

RESEARCH ARTICLE

Comparison of Brain Activation on the Education Content Types to Prevent Smoking for Smoking Adolescents - fNIRS Study

Hee-Jeong Jeon¹ · Yong-Ju Kwon^{2*}¹SeoulSeongia Elementary School²Korea National University of Education

흡연 청소년의 금연교육 내용 유형에 따른 뇌 활성 비교 - fNIRS 연구

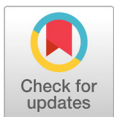
전희정¹ · 권용주^{2*}¹서울성자초등학교 · ²한국교육대학교

*Corresponding Author : kwonyj@knue.ac.kr

ABSTRACT

The annual anti-smoking education in schools is already a smoking cessation education for smoking adolescents. However, studies on the effectiveness of smoking cessation education in relation to the neuroscience characteristics of adolescents who smoke are insignificant. Therefore, the purpose of this study is to compare the differences in brain activity changes according to the types of anti-smoking education content for smoking adolescents. To this end, educational content types on smoking health warning and tobacco industry denormalization (TID) strategy were developed as tasks, and brain activity was measured and analyzed with fNIRS in 18 smoking adolescents. As a result of the study, it was confirmed that overall brain activity including the OFC and DLPFC areas was commonly decreased in the process of watching the smoking health warning educational video and the TID strategy training video. This is related to decreased activity of OFC and DLPFC domains, which are related to the induction of nicotine cravings in smoking adolescents. In addition, in the process of watching the smoking health warning education video and the TID strategy education video, as the comparison result of brain activity control by subtraction after t-verification, the TID strategy educational video showed less decrease in activity in the DLPFC area, that is, a relatively increased activity compared to the smoking health warning education image. The TID strategy educational video suppresses smoking behavior and promotes smoking cessation behavior compared to the health warning education video, because the DLPFC area, which is responsible for cognitive regulation and executive control of nicotine craving, effectively performed cognitive regulation on nicotine craving. This study can provide information on actual brain changes and differences depending on the types of anti-smoking education for smoking adolescents.

Key Words: Smoking adolescents, smoking cessation education, smoking health warning, TID strategy, fNIRS, brain activity



OPEN ACCESS

Brain, Digital, & Learning
2021, Vol. 11, No. 3, 517-530.

<https://doi.org/10.31216/BDL20210033>

Received: September 08, 2021

Revised: September 25, 2021

Accepted: September 25, 2021

© 2021. Institute of Brain based Education,
Korea National University of Education



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

청소년기는 아동기에서 성인기로의 전환기이며 뇌가 급속도로 발달하는 두 번째 시기이다. 청소년기 특히 10대의 뇌에서는 약물중독의 과정에서 뇌 가소성을 유도하여 약물에 대한 갈망을 증가시켜 중독을 유발하게 된다(Jensen & Nutt, 2015). 흡연 또한 니코틴 갈망으로 인해 중독되는데 이는 청소년기에 갈망을 중재하는 중요한 신경계가 취약하기 때문이다(Eaton et al., 2012). 청소년기에는 한 달에 담배 한 개비만 피워도 중독이 될 수 있다(DiFranza et al., 2007). 우리나라는 청소년 건강문제의 심각성을 인지하고 청소년 흡연율을 낮추기 위해 청소년 대상 흡연예방 및 금연사업을 1999년부터 시작으로 2015년에는 전국 학교로 확대되어 학교흡연예방교육사업 지침에 따른 학교흡연예방사업을 운영하고 있다(Korean Ministry of Health and Welfare, 2016). 학교흡연예방사업의 주요 정책인 흡연예방교육은 비흡연 학생과 흡연 학생을 구분하지 않고 실시하고 있다(Korea Health Promotion Institute, 2021). 이는 비흡연 청소년에게는 평생 흡연자로의 진입 자체를 차단하는 것이지만 흡연 청소년에게는 심한 중독으로의 이행을 예방하고 금연에 대한 동기를 부여하여 금연 실천의 행동 변화를 이끌어내는 금연교육으로 작용함으로 이에 대한 효과성 검증이 필요하다.

한편 흡연 청소년의 금연 지원과 관련하여 흡연중재 프로그램의 효과성을 검증한 연구들이 많이 이루어졌다. 학교 기반 금연 프로그램의 효과성에 대한 체계적 문헌고찰 및 메타분석 연구에 의하면 국내 학술지 게재된 분야는 간호학(36.4%), 심리학(13.6%), 보건학(9.1%)의 순으로 학교 기반의 금연 프로그램 연구가 게재되어 있다(Lee, 2017). 하지만 흡연 청소년을 대상으로 금연프로그램이 아닌 정규 교육과정에서 이루어지는 흡연예방교육을 통한 금연교육의 효과성에 대한 연구는 미비할 뿐만 아니라 구체적인 교육내용 유형에 따른 금연의 효과성 연구도 찾아보기 힘들다. 따라서 흡연예방교육 안에서의 흡연 청소년에게 실효성 있는 금연교육이 되도록 금연교육 내용 유형에 따른 효과성의 차이를 실증적으로 규명한 연구가 필요하다. 금연교육내용 유형을 살펴보면 흡연의 건강경고와 담배산업 비정상화(Tobacco industry denormalization, TID) 전략 등이 포함되어 있다.

