

경피두개직류자극 적용 시 비활성 전극의 위치가 뇌졸중 환자의 인지반응에 미치는 영향

■ 황기경, 이정우¹

광주여자대학교 일반대학원 물리치료학과, ¹광주여자대학교 물리치료학과

Effect of Applying tDCS by Inactive Electrode Placement to Cognitive Response on Stroke Patients

Ki-Kyeong Hwang, PT, MS; ¹Jeong-Woo Lee, PT, PhD

Department of Physical Therapy, Graduate School, Kwangju Women's University; ¹Department of Physical Therapy, Kwangju Women's University

Purpose : This study was to identify the effect of cognitive reaction following inactive electrode placement when applying anodal transcranial direct current stimulation over the primary motor cortex.

Methods : For this study a total of 28 stroke patients participated. Before applying transcranial direct current stimulation, cognitive reaction was measured (P300 of event related potential, cognitive reaction time), and subjects were randomly assigned to two group. Transcranial direct current stimulation was applied to the scalp with an intensity of 0.04mA/cm² for 15 minutes. All subjects were given an anode transcranial direct current stimulation over the primary motor area and inactive electrodes over the deltoid muscle (group I) and supra-orbital area (group II). Cognitive reactions were measured after applying transcranial direct current stimulation.

Results : For this study a total of 28 stroke patients participated. Before applying transcranial direct current stimulation, cognitive reaction was measured (P300 of event related potential, cognitive reaction time), and subjects were randomly assigned to two group. Transcranial direct current stimulation was applied to the scalp with an intensity of 0.04mA/cm² for 15 minutes. All subjects were given an anode transcranial direct current stimulation over the primary motor area and inactive electrodes over the deltoid muscle (group I) and supra-orbital area (group II). Cognitive reactions were measured after applying transcranial direct current stimulation.

Conclusion : Thus transcranial direct current stimulation on the primary motor area may help cognitive reaction regardless of inactive electrode placement.

Key words : Transcranial direct current stimulation, ERP, Cognitive reaction time

논문접수일 : 2013년 5월 10일

수정접수일 : 2013년 6월 4일

게재승인일 : 2013년 6월 17일

교신저자 : 이정우, jwlee@kwu.ac.kr

1. 서론

뇌졸중 환자는 대부분 사지의 근력 약화, 근 긴장도의 변화, 감각 저하 등은 심각한 신체 기능의 장애(impairment)를 가지며 이 신체적 장애는 활동 제한(activity limitation)과 참여 제약(participation restriction)을 야기하는 주요 원인이 된다.¹ 또한

이와 더불어 인지기능의 장애는 사회로의 복귀나 가족 구성원으로의 역할 등에 어려움을 갖게 된다.²

Pomeroy 등³은 뇌졸중 재활에서 뇌 가역성을 효과적으로 증진할 수 있는 방법으로 반복경피두개자극과 경피두개직류자극 등을 제시하였다. 이 방법 중 경피두개직류자극은 적용이 간단하며 반복경피두개자극 보다 경제적이고 휴대성이 용이하기 때문

