

경두개직류전류자극이 대학생의 집중력에 미치는 영향

오명화¹, 이은상^{2*}

¹동신대학교 작업치료학과, ²광주 수완병원 스포츠 재활센터

Effect of Transcranial Direct Current Stimulation on University Student's Attention

Myung Hwa Oh¹, Eun Sang Lee^{2*}

¹Dept. of Occupation Therapy, Dongshin University

²Division of Sport Rehabilitation Center, Gwang-ju Suwan Hospital

요약 주의 집중력은 워킹메모리에 속하며 경두개직류전류자극은 워킹메모리를 향상시키는데 효과적이다. 본 연구는 경두개직류전류자극(Transcranial Direct Current Stimulation, tDCS)이 대학생들의 주의집중력에 미치는 영향에 대해 알아보기 위해 연구를 진행하였다. 본 연구는 대상자 37명의 대학생(23.08±3.33세)을 대상으로 tDCS그룹과 대조군으로 두 그룹으로 나누어 2018년 9월 3일부터 28일까지 연구를 진행하였다. tDCS그룹은(n₁=19) 2mA로 13분씩 2회 26분간 적용하였으며, 대조군(n₂=18)은 패드를 붙인 후 작동을 시키지 않았고 13분씩 2회 26분간 적용하였다. 연구는 주 3회 총 4주간 총 12회 진행되었다. 주의 집중력을 확인하기 위하여 뇌전도(Electroencephalogram) 검사를 하였으며, 연구결과 tDCS그룹이 주의집중력이 증가할수록 증가하는 SMR파(Sensory motor rhythm, p<0.01, 95% CI: -1.955, -0.459), 중간 베타파(p<0.05; 95% CI: 0.027, 0.943) 그리고 파워 비율(SMR+중간베타파/ 세타파, p<0.01, 95% CI: -1.764, -0.315)에서 유의한 향상을 보였다. 그러나 집중력 하락시 증가하는 세타파는 유의한 감소를 얻지 못했다(p>0.05). 결과값과 같이 tDCS적용시 주의집중력의 유의한 향상을 보였으며 본 연구를 기반으로 발전시켜 주의력 결핍환자들에게 적용에 대한 기초 자료로 사용될 수 있을 것이다.

Abstract This study examined the change in the attention of University students after being given Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS). The participants were divided randomly into two group (tDCS vs. Control). tDCS was applied to 37 university students (23.08±3.33 years). The tDCS group was applied 2 mA, for 13 minutes twice over a 26 minute period (n₁ = 19). The control (n₂ = 18) was not applied after padding and was applied twice for 13 minutes over a 26 minute period. This study was conducted from September 3 to 28, 2018 and three times a week for a total of four weeks. The electroencephalogram was confirmed to affect attention. tDCS showed significant improvement in the results in the sensory motor rhythm wave (p<0.01, 95% CI: -1.955, -0.459), middle beta wave (p<0.05; 95% CI: 0.027, 0.943), and power ratio (p<0.01, 95% CI: -1.764, -0.315). The results showed that tDCS application increased the attention ability significantly. These results can be applied to attention deficit disorder (ADHD) patients and college students.

Keywords : Transcranial Direct Current Stimulation, Electroencephalogram, Attention, University Student, SMR wave

*Corresponding Author : Eunsang Lee(Gwang-ju Suwan Hospital)

