 지수로서 선택능력 지수 P가 결정된다. 능력지수 P는 얼마나 많은 아이tem들이 주의 집중하여 작업되었는지 알려준다.

선택적 주의집중력 사전검사의 동질성을 알아보기 위하여 사전·사후검사에 대한 독립표본-t검증을 실시하였으며, 사전·사후점수에 대한 차이 검증결과는 다음과 같다.

실험군과 대조군의 사전·사후 결과에 대해서 선택능력지수 P값이 유의한 차이가 있었다. 즉, 두 집단의 선택적 주의집중력은 유의한 동질성이 있는 것으로 나타났다(표 2, 그림 4).

2) FAIR의 품질(통제) 지수 Q

통제 지수 Q는 주의 집중하여 작업된 아이tem의 비율에 대해 알려준다.

실험 결과는 다음과 같다. 실험군과 대조군의 사전·

사후 결과에 대해서 품질(통제) 지수 Q값이 유의한 차이가 없었다. 즉, 두 집단의 자기 통제력은 유의한 동질성이 없는 것으로 나타났다(표 3, 그림 5).

3) FAIR의 지속성 능력 지수 C

지속성 능력 지수 C는 집중 작업이 얼마나 지속적으로 이루어졌는지에 대해 알게 한다. 즉, 산만한 과정에 의해서 주의집중이 중단됨이 없이, 나타내는 피험자의 있어서는 지속성 지수 C도 또한 같은 수준인 1이 된다.

실험결과는 다음과 같다. 실험군과 대조군의 사전·사후 결과에 대해서 지속성 능력 지수 C값이 유의한 차이가 있었다. 즉, 두 집단의 지속적 주의집중력은 유의한 동질성이 있는 것으로 나타났다(표 4, 그림 6).

표 2. P값에 대한 사전 사후 비교

집 단	시기	M	SD	t	p
실험군	사전	422.40	80.939	-6.780	.000**
	사후	525.70	94.615		
대조군	사전	397.60	84.759	-5.072	.001*
	사후	488.90	101.259		

* p<0.05, ** p<0.01

표 3. Q값에 대한 사전 사후 비교

집 단	시기	M	SD	t	p
실험군	사전	0.954	0.041	-1.806	.104
	사후	0.979	0.158		
대조군	사전	0.935	0.637	-0.066	.949
	사후	0.936	0.830		

* p<0.05, ** p<0.01

표 4. C값에 대한 사전 사후 비교

집 단	시기	M	SD	t	p
실험군	사전	404.080	85.309	-8.191	.000**
	사후	514.460	93.732		
대조군	사전	371.970	96.711	-3.928	.003*
	사후	462.49	118.132		

* p<0.05, ** p<0.01

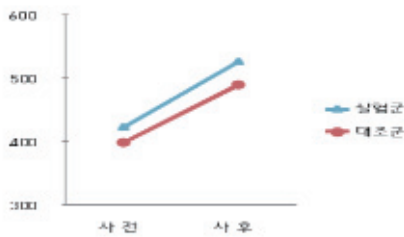


그림 4. P값에 대한 사전 사후 비교

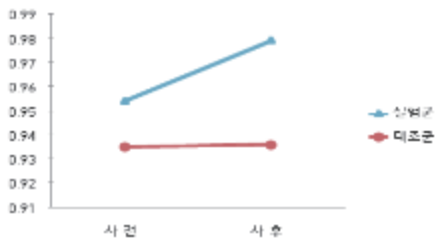


그림 5. Q값에 대한 사전 사후 비교

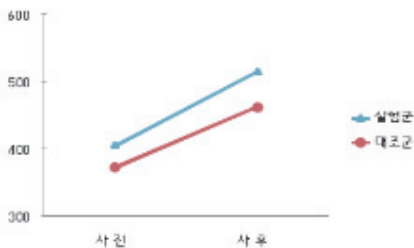


그림 6. C값에 대한 사전 사후 비교

Ⅲ. 결 과

경두개직류전류자극 시 인지기능에 미치는 효과는 자극의 세기, 지속시간, 전극의 위치와 그에 따라 형성되는 전기장의 방향 등 자극 방법에 좌우됨이 현재까지의 연구결과를 통해 밝혀졌으며, 그에 따라 안전하고 더욱이 정형화된 효과적인 적용 방법이 요구되고 있다. 또한 경두개직류전류 자극은 휴대가 가능하고, 상대적으로 비용이 저렴하여 사용이 용이하고, 신경활동의 조절이 가능하기 때문에 뇌신경 가소성을 통한 뇌질환 환자의 인지기능 개선에 새로운 치료방법으로 기대가 모아지고 있다(Webster 등, 2006).