에 임상에서 사용하기에 많은 이점을 가질 수 있다고 하였다.⁴ 경피두개직류자극의 임상적 적용 방법으로는 뇌 겔질의 흥분성을 조절하기 위해 자극 하고자 하는 부위에 부착하며 뇌 병변 측의 흥분성 증진을 위해 양극 자극,⁵ 비 병변 측 뇌의 흥분성 감소를 위해 음극 자극⁶ 그리고 양극과 음극 자극을 동시에 배치하는 방법이 있다.⁷ 또한 배치방법 외에도 겔질의 흥분성 조절을 위해 전극의 위치, 전극의 크기 등 여러 가지를 고려해야 한다.⁸ 그 중 비활성 전극의 위치는 뇌 조직에서 의도치 않은 효과를 감소하기 위해 이마나 턱, 빗장뼈부위(clavicle)나 어깨부분에 부착하기도 한다. 하지만 머리 이외에 비활성 전극을 적용 시 호흡저하와 같은 위험이 있다고 주장하였다.⁹ 이를 근거로 하여 많은 연구들에서 비활성 전극의 위치를 눈확위부(supra-orbital area)에 적용하고 있다. 경피두개직류전기자극 연구에서 비활성 전극 부위로 주로 이용되는 대뇌의 앞부분을 포함하는 눈확위부는 뇌 겔질의 이마앞 영역(prefrontal area)에 해당하며 이 영역은 기억, 집중력 등의 인지 에 관련된 역할에서 중추적인 역할을 하는 것으로 알려져 있다.¹⁰ 따라서 비활성화 전극을 이마앞 부분에 적용하는 것은 이마앞 겔질이나 다른 뇌 영역에도 영향을 미칠 가능성을 배제할 수 없으나 비활성 전극 위치가 인지반응 등과 관련되어 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 인지와 관련된 평가 방법으로 지남력 검사, MMSE-K 등과 같은 검사들이 주로 이용되었으며, 현재 치매 진단이나 인지 검사로도 많이 이용되고 있다. 이 검사 방법들은 간단하고 즉각적으로 결과를 알 수 있는 유용한 평가 방법이지만 인지 손상 정도에 대한 민감도가 낮으며 변화에 대해 객관적이지 못하다는 단점을 가지고 있다.¹¹ 그러므로 객관적으로 인지 능력을 측정할 수 있는 측정 방법이 요구된다. 근래에는 뇌 손상 환자의 인지 기능을 평가하기 위해 전산화 신경심리검사, 가상현실 프로그램을 이용한 인지평가 등이 시도되고 있지만 이 방법들은 항목별 난이도에 따라 비정상적인 소견을 보이거나 시간이 오래 걸린다는 단점을 가진다.¹² 인간의 뇌 지도화 기법의 발달로 인하여 fMRI, PET 등의 영상학적 측정 장비를 통해 대뇌 겔질의 변화에 대해 객관적인 정보를 제공할 수 있게 되었으나 이러한 방법들은 이동이 어려워 검사 시 장소에 제약을 받으며 긴 검사 시간, 폐쇄공포증 등을 유발할 수 있고 검사비용이 높다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완할 수 있는 방법으로는 뇌파(electroencephalogram)가 있으며, 이 뇌파는 이동이 용이하고 겔질의 변화를 비교적 짧은 시간에 알 수 있을 뿐만 아니라 인지 상태에 관련된 객관적인 정보를 제공할 수 있는 장점을 가지고 있다.¹³ 뇌파를 이용하여 인지를 측정하기 위한 방법으로 사건관련전위는 특정 정보와 관련된 자극 이후 일정시간 동안

나타나는 뇌의 전위이며, 뇌의 정보처리과정이나 인지과정을 반영하는 분석방법이다.¹⁴ 그리고 사건관련전위는 자극 이후 시간에 따라 나타나는 극성의 정점이나 잠복시를 통해 구분하여 분석할 수 있으며, N100과 P200은 선택적 주의에 대한 정보, P300은 인지 과정에 대한 정보를 나타낸다고 보고되고 있다.¹⁵ 이 중 자극 후 약 300msec에 나타나는 P300은 인지 과정에 관련된 연구에서 가장 많이 이용되고 있다. 또한 인지반응시간은 자극 후 감각에 대한 인지 및 행동 반응까지 걸리는 시간으로 인지반응을 평가하는데 이용할 수 있다.¹⁶ 따라서 본 연구의 목적은 뇌졸중 환자를 대상으로 손상측 일차운 동겔질에 대한 양극 경피두개직류자극 적용 시 어깨세모근과 눈확 위부의 비활성 전극이 인지반응에 미치는 영향을 알아보기 위함이다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 광주광역시 C 병원에서 뇌졸중으로 인한 반마비(hemiplegia)로 진단받고 재활 중인 입원환자 28명을 대상으로 실시하였다. 연구 전 대상자들에게 연구 목적 및 방법에 대하여 충분히 설명하고, 동의서를 얻은 후에 연구를 실시하였다. 연구대상자의 선정 조건으로는 본 병원에서 뇌졸중으로 인한 반마비로 진단받은 입원환자, 발병 후 6개월 이상이 경과한 자, 지시에 따를 수 있는 자, 시각 및 청각에 이상이 없는 자, 본 연구의 참가에 동의한 자, 머리에 금속 삽입물이 없는 자로 한정하였다. 그리고 측정 시 이해를 못하거나 검사를 진행하기 어려울 경우 제외하였다.