email: lespt0430@gmail.com

Received June 11, 2019

Accepted September 6, 2019

Revised July 30, 2019

Published September 30, 2019

1. 서론

외부환경에 대한 불안과 회피 등 부정적 정서 반응은 대학생들의 주의를 흩어 잘못된 학습을 만들어 낸다. 이 때문에 외부 환경에 대한 정서를 안정시켜 주의 집중력 향상을 통하여 학습에 효과를 얻어내는 연구들이 진행되고 있다. 이런 외부환경의 대표적인 스마트폰과 함께 대학생들에게 많은 양의 콘텐츠 유통을 예로 들 수 있다. 그 중 유용한 콘텐츠들도 다소 활용되고 있지만 한편으로는 여러 콘텐츠들이 부정적 요소로 작용하고 있을 뿐 아니라 정신건강을 해롭게 하고 시간과 체력을 소진하게 만든다[1, 2]. 이런 매체들은 뇌의 변화를 가지고 오며 비자발적인 지속적 생화학 기억을 형성하게 되며[2], 이런 영상을 접하게 되면 매체에 대한 기억이 자주 떠오르곤 하여 주의 집중력에 부정적 영향을 미칠 수 있다[1, 2].

주의력, 집중력은 전통적으로 작업 기억에 포함되고, 정신 과정 중 필요 정보를 일시적으로 저장하는 역할을 하며, 목적에 맞는 조작을 하는 제한된 용량을 가진 시스템으로 이루어져 있다[3]. 그렇기 때문에 주의 집중력은 단기간에 과제 완성에 필요한 중요 정보에 주의를 기울이는 능력으로 학습수행에 필수적인 요소이다[4, 5]. 주의 집중력이 높은 경우, 학습 시 중요 정보를 종합적으로 판단하며, 그 정보에 대해 주의 집중을 기울여 중요한 정보를 효과적으로 학습할 수 있게 한다[2]. 반면 주의 집중력이 낮을 경우에 효과적인 대처 능력의 저하와 불필요 정보나 자극을 무분별하게 받아들임으로써 비효율적인 학습을 한다[6].

이런 주의 집중력을 향상시키기 위하여 지속적인 연구가 수행되어 왔으며, 로봇 교육[7], 명상[8], 음악[9], 뉴로 피드백[10] 등 다양한 방법들이 사용되고 있다. 그렇지만 대부분의 방법들은 시간과 비용면에서 많은 투자가 필요하며, 시간과 비용의 효율성을 따졌을 때 쉽게 접근하기 힘들뿐 아니라 그 효율성 또한 의문적이다. 그런 반면에 Fregni 등[11]의 연구에 의하면 주의 집중력에 해당하는 작업기억 향상에 경두개직류전류자극(Transcranial Direct Current Stimulation, tDCS)이 효과적이라고 하였다.

tDCS는 두피에 위치한 두 개의 전극사이에서 발생하게 되는 미세 직류전류를 통하여 뇌의 결질을 활성화 또는 감소시키는 뇌 자극 방법이다[11, 12]. Lippold와 Redfearn[13]의 연구에서 양극으로 자극시 대상자의 각성, 정신과 신체의 고양을 나타낸 반면, 음극으로 자극시 침착함과 무감정의 태도를 보였다. tDCS는 뇌 흥분의 가

역적 변화는 전류의 극성과 함께 강도, 자극 기간 등이 주요 변수로 작용하게 된다[16]. 약 0.5~2.0 mA의 직류 전기 자극을 5~30분간 두피에 적용하여 치료를 진행하게 된다.

tDCS는 다른 중재들과 다르게 간단하고 비 침습적이며, 비용적인 면에 있어서도 효율적으로 사용되고 있다[14, 15].

따라서, 본 연구에서는 선행연구를 참고하여 중재방법을 활용하고 주의 집중력이 작업기억에 속함으로써 tDCS가 주의 집중력에 유의한 효과를 가져올 것이라는 가설을 설정하고 실험을 실시하여 검증해 보고자 한다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