자극에 의한 흥분성의 변화는 약 10분에서 30분까지

연속적으로 자극하였을 때, 신경생리학적인 효과가 자극이 끝난 후로 약 90분까지 지속되는 것이 밝혀져 있다(Nitsche와 Paulus, 2001; Nitsche 등, 2003a).

만성뇌졸중 환자들을 대상으로 인지 및 지각 기능과 일상생활 독립성과의 상관성을 조사한 연구에서는 시공간지각과 비언어성 기억 기능이 기본적 일상생활 동작 수행 정도와 관련이 있음을 보고하였다(최하영 등, 2007). Rogalski 등(2010)과 Plummer-D'Amato 등(2008)의 연구에서는 뇌졸중 환자의 보행훈련과 동시에 인지과제를 수행하도록 하였고 그 결과 보행능력이 향상되었으며, 이러한 결과는 인지과정 훈련이 운동 실행(execution)의 조절에 도움을 준 것으로 보고되었다.

기억력을 비롯한 인지기능을 향상시키려는 시도는 기능이 저하된 사람뿐만 아니라 정상적인 인지기능을 가진 사람에게도 학습능력 증진 등을 위해 관심이 높은 분야이다. 인지기능의 향상을 위한 방법으로는 전통적으로 약물과 심리치료가 주가 되었지만, 최근에는 비침습적 뇌자극 기법을 이용한 인지 기능 향상 방법에 대한 시도가 늘어났으며, 현재 뇌신경재활과 인지과학 영역의 주요 연구 분야 중 하나이며(온석훈, 2007; Floel과 Cohen, 2007; Marder, 2006; Postle, 2006; Fregni 등, 2005; Mull과 Seyal, 2001; Cabeza와 Nyberg; 2000, Smith와Jonides, 1999; D'Esposito와 Postle, 1999).

비침습적 뇌자극 기법을 이용하여 인지 및 운동 기능의 변화를 검증하는 연구가 활발히 이루어지고 있다(Milham, Banchi와 Barad, 2003; Olmo, Bello와 Cudeiro, 2007).

본 연구에서는 경두개직류전류자극을 적용한 실험군은 대조군과 비교하여 선택적 주의집중력, 자기통제력, 지속적 주의집중력이 유의하게 향상될 것이라는 가설을 토대로 실험을 실시하였다. 정상인을 대상으로 실험군과 대조군을 구성하여, 우측 전전두엽과 좌측

후두엽에 경두개직류전류 자극을 주어 주의집중력에 대한 효과를 보고자 두 그룹의 실험을 고안하여 실시한 결과, 다음과 같은 결과를 얻었다.

우측 전전두엽과 좌측 후두엽 경두개직류전류 자극 시, 선택적 주의 집중력 P와 지속성 능력 지수 C는 자극효과를 얻었으나, 품질(통제) 지수 Q는 전기 자극 시 두 그룹의 유의한 차이가 없었다. 실험군과 대조군의 선택적 주의 집중력 P와 지속성 능력 지수 C는 유의한 차이가 나타났으나, 실험군의 결과 값에서 조금 더 효과적임을 나타냈다. 이는 평균값을 살펴보았을 때, 두 그룹 모두 사후검사 결과 값의 유의한 차이가 있으므로 실험군의 P 평균값(사전=422.4, 사후=525.70)이었고, 대조군의 P 평균값(사전=397.60, 사후=488.90)을 비교하여 보았을 때, 실험군의 P 평균값이 더 많이 향상되었음을 알 수 있다. 이러한 결과는 경두개직류전류 자극이 선택적 주의집중력 향상에 영향을 미치는 것을 의미한다.

실험군의 C 평균값(사전=404.08 사후=514.46)이었고, 대조군의 C 평균값(사전=371.97, 사후=462.49)을 비교하여 보았을 때, 실험군의 C 평균값이 더 많이 향상되었음을 알 수 있다. 이러한 결과는 경두개직류전류 자극이 지속성 능력의 향상에 영향을 미치는 것을 의미한다.

실험군과 대조군의 품질(통제) 지수 Q는 사전·사후 검사 결과가 유의한 차이가 없었으나, Q 평균값은(사전=0.954 사후=0.979)이었고, 대조군의 Q 평균값(사전=0.935, 사후=0.936)을 비교하여 보았을 때, 실험군의 Q 평균값이 더 많이 향상되었음을 알 수 있다. 이러한 결과는 경두개직류전류 자극이 자기 통제력의 향상에 영향을 미치는 것을 의미한다.