표 1. 대상자 일반적 특성

	I	II	t	p ^b
나이(년)	59.35±7.40a	58.07±11.78	0.34	0.24
유병기간(달)	12.28±7.35	18.71±19.03	-1.17	0.73
MMSE-K(점수)	24.42±3.56	24.07±2.67	0.30	0.76

^a평균±표준편차

^b독립 t-검정

I : 활성 전극을 일차운동겔질, 비활성 전극을 어깨세모근에 적용한 군

II : 활성 전극을 일차운동겔질, 비활성 전극을 눈확위부에 적용한 군

MMSE-K: mini mental status examination-Korea

2. 실험방법

본 연구는 양극 경피두개직류자극을 일차운동겉질에 적용 시 비활성 전극의 위치에 따른 손 기능과 인지반응을 알아보기 위해 연구 대상자를 두 군으로 나누었으며 실험 전 사건관련전위와 인지반응 시간을 측정 후 두 군을 무작위 배정하였다. 경피두개직류자극의 양극 전극은 I, II 군 모두 손상측의 일차운동겉질에 부착하였다. 각 군의 비활성 전극은 비손상측 어깨세모근(I 군)과 비손상측 눈확위부(II 군)에 부착하였다. 측정은 경피두개직류자극 적용 전과 적용 10분 후에 실시하였다.

1) 경피두개직류 자극방법

본 연구에서 사용된 경피두개직류자극기는 Endomed 482 (Enraf-Nonious, 네덜란드)를 이용하여 실시하였고, 두피에 부착하는 전극은 4x6cm² 크기의 탄소고무전극(Daeyang, 대한민국)을 사용하였다. 양극 전극의 위치는 이전 경피두개직류자극 연구에서 사용한 연구방법을 근거로 하여 손상측 일차운동겉질의 두피위에 부착하였고, 비활성 전극은 어깨세모근과 눈확위부에 부착하였다(그림 1). 자극 전류의 형태는 단속 직류를 사용하였고, 맥동 시간 5msec, 맥동간 간격은 2msec로 하였다. 그리고 자극 강도와 시간은 0.04mA/cm²로 15분 동안 1회 적용하였다.



그림 1. 경피두개직류자극 시 전극의 위치

2) 측정방법

(1) 사건관련전위

사건관련전위(event related potential)는 뇌파기(QEEG-8, Laxtha Inc, 대한민국)를 사용하여 뇌파 데이터를 수집하였고, 데이터 분석은 Telescan 프로그램(Laxtha Inc, 대한민국)을 사용하여 뇌파를 분석하였다. 뇌파의 전극 위치는 국제 10-20 배치법에 근거하여 Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4에 부착하였으며, 참조 전극은 오른쪽 귀 뒤쪽에, 접지전극은 왼쪽 귀 뒤쪽에 부착하였다

(그림 2). 뇌파 신호 수집을 위한 표본 추출률(sampling rate)은 256Hz로 하였으며, 저주파 통과필터(low pass filter)는 50Hz로 하였다. 뇌파 측정을 위해 두피를 70% 알코올 솜으로 닦아 건조한 후 국제 10-20 배치법에 따라 Ag/AgCl 전극을 사용하여 부착하였다. 두피에 전극을 부착한 후에 각 전극의 임피던스를 측정하였고, 전극의 임피던스는 5k Ω 이하로 유지하였다. 뇌파 측정 시 일관된 측정과 환경에 의한 변수를 줄이기 위해 소음이 발생하지 않는 공간에서 수행하였고, 대상자는 뇌파 측정 시 주의사항에 대한 설명을 충분히 들은 다음 실시하였다. 측정 전 안정된 뇌파 측정을 위해 앉은 후 3분간 휴식을 취한 후 편안한 자세로 있도록 하였다. 뇌파의 전극 부착 시 병변 측 뇌 겉질은 Fp1, F3, C3로 하였고, 정상 측 뇌 겉질은 Fp2, F4, C4로 하였다. 그리고 전극 부착위치의 오류를 줄이기 위해 동일한 검사자 1명이 실시하였다.

사건관련전위 측정 시 시각 자극 방법을 이용하였고, 자극의 제시 방법은 양자극 파라다임(oddball paradigm)을 이용하였다. 이 양자극 파라다임은 사건관련전위 실험에서 가장 많이 이용되는 방법으로 표준자극과 목표자극이 제시되며, 이를 통해 사건관련전위를 유발하는 파라다임이다. 17,18 측정방법은 화면에 표준자극인 파란색 화살표 42회, 목표자극인 붉은색 화살표 18회를 제시하여 시각 자극을 제공하였다. 이때 붉은색 화살표가 화면에 나올 경우 화살표 방향에 반대되는 방향의 키보드 자판을 누르게 지시하였다. 각 자극의 간격은 5초로 하여 총 60회를 실시한 후 목표 자극에 대한 사건관련전위의 평균값을 구하였다. 측정 시 2명의 검사자가 대상자 교육 및 보조로 참여하였다.