본 연구는 광주광역시 소재 'ㄱ'대학교에 재학 중인 대학생을 대상으로 모집 하였으며, 모집된 37명의 대상자를 두 집단에 남녀 구분하여 Random Allocation Software (version 2.0 for window)를 사용하여 무작위 배정하였다. 연구 대상자는 신경 질환이나 정신질환 병력이 없는 대학생 (23.08±3.33세) 총 37명의 남, 녀 (남:17, 여:20)를 모집하였다. tDCS군에 19명(남:9, 여:10), 대조군에 18명(남: 8, 여:10)으로 배정 되었다. 실험 전 대상자들에게 실험에 대한 충분한 이해와 설명을 하였고, 실험 참여 동의서에 서명 후 연구를 진행 하였다. 제외기준은 선행연구를 참고하여 tDCS 부작용을 초래할 수 있는 과거 뇌 손상 경험이 있는 사람, 시·지각에 문제가 있는 사람, 운동 및 감각 기능에 이상이 있는 자. 머리에 금속 삽입물이 있는 자를 제외하고 37명의 대상자를 선정하였다(Table 1)[17]. 연구의 대상자 표본은 선행연구[17]의 효과크기(Cohen's d: 7.14)를 산출하여 G-power 프로그램을 활용하여 총 대상자 4명의 표본을 산출되었다.

Table 1. General characteristics of the subjects (N=37)

| | tDCS group (n ₁ =19) | Control group (n ₂ =18) | t/X ² (p) |
|----------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------|
| Age(yr) | 22.33(1.94) ^a | 23.18(3.57) | -.0874(0.388) |
| Gender (Male/Female) | 9/10 | 8/10 | 0.032(0.858) |
| Heigh(Cm) | 166.78(10.02) | 165.12(9.00) | 0.515(0.610) |
| Weight(Kg) | 60.60(8.89) | 58.60(12.84) | 0.699(0.490) |

Values are presented as mean (SD)^a. tDCS: Transcranial Direct Current Stimulation.

2.2 연구설계

본 연구는 tDCS가 대학생의 주의 집중력에 미치는 영향을 알아보기 위한 유사 실험 연구(Quasi-experimental studies)로, 두 집단 사전·사후 설계 방법을 사용하였다. 대상자에게 단일 눈가림법을 사용하였으며, 실험에 동의한 37명을 대상으로 실험하였다. 대상자는 tDCS 적용군(19명), 대조군(18명)으로 분류하였다. 2018년 9월 3일부터 9월 28일까지 프로그램을 각 그룹에 총 4주 동안 12회의 중재를 적용하였고 각 그룹의 중재 효과를 비교하기 위해 사전, 사후 모두 뇌파 검사(SMR, Middle beta, Theta, Power ratio)를 실시하였다.

2.3 중재방법

2.3.1 경피두개 직류자극(Transcranial direct current stimulation, tDCS)

tDCS를 사용한 중재는 미국 식품 의약국(FDA) 안정성 승인을 받은 The Brain Driver tDCS v2.1(The Brain Driver Inc., USA)를 사용하였다. 두피에 부착하는 전극은 원형의 5×5 크기의 스펀지 패드를 이용하는 전극을 사용했다. 모든 스펀지 패드는 0.9% 생리식염수에 적신 후에 헤어밴드를 이용하여 대상자에 맞게 고정하였고, 대상자가 편안하다고 생각하는 자세로 누워 시행하였다(Figure 1). 전극 배치와 강도는 선행 연구에 따라 국제 10-20 EEG기록법에 의거하여 좌측 앞이마결절(F₃), 우측 앞이마결절(F₄)에 적용하였다(Figure 1A)[18]. 본 중재가 이루어지는 동안 편안하게 쉬게 하였으며, 자극 강도는 2mA, 자극 시간은 13분씩 2번, 1주일에 3회 총 4주 적용하였다[18].

2.3.2 대조군(Control)

플라세보 효과(Placebo)를 사용한 중재는 The Brain Driver tDCS v2.1(The Brain Driver Inc., USA)를 사용하였고, 두피에 부착하는 전극은 원형의 5×5 크기의 스펀지 패드를 이용하는 전극을 사용했다. 모든 스펀지 패드는 0.9% 생리식염수에 적신 후에 헤어밴드를 이용하여 대상자에 맞게 고정하였고, 대상자가 편안하다고 생각하는 누워있는 자세로 대상자에게 “시작 합니다”라는 내용을 전달 후 장치의 중재는 이루어 지지 않게 실험군과 같이 자극 시간은 13분씩 2번, 1주일에 3회 총 4주 시행하였다.