IV. 결론

본 연구는 정상인을 대상으로 실험군과 대조군을 구성하여, 우측 전전두엽과 좌측 후두엽에 경두개직류전류자극을 주어 주의집중력에 대한 효과를 보고자 두 그룹의 실험을 고안하여 4주간 주기적으로 실시하였다. 결과적으로 경두개직류전류자극이 정상인의 주의집중력과 관련된 선택적 주의집중력과 자기통제력, 지속적 주의집중력이 향상되는 것을 나타내었다.

그러나 본 연구의 한계점은 다음과 같다.

선택적 주의 집중력 P와 지속성 능력 지수 C의 대조군의 사후검사 결과 값이 유의한 차이로 나타나는 것은 10명의 한정된 대상자 중 몇 명 대상자에서 Placebo effect와 반복학습효과에 의해 결과 값이 향상된 것으로 사료되며, 품질(통제) 지수 Q는 대상자의 신체적, 환경적 요인에 의해 영향을 받는 것으로 판단되어진다. 그러므로 추후 이러한 한계점을 보완한 장기적인 추가 연구의 필요성이 있다고 생각되어 진다.

참고 문헌

- 구경협. 이중경두개직류전기자극술이 정상인의 작업 기억력에 미치는 효과. 성균관대학교 일반대학원. 2009.
- 김승란. 두뇌체조가 초등학교 고학년 학생의 주의집중에 미치는 효과. 대구대학교 교육 대학원. 2008.
- 나동진. 일반화 특수화 능력과 신념체제의 개방성 정도의 관계. 석사학위논문. 창원대학교 교육대학원. 1975.
- 박아청. 초등학교교사의 효율성과 지각향성 간의상관 연구. 연세대학교 교육대학원. 석사학위논문. 1993.
- 신기석. 뉴로피드백을 이용한 주의집중력 향상. 포천중문의과대학교 대체의학대학원. 석사학위논문. 2008.
- 온석훈. 비침습적 경두개뇌자극술이 정상인의 인지 기능 향상에 미치는 영향. 연세대학교대학원. 석사학위논문. 2007.
- 최하영, 박성민, 박성준 등. 뇌경색 환자에서 인지 및 지각기능과 일상생활 독립성. 대한 재활의학회지. 31(6):630-635, 2007.
- Baudewing J, Nitsche M, paulus W et al. Preceding transcranial direct current stimulation modulates BOLD MRI responses to sensorimotor activation in humans. Neuroimage. 13(6, Supplement):1127, 2001.
- Budson A. Understanding memory dysfunction. Neurologist. 15(2):71-9, 2009.
- Cabeza R, Nyberg L. Imging conition II: An

- empirical review of 275 PET and fMRI studies. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 12(1):1-47, 2000.
- Chen R, Classen J, Gerloff C et al. Depression of motor cortex excitability by low-frequency transcranial magnetic stimulation. *Neurology*. 48(5):1398-1403, 1997.
- Day BL, Severac Cauquil A, Bartolomei L et al. Human body-segment tilts induced by galvanic stimulation: a vestibularly driven balance protection mechanism. *J Physiol*. 500(3):661-672, 1997.
- D'Esposito M, Postle BR. The dependence of span and delayed-response performance on prefrontal cortex. *Neuropsychologia*. 37(11):1303-1315, 1999.
- Fletcher P, Henson R. Frontal lobes and human memory insights from functional neuroimaging. *Brain*. 124(5):849-881, 2001.
- Floel A, Cohen L. Contribution of noninvasive cortical stimulation to the study of memory functions. *Brain research reviews*. 53(2):250-259, 2007.
- Fregni F, Boggio P, Nitsche M et al. Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. *Exp Brain Res*. 166(1):23-30, 2005.
- Galvani L. *viribus electricitatis in motu muscularis animalium*. Bologna. 1791.
- Iyer M, Mattu U, Grafman J et al. Direct current polarization of the human prefrontal cortex facilitates verbal fluency. *Society for Neuroscience*. 2004.
- Iyer M, Mattu U, Grafman J et al. Safety and cognitive effect of frontal DC brain polarization in healthy individuals. *Neurology*. 64(5):872-875, 2005.
- Jang S, Ahn S, Byun W et al. The effect of transcranial direct current stimulation on the cortical activation by motor task in the human brain. An fMRI study *Neurosci Lett*. 460(2):117-120, 2009.
- Kellaway P. The part played by the electric fish in the early history of bioelectricity and electrotherapy. *The William Osler Medal Essay*. *Bull Hist Med*. 20(2):112-137, 1946.
- Kiernan M, Bostock H. Effects of membrane polarization and ischaemia on the excitability properties of human motor axons. *Neurosci Lett*. 123(12):2542-2551, 2000.
- Liebetanz D, Nitsche M, Tergau F et al. Pharmacological approach to the mechanisms of transcranial DC stimulation induced aftereffects of human motor cortex excitability. *Brain*. 125(Pt10):2238-2247, 2002.
- Lippold O, Redfearn J. Mental changes resulting from the passage of small direct currents through the human brain. *Br J Psychiatry*. 110:768-772, 1964.
- Marder SR. A review of agitation in mental illness: treatment guidelines and current therapies. *The Journal of clinical psychiatry*. 67(10):13-21, 2006.
- Milham MP, Banich MT, Barad V. Competition for priority in processing increases prefrontal cortex's involvement in top-down control: an event-related fMRI study of the Stroop task. *Cognitive Brain Research*. 17(2):212-222, 2003.
- Mills K. *Magnetic stimulation of the human nervous system*. Oxford: Oxford University Press. 1999.
- Mull BR, Seyal M. Transcranial magnetic