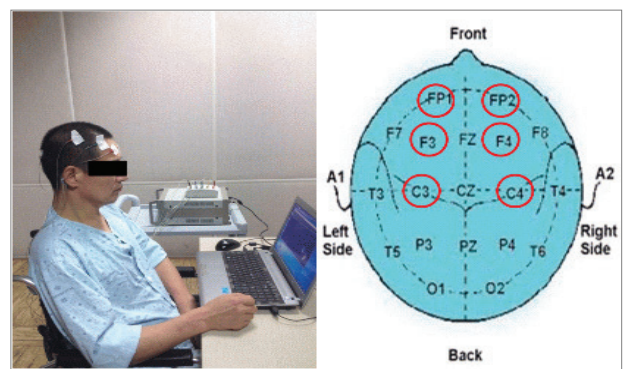


그림 2. 국제 10-20 배치법에 따른 뇌파 측정 부위

(2) 인지반응시간

인지반응시간(cognitive reaction time)의 측정은 Telescan 프로그램(Laxtha Inc, 대한민국)을 사용하여 측정 및 분석을 실시하였으며, 측정 시 자극 제시 방법은 사건관련전위와 동일하며 붉

은색 화살표가 화면에 나올 경우 화살표 방향에 반대되는 방향의 키보드 자판을 비손상측 손으로 누르도록 지시하였다. 각 자극의 간격은 5초로 하였으며, 자극의 빈도는 파란색 화살표 42회, 붉은색 화살표 18회로 총 60회를 실시한 후 평균값을 구하였다. 측정 시 2명의 검사자가 대상자 교육 및 보조로 참여하였다. 정확한 반응을 하지 못할 때는 오류가 발생하며 목표 자극이 주어지지 않았을 때, 목표 자극이 주어졌음에도 3초 내에 반응 하지 못할 때, 목표 자극이 아닐 경우에 반응하면 오류로 인정하였다. 인지반응시간은 이러한 오류를 제외한 정확한 반응을 실시한 횟수에서의 평균시간으로 분석하였다.

3. 자료분석

본 연구의 모든 자료들은 SPSS 17.0 ver. for windows를 사용하여 분석을 실시하였다. 각 군의 일반적 특성에 따른 두 집단의 비교는 독립 t 검정(independent t-test)을 실시하였다. 각 측정 항목들의 시간에 따른 변화 양상의 차이는 반복측정 분산분석(repeated measures ANOVA)을 실시하였다. 통계학적 유의성을 검증하기 위해 유의수준 α 는 0.05로 하였다.

III. 결과

1. 사건관련전위 P300 잠복시

Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4에서 P300 잠복시의 변화를 반복측정 분산분석 한 결과, 시간과 그룹 간에 교호작용에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않아, 시간에 따른 그룹 간 변화 양상이 서로 비슷한 것으로 나타났다(표 2). 주효과 검정은 시간에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < 0.05$).

표 2. 비활성 전극의 위치에 따른 P300 잠복시의 변화

(단위: 초)

		적용 전	적용 후	F ^a		
				시간*그룹	시간	그룹
Fp1	I	0.75±0.26a	0.37±0.19	0.15	33.08*	1.33
	II	0.65±0.30	0.32±0.11			
Fp2	I	0.75±0.26a	0.37±0.19	0.16	32.43*	1.43
	II	0.65±0.32	0.32±0.11			
F3	I	0.75±0.26a	0.38±0.2	0.16	32.43*	1.43
	II	0.65±0.31	0.32±0.11			
F4	I	0.75±0.26a	0.38±0.2	0.08	30.24*	1.82
	II	0.65±0.32	0.32±0.11			

C3	I	0.75±0.26a	0.38±0.21	0.14	24.63*	1.01
	II	0.65±0.34	0.32±0.16			
C4	I	0.75±0.26a	0.37±0.21	0.17	26.62*	1.30
	II	0.65±0.32	0.33±0.14			

^a평균±표준편차

^b반복측정 분산분석

I: 활성 전극을 일차운동결질, 비활성 전극을 어깨세모근에 적용한 군

II: 활성 전극을 일차운동결질, 비활성 전극을 눈확위부에 적용한 군

2. 사건관련전위 P300 진폭

Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4에서 P300 진폭의 변화를 반복측정 분산분석 한 결과, 시간과 그룹 간에 교호작용에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않아, 시간에 따른 그룹 간 변화 양상이 서로 비슷한 것으로 나타났다(표 3). Fp1, Fp2, F3 영역의 주효과 검정은 그룹에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며($p < 0.05$), F4, C3, C4영역의 주효과 검정은 시간과 그룹 모두에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다($p < 0.05$).