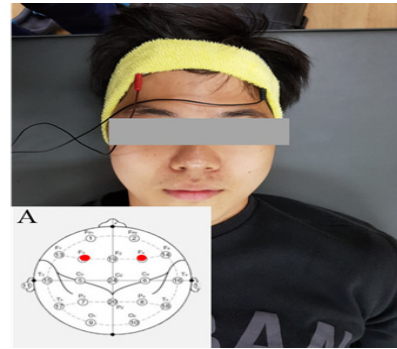


Fig. 1. Application of tDCS and pad attaching area (A) pad attaching area F₃ and F₄

2.4 측정도구

2.4.1 주의 집중력 측정

신뢰도 높은 주의 집중력을 측정하기 위하여 뇌파(Electroencephalo Gram, EEG)를 측정 하였으며, 본 연구는 뇌파를 측정하기 위해 Procomp Infiniti (Thought Technology, Canada) 뉴로피드백 시스템을 이용하였다. 측정단위는 μV 이며, 유효한 뇌파의 주파수 범위는 보통 1~40Hz이다. 뉴로피드백 시스템은 두피에 부착하여 뇌파를 받아들이는 1개의 전극과 2개의 기준전극을 통해 들어온 뇌파의 아날로그 신호를 디지털 신호로 변화시키는 방식이다. 측정 방법은 국제 10-20 system 부착 기준에 따라 전극을 이마엽(Frontal: Fz)에 부착하였고 기준전극은 양 귓불(A₁, A₂) 기준으로 단극 도출법을 사용하였다. 이 방식은 뇌파가 잘 측정되지 않는 귓불에서 측정되는 전류를 기준 전극으로 하여 뇌파를 측정한다. 여러 채널을 하나의 기준전력으로 설정하여 모든 채널의 절대적인 뇌파를 측정할 수 있기 때문에 전체적인 위상 파악이 쉬운 장점이 있어 일반적으로 사용된다[19]. 모든 전극의 저항은 5k Ω 이하로 하였으며 사용된 전극은 금으로 도포된 8mm디스크 형식의 전극이다. 피부와의 접촉저항을 최소화하기 위해 알코올 솜을 이용하여 이마 표면을 닦아낸 뇌파 전용 젤(ElefixZ-401CE, Japan)을 이용해 부착하였다. 편안한 자세에서 측정 전 심리적 안정을 위하여 측정 환경에서 10분간 안정을 취하였다. 뇌파기록의 시작은 잡음(artifacts)의 혼입이 없는 안정된 뇌파가 10초 이상 지속 되었을때 측정을 시작하였다. 측정 환경은 최대한 소음이 없고 습도와 온도를 일정하게 유지시켰으며 20분간 실시하였으며 종료시점에서 질문하여 중간에 졸았거나 외부 환경에 의한 심리적인 변화가 발생하였을 경우 다음날 재 측정하였다[20].

측정 시에는 주변소음과 시야를 차단하기 위해 귀마개와 안대를 착용하였다. 집중상태에서 theta 파(4-8Hz)는 감소하고, Sensory motor rhythm (SMR : 12-15Hz), middle -beta 파(15-22Hz)가 증가하게 된다[21]. 따라서 본 실험에서는 집중력을 검사하기 위해 SMR과 middle-beta파의 비율에 의해 정량화 하였다[21].

$$\text{Power ratio} = \frac{(\text{SMR} + \text{Middle beta wave})}{\text{Theta wave}}$$