- stimulation of left prefrontal cortex impairs working memory. *Clinical Neurophysiology*. 112(9):1672-1675, 2001
- Newman S, Carpenter P, Verma S et al. Frontal and parietal participation in problem solving in the Tower of London, fMRI and computational modeling of planning and high-level perception. *Neuropsychologia*. 41(12):1668-1682, 2003.
- Nitsche M, Paulus W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation: *J Physiol*. 527(Pt3):633-639, 2000.
- Nitsche M, Paulus W. Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans, *Neurology*. 57(10):1899-901, 2001.
- Nitsche M, Fricke K, Henschke U et al. Pharmacological modulation of cortical excitability shifts induced by transcranial direct current stimulation in humans. *J Physiol*. 553(1):293-301, 2003a.
- Nitsche M, Liebetanz D, Antal A et al. Modulation of cortical excitability by weak direct current stimulation: technical, safety and functional aspects. *Suppl Clin Neurophys*. 56:255-276, 2003b.
- Nitsche M, Liebetanz D, Antal A et al. Safety criteria for transcranial direct current stimulation (tDCS) in humans. *Clin Neurophysiol*. 114(11):2220-2222, 2003c.
- Nitsche M, Klein C, Tergau F et al. Level of action of cathodal DC polarization induced inhibition of the human motor cortex. *Clin Neurophysiol*. 114(4):600-604, 2003d.
- Nitsche M, Schauenburg A, Lang N et al. Facilitation of implicit motor learning by weak transcranial direct current stimulation of the primary motor cortex in the human. *J Cogn Neurosci*. 15(4):619-626, 2003e.
- Ohn SH, Park CI, Yoo WK et al. Time-dependent effect of transcranial direct current stimulation on the enhancement of working memory. *Neuroreport*. 19(1):43-47, 2008.
- Olmo MF, Bello O, Cuderio J. Transcranial magnetic stimulation over dorsolateral prefrontal cortex in Parkinson's disease, *Neurophysiology*. 118(1):131-139, 2007.
- Plummer-D'Amato P, Altmann LJ, Saracino D et al. Interactions between cognitive tasks and gait after stroke: a dual task study. *Gait & Posture*. 27(4):683-688, 2008.
- Postle BR. Working memory as emergent property of the mind and brain. *Neuroscience*. 139(1): 23-38, 2006.
- Priori A, Berardelli A, Rona S et al. Polarization of the human motor cortex through the scalp. *NeuroReport*. 9(10):2257-2260, 1998.
- Priori A. Brain polarization in humans: a reappraisal of an old tool for prolonged non-invasive modulation of brain excitability. *Clin Neurophysiol*. 114(4):589-95, 2003.
- Rogalski Y, Altmann LJ, Plummer-D'Amato P et al. Discourse coherence and cognition after stroke: a dual task study. *Journal of Communication Disorders*. 43(3):212-224, 2010.
- Rowe J, Toni I, Josephs O et al. The prefrontal cortex: response selection or maintenance within working memory? *Science*. 288(5471):1656-1660, 2000.
- Scribonius Largus. *De compositionibus medicamentorum* In: Ruello J, Editor. 1529.
- Smith EE, Jonides J. Storage and executive

processes in the frontal lobes. *Science*. 283(5408):1657-1661, 1999.

Terzuolo C, Bullock T. Measurement of imposed voltage gradient adequate to modulate neuronal firing. *Proc Natl Acad Sci USA*. 42(9):687-693, 1956.

Volta A. *Le opere di Alessandro Volta I vol.* Milan: Hoepli, 1918.

Walsh J. On the electric property of torpedo: in a letter to B. Franklin. *Phil Trans R Soc*. 63:478-89, 1773.

Webster BR, Celnik PA, Cohen LG. Noninvasive Brain Stimulation in Stroke Rehabilitation. *The Journal of the American Society for Experimental NeuroTherapeutics*. 3(4): 474-81, 2006.