표 3. 비활성 전극의 위치에 따른 P300 진폭의 변화

(단위: 초)

		적용 전	적용 후	F ^a		
				시간*그룹	시간	그룹
Fp1	I	15.34±8.23a	11.48±6.19	1.06	1.45	7.49*
	II	22.38±9.23	22.07±12.49			
Fp2	I	15.69±9.63a	12.21±7.45	0.55	1.24	6.13*
	II	22.64±7.54	21.95±14.49			
F3	I	8.4±5.25a	5.69±4.28	2.44	2.05	5.13*
	II	10.87±3.91	10.98±6.62			
F4	I	9.40±5.24a	10.82±3.79	0.00	3.97	1.22
	II	11.62±6.36	12.94±6.13			
C3	I	6.51±3.97a	4.71±4.2	0.03	2.17	2.59
	II	9.3±8.72	7.91±4.27			
C4	I	6.38±3.66a	4.71±4.91	0.00	1.28	2.42
	II	9.72±11.06	8.02±5.5			

^a평균±표준편차

^b반복측정 분산분석

I: 활성 전극을 일차운동결질, 비활성 전극을 어깨세모근에 적용한 군

II: 활성 전극을 일차운동결질, 비활성 전극을 눈확위부에 적용한 군

3. 인지반응시간의 변화

인지반응시간의 변화를 반복측정 분산분석 한 결과, 시간과 그룹 간 교호작용 및 주효과 검정에서 시간과 그룹 모두 통계적인 유의한 차이가 나타나지 않았다(표 4). I 군의 인지반응시간은 적용 전 1.45±0.25초, 적용 후 1.4±0.27초, II 군은 적용 전 1.27±0.39

초, 적용 후 1.19 ± 0.32 초로 시간에 따른 인지반응시간의 변화는 거의 나타나지 않았다.

표 3. 비활성 전극의 위치에 따른 인지반응 시간의 변화

(단위: 초)

	적용 전	적용 후	F ^b		
			시간*그룹	시간	그룹
I	1.45±0.25a	1.4±0.27	0.10	2.78	2.84
II	1.27±0.39	1.19±0.32			

^a평균±표준편차

^b독립 t-검정

I: 활성 전극을 일차운동겉질, 비활성 전극을 어깨세모근에 적용한 군

II: 활성 전극을 일차운동겉질, 비활성 전극을 눈확위부에 적용한 군

IV. 고찰

본 연구는 뇌졸중 환자 28명을 대상으로 양극 경피두개직류자극을 일차운동겉질에 적용 시 비활성 전극의 위치가 인지반응에 미치는 영향을 알아보고자 실시하였다.

인지반응에서 사건관련전위 실험 결과 두 군 모두 비활성 전극의 위치에 관계없이 양쪽 모든 측정 부위에서 P300 잠복시의 감소가 나타났으나 P300 진폭과 인지반응시간은 변화가 거의 나타나지 않았다.

Freni 등¹⁹은 이마앞겉질에 양극 경피두개직류자극 자극 후 허위 그룹에 비해 작업기억이 증진 되었으며, Evers 등²⁰은 정상인 14명을 대상으로 겉질의 흥분성을 조절할 수 있는 반복 경두개자극 자극을 이용하여 왼쪽 이마앞겉질에 20Hz로 자극 후 P300 잠복시가 감소됨을 보고 하였다. 하지만 이 연구들과는 달리 본 연구에서는 이마앞겉질에 적용한 비활성 전극인 음극 자극이 인지반응에 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. 이것은 파킨슨병 환자 18명을 대상으로 한 연구에서 양극 경피두개직류자극을 1mA(0.04mA/cm²)와 2mA(0.08mA/cm²)의 강도로 이마앞겉질, 일차운동겉질 그리고 허위 자극 후 각각의 작업기억의 변화를 알아본 결과 1mA의 강도로 자극한 경우 세 군 모두 변화를 보이지 않았으며, 2mA의 강도로 자극 시 이마앞겉질을 자극한 군에서만 작업기억이 증진된 것으로 보고한 연구²¹로 미루어 볼 때, 비손상측 이마앞영역에 대한 음극 자극이 인지반응에 영향을 미치지 않거나 자극 강도에 따라서 달라질 가능성도 배제할 수 없다고 생각된다.