2.5 통계 방법

연구의 모든 작업과 통계는 SPSS Ver. 21.0 (SPSS Inc., Chicago, USA)을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였다. 전체 대상자는 동질성 검정과 정규성 검증 방법 중 Kolmogorov-Smirnov test와 교차분석을 이용하였으며(p>0.05), 대상자의 일반적 특성은 기술통계를 사용하였다. 모든 측정 자료들이 정규분포를 보였기 때문에, 모수적 검정법을 이용하여 평균값들의 비교를 실시하였다. 집단 간 차이를 알아보기 위해 독립표본 t검정을 실시하였으며, tDCS와 대조군의 적용 전, 후간의 유의성을 비교하기 위하여 대응표본 t검정을 실시하였다. 자료의 모든 통계학적 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

3. 연구결과

주의 집중력을 알아보기 위해 EEG를 측정하였다. 주의 집중력 연관성 있는 SMR파에서는 tDCS그룹에서 전, 후간 유의한 차이를 보였으며(p<0.01), 그룹간에는 tDCS그룹이 유의한 효과를 보였다 (p<0.01, 95% CI: -1.955, -0.459). middle beta파는 tDCS그룹에서 유의한 전, 후간 유의한 차이를 보였으며 (p<0.05), 그룹간에는 tDCS그룹이 유의한 효과를 보였다 (p<0.05; 95% CI: 0.048, 0.830). 주의 집중력이 상승할수록 감소하는 Theta파는 tDCS그룹과 플라세보 그룹 모두에서 전, 후간 유의한 차이를 보이지 않았으며(p>0.05). 그룹간에도 유의한 효과를 보이지 않았다(p>0.05; 95% CI: -1.647, -1.889). 주의 집중력에 대한 비율을 따지는 Power ratio값은 tDCS그룹이 전, 후간 유의한 차이를 보였으며 (p<0.01), 그룹간에도 tDCS그룹이 유의한 효과를 보였다(p<0.01; 95% CI: -1.76, -0.315)

Table 2. Comparison of the Electroencephalo Gram (N=37)

| Unit(μV) | tDCS group (n ₁ =19) | Control group (n ₂ =18) | t[95% CI] |
|------------------|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| SMR wave | | | |
| Base-line | 4.04(0.79) | 4.30(0.75) | -1.038 |
| Follow-up | 5.09(0.86) | 4.14(0.62) | |
| t(p) | -3.231(0.005) | 0.959(0.351) | |
| Change | -1.04(1.41) | 0.16(0.70) | -3.314 [-1.955~ -0.459]** |
| Middle beta wave | | | |
| Base-line | 5.67(3.44) | 5.64(0.30) | -3.314 |
| Follow-up | 5.27(0.87) | 5.67(0.32) | |
| t(p) | 2.432(0.026) | -0.380(0.709) | |
| Change | 0.40(0.72) | -0.04(0.40) | 2.298 [0.048 ~ 0.830]* |
| Theta wave | | | |
| Base-line | 5.14(1.36) | 5.50(1.59) | -0.753 |
| Follow-up | 5.38(1.30) | 5.01(0.41) | |
| t(p) | -0.781(0.445) | 1.464(0.162) | |
| Change | -0.24(1.33) | 0.49(1.23) | -1.612 [-1.647~ -1.889] |
| Power ratio | | | |
| Base-line | 5.18(0.79) | 5.38(0.72) | -0.785 |
| Follow-up | 6.12(0.75) | 5.28(0.61) | |
| t(p) | -3.055(0.007) | 0.589(0.564) | |
| Change | -0.94(1.34) | 0.100(0.72) | -2.914 [-1.764~ -0.315]** |

Values are presented as mean (SD)^a. tDCS: Transcranial Direct Current Stimulation; SMR: Sensory motor rhythm; Power ratio: SMR+Middle beta wave/ Theta wave; CI: Confidence interval. *p<0.05; **p<0.01.