정상인의 경우 두 개의 운동겉질 사이는 반구간경로(trans-callosal pathway)를 통하여 균형을 이루지만 뇌졸중 환자는 손상 받지 않은 운동겉질에서 반대측 반구에 대한 억제적 부적응이

증가하여 손상측과 비손상측의 대뇌 반구 사이의 억제 불균형이 회복과정에서 방해가 될 수 있다고 보고되고 있다.^{4,22} 또한 뇌졸중 이후 뇌의 신경계는 재조직화 되는 변화를 가지게 되며 운동겉질의 흥분성과 마비측 근육에 대한 겉질대응부위가 감소되는 등 매우 복잡한 패턴을 가지며,^{23,24} 뇌졸중 이후 기능 회복이 적게 일어나는 경우 비손상측 운동영역과 보완운동영역에서 보상적으로 활성이 증가된다고 하였다.² 이는 양측 대뇌 반구 활성 패턴이 기능 향상과 큰 관련이 있음을 뒷받침한다.²² 따라서 본 연구에서 양쪽 이마엽에서 P300 잠복시가 감소된 것은 손상측 운동겉질에 대한 양극 경피두개직류자극이 반구간경로 등의 복잡한 패턴을 거쳐 손상측 뿐만 아니라 비손상측 이마엽과 이마앞엽 부위에도 영향을 미치는 것으로 생각된다. 그러나 본 연구만으로는 각각의 뇌 겉질 영역의 변화에 대한 정확한 기전에 대해 설명을 하기에는 어려움이 있다.

또한 본 연구 결과 P300 잠복시에 비해 진폭은 변화가 나타나지 않았다. Korpelainen 등²⁶은 3~12개월 사이의 뇌졸중 환자와 정상인을 청각 양자극 파라다임을 이용하여 사건관련전위를 비교한 결과 뇌졸중 환자의 P300 잠복시가 증가한 반면 P300 진폭은 차이를 보이지 않았다고 하였다. 그러나 Gummow 등²⁷은 중간대뇌 동맥 손상 환자와 일반인 대상으로 시각 양자극 파라다임을 이용하여 사건관련전위를 알아본 결과, 뇌졸중 환자는 정상인에 비해 P300 잠복시의 차이를 보이지 않았으나 P300 진폭은 감소됨을 보고하였고, P300 진폭의 감소는 왼쪽 대뇌 손상 보다 집중력의 차이를 보여 오른쪽 대뇌 반구 손상 환자에서 더 확연히 나타났다고 주장하였다. 이처럼 연구에 따라 뇌졸중 환자의 P300 진폭은 서로 다른 결과가 보고되고 있지만 아직 그 이유에 대한 명확한 이유는 밝혀진 것이 없다.

또한 인지반응시간에서도 시간의 변화가 거의 나타나지 않았다. Lim²⁸은 정상인을 대상으로 일차운동겉질에 양극 경피두개직류자극 자극 결과 인지반응시간이 감소됨을 보고하면서 이는 일차운동영역의 양극 자극이 복잡하고 어려운 작업뿐 아니라 단순행동반응에도 효과를 미칠 수 있다고 주장하였다. 또한 Dockery 등²⁹은 오른손이 우세측인 24명의 정상인을 대상으로 이마앞영역에 양극 경피두개직류자극 적용 후 반응시간이 증진되는 결과를 보였고, 경피두개직류자극의 적용과 인지 훈련이 이마앞영역의 기능 손상을 가진 환자에게 인지 장애의 치료를 위한 효과적 중재 방법이라고 주장하였다.

Park 등³⁰은 일반인을 대상으로 한 연구에서 일차운동겉질에 경피두개직류자극 과 허위 자극이 시·지각 과제에 대한 연속반응시간에 영향을 주었으나, 두 군간 차이가 없는 결과를 보여 경피두개직

류자극이 연속반응시간에 영향을 미치지 못하는 것으로 보고되는 등 연구에 따라 반응시간에 대한 서로 다른 결과가 보고되고 있다. 따라서 위 선행연구들과 비교 분석할 때 본 연구에서 사건관련전위의 P300 잠복시가 감소되었기 때문에 자극에 대한 정보처리는 빨리 이루어져 인지반응은 빨라졌을 것으로 생각된다. 그러나 인지반응시간에 변화가 거의 없었던 점은, 본 연구에서 행동 반응 시 반응시간의 측정을 위해 키보드의 방향키를 누르는 과제가 본 연구에서 선발된 평균 약 60세 전후 나이대의 뇌졸중 환자들이 수행하기에는 익숙하지 않아 다소 어려운 과제로 판단되며, 인지반응은 빨라졌으나 제시된 키보드 방향의 반대 방향키를 찾아 누르는 과정시간이 지연되어 나타난 결과로 생각된다. 그러므로 비활성 전극의 위치에 따른 인지반응의 차이는 나타나지 않았지만, 운동 결절에 대한 양극 자극은 시각 자극에 대한 인지정보 처리과정에 긍정적인 효과를 줄 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서 얻어진 결과들은 6개월 이상의 뇌졸중 환자를 대상으로 하였고, 경피두개직류자극의 적용은 단일 중재로 실시하였기 때문에 일시적 효과를 보이는 제한점을 가진다. 또한 경피두개직류자극의 적용과 평가 방법에 따라 차이를 보일 수 있어 이 결과들을 확대 해석하기에는 어려움이 있다고 생각된다. 그러므로 향후에는 대상자의 손상 부위, 유병 기간 그리고 대상자 수준에 맞는 인지과제 등을 고려한 다양한 연구와 경피두개직류자극 시 중재 기간, 자극 강도 등과 같은 변수에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

V. 결론

본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 손상측 일차운동결절에 경피두개직류자극 적용 시 어깨세모근과 눈확위부의 비활성 전극 위치에 따라 인지반응에 미치는 영향을 알아보기 위해 실시하였으며, 결론은 다음과 같다.

손상측 일차운동결절에 대한 양극 경피두개직류자극 적용 후 사건관련전위의 P300 잠복시는 양쪽 이마엽, 앞이마엽 그리고 일차운동영역의 뇌 결절 영역에서 비활성 전극의 위치와 관계없이 시간의 감소를 보였으나 P300 진폭과 인지반응시간은 변화가 거의 나타나지 않았다. 그러므로 일차운동결절에 양극 자극은 비활성 전극의 위치와 관계없이 양쪽 뇌 결절의 사건관련전위 P300 잠복시에 영향을 줄 수 있으나 P300 진폭과 인지반응시간에는 영향을 주지 않음을 알 수 있었다. 따라서 시각 자극에 대한 인지정보처리는 빨라졌지만 대상자들에게 과제 난이도가 높은 경우 행동반응시간은 증가하기 때문에 대상자들의 나이나 인지반응 등의 상태에

따라 과제의 난이도 조절이 필요할 것으로 생각된다. 따라서 이러한 자료들은 향후 임상에서 뇌졸중 환자들의 인지반응과 관련한 중재에서 경피두개직류자극 적용 시 비활성 전극의 위치 선택에 대한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

Acknowledgement

이 논문은 황기경의 석사학위 논문 일부를 축약하였음

참고문헌

1. Sharp SA, Brouwer BJ. Isokinetic strength training of the hemiparetic knee: Effects on function and spasticity. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1997;78(11):1231-6.
2. Zinn S, Dudley TK, Bosworth HB et al. The effect of poststroke cognitive impairment on rehabilitation process and functional outcome. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004;85(7):1084-90.
3. Pomeroy V, Aglioti SM, Mark VW et al. Neurological principles and rehabilitation of action disorders rehabilitation interventions. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2011;25(5 suppl):33S-43S.
4. Schlaug G, Renga V, Nair D. Transcranial direct current stimulation in stroke recovery. *Archives of Neurology*. 2008;65(12):1571.
5. Song HS. The effect of transcranial direct current stimulation combined with task-related training on muscle activity and gait ability in chronic stroke. Donshin University. Dissertation of Master's Degree. 2011.
6. Boggio PS, Nunes A, Rigonatti SP et al. Repeated sessions of noninvasive brain dc stimulation is associated with motor function improvement in stroke patients. *Restorative Neurology and Neuroscience*. 2007;25(2):123-9.
7. Antal A, Nitsche MA, Paulus W. Transcranial direct current stimulation and the visual cortex. *Brain Research Bulletin*. 2006;68(6):459-63.