4. 고찰

최근 두피에 미세전류를 통전시켜 뇌세포들의 흥분에 변화를 유발하는 tDCS가 다양한 뇌 기능을 조절할 수 있다는 연구가 보고되고 있다[2, 6, 13, 14, 16]. 그 중 주의 집중영역에 해당하는 작업 기억에 효과적이라는 연구를 기반으로 본 연구에서는 tDCS가 주의집중력을 향상시킬 수 있다는 가설에 뇌파를 이용하여 가설을 검증하고자 연구를 진행하였다. 그 결과 SMR파와 middle beta파는 대조군에 비해 유의한 증가를 보였지만 Theta 파는 유의한 차이를 보이지 못했다. 주의집중에 따라 theta 파는 감소하고, SMR파와 middle-beta 파가 증가한다는 연구결과를 바탕으로 주의 집중에 유의한 향상이 있었다는 것을 알 수 있었다[21].

Coffman 등[22]의 연구에서 tDCS를 활용한 전류 자

극시 1mA와 2mA에 관계없이 집중력에 유의한 효과를 보였으며($p=0.017$), Lee 등[17]의 연구에서는 일반인 대상으로 주의집중력과 지속적 주의집중력을 검사하였을 때 tDCS적용이 유의한효과를 가지고 왔다($p=0.000$). tDCS에 관련된 뇌파 검사로는 Antal 등[23]의 연구에서는 tDCS적용이 middle beta파의 떨림을 증가시켰다는 연구 결과가 있었다. 본 연구 결과와 같은 연구 결과가 나왔으며, tDCS 적용시 주의 집중력에 해당하는 SMR(12-15Hz)파와 middle beta파(15-22Hz)의 향상으로 주의 집중력이 향상된 것으로 생각 할 수 있다[21]. 다만 주의 집중력이 향상됨에 따라 theta파의 감소가 나타나지 않았다. Theta파는 졸음, 공상, 창조적 영감 및 영상, 각성과 관련되어 있다[24]. 이 결과는 tDCS가 집중력을 높이는 SMR파와 Beta파는 향상시키기 위해 이마 곁질인 F3, F4를 자극 하였다. 그러나 Theta파는 Fp2영역에서 관찰 되기 때문에 Theta파까지 유의한 감소를 보이기 위해서는 이를 통제 할 필요가 있을 것이며 후속 연구에서 다루어질 내용이다.

Boran와 Fedele[25]의 연구에 의하면 해마가 작업기억에 가장 중요한 영향을 미친다고 하였으며, Kim 등[26]은 경도개자극이 해마의 신경 가소성에 있어서 유의한 효과를 증명하였다. 이를 기반으로 봤을 때 경도개 자극은 해마의 가소성을 활성화시켜 작업 기억에 속하는 주의집중력에 유의한 효과를 가져왔을 것으로 생각할 수 있을 것이다. 또한, Coussement[27]등의 연구에 의하면 tDCS를 왼쪽 배측엽에 자극 하였을 때 주의 집중력을 향상시키는데 효과적이라고 하였다. 본 연구의 제한점은 대상자를 일반 대학생으로만 구성하여 다양한 연령대의 대상자를 선정하지 못한점으로 생각되며 추후 연구에서는 다양한 대상자들의 연령층과 다방면의 환자들의 대상으로 이루어질 필요가 있다고 사료된다.

5. 결론

일반 대학생들을 대상으로 tDCS를 적용하였고 주의 집중력의 변화를 알아보려고 하였다. 연구결과 tDCS적용이 주의집중력에 유의한 증가를 보였다.

본 연구를 통해 일반 대학생들의 주의 집중력을 향상시킬 수 있을 것이며, 대학생뿐 아니라 집중력 결핍장애(attention deficit disorder, ADHD) 환자들에게도 적용하여 더욱 발전적인 방향으로 적용하여 연구가능 할 것으로 생각된다.