8. Moliadze V, Antal A, Paulus W. Electrode-distance dependent after-effects of transcranial direct and random noise stimulation with extracephalic reference electrodes. *Clinical Neurophysiology*. 2010;121(12):2165-71.
9. Bindman LJ, Lippold O, Redfearn J. The action of brief polarizing currents on the cerebral cortex of the rat (1) during current flow and (2) in the production of long-lasting after-effects. *The Journal of Physiology*. 1964;172(3):369-82.
10. Alvarez JA, Emory E. Executive function and the frontal lobes: A meta-analytic review. *Neuropsychology Review*. 2006;16(1):17-42.
11. Lee SS. Review Study of Clinical Availability for Screening Test (MMSE, GDS, CDR). Hanyang University. Dissertation of Master's Degree. 2007.
12. Kang YJ. Development of virtual reality based cognitive assessment and evaluation of its usefulness in patients with stroke. Yonsei University. Dissertation of Master's Degree. 2003.
13. Van der Hiele K, Vein A, Kramer C et al. Memory activation enhances EEG abnormality in mild cognitive impairment. *Neurobiology of Aging*. 2007;28(1):85-90.
14. Kok A. On the utility of p3 amplitude as a measure of processing capacity. *Psychophysiology*. 2001;38(3):557-77.
15. Hillyard SA, Hink RF, Schwent VL et al. Electrical signs of selective attention in the human brain. *Science*. 1973;182(108):177-80.
16. Niogi S, Mukherjee P, Ghajar J et al. Extent of microstructural white matter injury in postconcussive syndrome correlates with impaired cognitive reaction time: A 3t diffusion tensor imaging study of mild traumatic brain injury. *American Journal of Neuroradiology*. 2008;29(5):967-73.
17. Segalowitz SJ, Barnes KL. The reliability of erp components in the auditory oddball paradigm. *Psychophysiology*. 1993;30(5):451-9.
18. Sutton S, Braren M, Zubin J et al. Evoked-potential correlates of stimulus uncertainty. *Science*. 1965;150(3700):1187-8.
19. Fregni F, Boggio PS, Nitsche M et al. Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. *Experimental Brain Research*. 2005;166(1):23-30.
20. Evers S, Bockermann I, Nyhuis PW. The impact of transcranial magnetic stimulation on cognitive processing: An event-related potential study. *Neuroreport*. 2001;12(13):2915-8.
21. Boggio PS, Ferrucci R, Rigonatti SP et al. Effects of transcranial direct current stimulation on working memory in patients with parkinson's disease. *Journal of the Neurological Sciences*. 2006;249(1):31-8.
22. Schlaug G, Renga V. Transcranial direct current stimulation: A noninvasive tool to facilitate stroke recovery. *Expert Review of Medical Devices*. 2008;5(6):759-68.
23. Cicinelli P, Traversa R, Rossini P. Post-stroke reorganization of brain motor output to the hand: A 2?4 month follow-up with focal magnetic transcranial stimulation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/Electromyography and Motor Control*. 1997;105(6):438-50.
24. Seitz RJ, Hoflich P, Binkofski F et al. Role of the premotor cortex in recovery from middle cerebral artery infarction. *Archives of Neurology*. 1998;55(8):1081.
25. Nair D, Renga V, Hamelin S et al. Improving motor function in chronic stroke patients using simultaneous occupational therapy and tdc. *Stroke*. 2008;39(2):542.
26. Korpelainen J, Kauhanen M, Tolonen U et al. Auditory p300 event related potential in minor ischemic stroke. *Acta Neurologica Scandinavica*. 2000;101(3):202-8.
27. Gummow LJ, Dustman RE, Keaney RP.

- Cerebrovascular accident alters p300 event-related potential characteristics. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. 1986;63(2):128-37.
28. Lim YE. Effect of hand function and cerebral motor area activity by transcranial direct current stimulation (tDCS). Dongshin University. Dissertation of Master's Degree. 2009.
29. Dockery CA, Hueckel-Weng R, Birbaumer N et al. Enhancement of planning ability by transcranial direct current stimulation. *The Journal of Neuroscience*. 2009;29(22):7271-7.
30. Park RJ, Lee MY, Cho IS et al. The effects of transcranial direct current stimulation in motor performance of visuomotor task. *Rehabilitation Research*. 2008;12(3):39-53.