References

- [1] W. Choung, "A Study on the Current Situation and Legal Countermeasure against Pornography via Cellular Phone and Internet", *Korean Journal of Criminology*, Vol. 22, No. 1, pp.51-74, 2010. DOI: <https://doi.org/0102-2012-320-002399971>
- [2] M. Y. Lee, "Effect of Irritating video on Concentration and Learning", *Korea Entertainment Industry Association*, Vol. 2016, No. 5, pp.157-161, 2016.
- [3] K. Koo, *Effect of Dual Transcranial Direct Current Stimulation on Working Memory*, MSc, Graduate School of Sungkyunkwan University, 2010.
- [4] R. B. Kim, *Effect of Holistic horticultural therapy on the Stress and Attention concentration of Juvenile Delinquents*, Ph. D dissertation, The Graduate School Catholic University of Daegu, 2007.
- [5] M. S. Seo, *The Relationship between Attentiveness and Grades*, Master of Education, Sunchon National University, 2004.
- [6] R. M. Aronson, *Attentional and interpersonal factors as discriminators of elite and non-elite gymnasts*, Ph. D, Boston University, 1983.
- [7] H. W. Nam, J. H. Lee, "The effect of the hands on activity through the robot education on the improvement of concentration of ADHD children", *Journal of Korean practical arts education*, Vol. 27, No. 1, pp.181-199, 2014. DOI: <https://doi.org/G704-000635.2014.27.1.010>
- [8] Y. M. Kim, J. Y. Kim, "The Effects of Meditation Program on Children's Emotional Stability and Attentiveness", *Journal of elementary education studies*, Vol. 14, No. 1, pp.1-25, 2007.
- [9] H. J. Chong, "The effect of Music Cognitive Program on Attention Span of Children with Attention Deficit and Hyperactive Behavior", *The Journal of Yeolin Education*, Vol. 16, No. 3, pp.55-71, 2008. DOI: <https://doi.org/G704-001282.2008.16.3.001>
- [10] A. Bussalib, M. Congedo, Q. Barthelemy, O. David, A. Eric et al., "Clinical and Experimental Factors Influencing the Efficacy of Neurofeedback in ADHD: A Meta-Analysis", *Frontiers in psychiatry*, Vol. 10, No. pp.35, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsy.2019.00035>
- [11] M. A. Nitsche, D. Liebetanz, A. Antal, N. Lang, F. Tergau, W. Paulus, "Modulation of cortical excitability by weak direct current stimulation--technical, safety and functional aspects", *Supplements to Clinical neurophysiology*, Vol. 56, No. pp.255-276, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1567-424X\(09\)70230-2](https://doi.org/10.1016/S1567-424X(09)70230-2)
- [12] M. A. Nitsche, W. Paulus, "Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation", *The Journal of physiology*, Vol. 527 Pt 3, No. pp.633-639, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2000.t01-1-00633.x>
- [13] O. Lippold, J. Redfearn, "Mental changes resulting from the passage of small direct currents through the

- human brain", *The British Journal of Psychiatry*, Vol. 110, No. 469, pp.768-772, 1964.
DOI: <https://doi.org/10.1192/bjp.110.469.768>
- [14] F. Fregni, P. S. Boggio, M. Nitsche, F. Berman, A. Antal et al., "Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory", *Experimental brain research*, Vol. 166, No. 1, pp.23-30, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00221-005-2334-6>
- [15] D. Mannarelli, C. Pauletti, A. Curra, L. Marinelli, A. Corrado et al., "The Cerebellum Modulates Attention Network Functioning: Evidence from a Cerebellar Transcranial Direct Current Stimulation and Attention Network Test Study", *Cerebellum (London, England)*, Vol. No. 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s12311-019-01014-8>
- [16] D. Liebetanz, M. A. Nitsche, F. Tergau, W. Paulus, "Pharmacological approach to the mechanisms of transcranial DC-stimulation-induced after-effects of human motor cortex excitability", *Brain : a journal of neurology*, Vol. 125, No. Pt 10, pp.2238-2247, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.1093/brain/awf238>
- [17] J. H. Lee, S. S. Kim, S. Y. Yuh, J. H. Lee, J. H. Choi, "Effect of Transcranial Direct Current Stimulation on Concentration of Attention", *PNF and Movement*, Vol. 11, No. 2, pp.9-19, 2013.
- [18] M. Fukai, T. Bunai, T. Hiroswawa, M. Kikuchi, S. Ito et al., "Endogenous dopamine release under transcranial direct-current stimulation governs enhanced attention: a study with positron emission tomography", *Translational psychiatry*, Vol. 9, No. 1, pp.115, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1038/s41398-019-0443-4>
- [19] K. Lugger, D. Flotzinger, A. Schlögl, M. Pregenzer, G. Pfurtscheller, "Feature extraction for on-line EEG classification using principal components and linear discriminants", *Medical and Biological Engineering and Computing*, Vol.36, No.3, pp. 309-14, 1998.
DOI: <https://doi.org/10.1007/bf02522476>
- [20] E. S. Lee, EFFICACY OF CERVICAL SENSORY FEEDBACK FOR FORWARD HEAD POSTURE ON HEADACHE SEVERITY AND PHYSIOLOGICAL FACTORS IN PATIENTS WITH TENSION-TYPE HEADACHE, Ph. D, Shamyook university, 2018.
- [21] Lubar JF, "Discourse on the development of EEG diagnostics and biofeedback for attention-deficit/hyperactivity disorders", *Biofeedback and self-regulation*, Vol. 16, No. 3, pp.201-225, 1991.
DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01000016>
- [22] B. A. Coffman, M. C. Trumbo, V. P. Clark, "Enhancement of object detection with transcranial direct current stimulation is associated with increased attention", *BMC neuroscience*, Vol. 13, No. pp.108, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2202-13-108>
- [23] A. Antal, E. T. Varga, T. Z. Kincses, M. A. Nitsche, W. Paulus, "Oscillatory brain activity and transcranial direct current stimulation in humans", *Neuroreport*, Vol. 15, No. 8, pp.1307-1310, 2004.
DOI: <https://doi.org/10.1097/01.wnr.0000127460.08361.84>
- [24] J. D. Green, A. A. Arduini, "Hippocampal electrical activity in arousal", *Journal of neurophysiology*, Vol. 17, No. 6, pp.533-557, 1954.
DOI: <https://doi.org/10.1152/jn.1954.17.6.533>
- [25] E. Boran, T. Fedele, "Persistent hippocampal neural firing and hippocampal-cortical coupling predict verbal working memory load", *Science advances*, Vol. 5, No. 3, pp.eaav3687, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aav3687>
- [26] E. J. Kim, W. R. Kim, Y. K. Lee, E. H. Park, S. K. Park et al., "Effects of rTMS on the hippocampal plasticity in the chronic mild stress model of depression", *Korean Journal of Cognitive and Biological Psychology*, Vol. 18, No. 4, pp.339-353, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aav3687>
- [27] C. Coussement, P. Maurage, J. Billieux, A. Heeren, "Does Change in Attention Control Mediate the Impact of tDCS on Attentional Bias for Threat? Limited Evidence from a Double-blind Sham-controlled Experiment in an Unselected Sample.", *Psychol Belg*, Vol. 15, No. 59, pp.16-32, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.5334/pb.449>

오 명 화(Oh-Myung Hwa)

[정회원]



- 2005년 2월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 (이학박사)
- 1995년 8월 : 우석대학교 교육대학원 특수교육학과 (교육학석사)
- 1993년 3월 ~ 2001년 2월 : 전남대학교병원 재활의학과
- 2001년 3월 ~ 현재 : 동산대학교 교수

<관심분야>

작업치료학

이 은 상(Kil-Dong Hong)

[정회원]



- 2013년 2월 : 광주보건대학교 물리치료학과 (보건학사)
- 2015년 2월 : 삼육대학교 물리치료학과 (이학석사)
- 2018년 8월 : 삼육대학교 물리치료학과 (이학박사)
- 2017년 7월 ~ 현재 : 광주 수안병원 스포츠 재활센터 센터장

<관심분야>

스포츠 물리치료, 근골격계 물리치료