금연 교육내용 유형의 대표적인 두 가지 중 첫 번째 교육내용인 흡연의 건강경고는 흡연의 폐해 중 신체적 폐해에 대한 교육내용으로 학교 현장에서는 이와 관련된 금연캠페인 광고 영상 및 포스터, 담뱃갑 포장지 건강경고 그림을 교육 자료로 활용하고 있다. 특히 담뱃갑 경고 그림이 청소년 흡연 태도에 미치는 영향을 살펴본 연구에서는 청소년에게 흡연의 위해성과 위험성 인식 및 금연 유도에 담뱃갑 경고그림이 효과적인 것으로 나타났다(Kim & Kwon, 2019). 두 번째 교육내용인 담배산업 비정상화 전략, 즉 TID 전략은 흡연을 비정상적으로 간주하며, 흡연자들에게 담배회사가 흡연의 위험성을 경고하지 않고 미래의 고객으로 청소년을 겨냥한 비윤리적 마케팅(marketing)에 대한 담배 산업 전략의 비윤리적 기만행위를 폭로하는 내용이 포함되어 있다(Blum, 1980, 1994). TID 전략의 효과성 연구 결과 청소년들의 반향적인 성향을 담배산업의 비정상화 전략으로 전환시켜 담배산업에 대해 더 적대적이면서 비판적인 태도를 형성시키기 때문에 청소년들의 흡연에 대한 태도 변화를 유도하여 금연행위에 효과적으로 영향을 미칠 수 있다고 하였다(Farrelly et al., 2002, 2005).

위와 같이 흡연의 건강경고와 TID 전략에 대한 금연의 효과성 검증을 경험적 연구에서 더 나아가 두뇌 변화 차이를 규명하는 교육신경과학적 연구가 이루어진다면 흡연청소년의 금연 행동을 촉진하는 실증적인 결과에 대한 현상과 관련된 원인에 대한 충분한 과학적 설명이 가능할 것이다. (Kwon et al., 2009). 이에 본 연구는 교육신경과학에서 활용되고 있는 기능적 근적외선 분광법(functional Near-Infrared Spectroscopy, fNIRS)을 활용하여 흡연 청소년의 금연교육 내용 유형에 따른 교육 영상을 시청하는 과정에서 두뇌 활성화와 금연 실천

의 행동 변화와의 관련성을 신경과학적 측정방법으로 비교하고자 한다.

Methodology

Participants

흡연 청소년의 금연교육 내용 유형에 따른 교육영상 시청 시 두뇌 활성화 및 차이를 규명하고자 하는 연구 대상자는 서울특별시 성북구 소재 S고등학교와 노원구 소재 S고등학교에 재학 중인 1, 2학년 흡연 남자 고등학생 19명으로 모집하였다. 모집된 연구 대상자들은 각 고등학교에 근무 중인 흡연 학생을 담당하고 있는 생활지도부장교사와 보건교사를 통해 모집하였다. 연구 참여자 표집 과정에서 모집된 연구 대상자들 가운데 주로 사용하는 손에 따른 두뇌 활성화 차이를 통제하기 위해 손우세성 검사(Edinburgh Handedness test, Oldfield, 1971)를 실시한 결과 오른손잡이이면서 신경계 질환 병력이 없는 흡연청소년 18명을 연구 대상으로 선정하였다. 선정된 연구 대상자들에게 사전 흡연 행태에 대한 설문을 실시한 결과 흡연 기간은 최소 6개월 이상에서부터 최대 49개월 이상이며 하루 흡연량은 최소 1개비 이상, 최대 21개비 이상으로 나타났다.

fNIRS Task Design and Experimental Procedure

Task Design

금연교육 내용 유형에 따른 교육영상은 금연교육의 인지적 영역에 해당하는 흡연의 건강경고와 TID 전략에 대한 교육내용의 교육영상을 선택하여 과제를 개발하였다. 흡연의 건강경고는 흡연의 폐해 중 신체적 폐해에 대한 교육내용이며, TID 전략은 흡연을 비정상적으로 간주하며, 흡연자들에게 담배회사가 흡연의 위험성을 경고하지 않고 미래의 고객으로 청소년을 겨냥한 비윤리적 마케팅(marketing)에 대한 담배 산업 전략의 비윤리적 기만행위를 폭로하는 교육내용을 의미한다. 우선 학교 현장에서 사용하는 금연교육 영상을 토대로 금연교육 내용 유형을 분석한 후 뇌기반교육 전문가 2인 및 보건교사 출신인 뇌기반교육 석사 1인, 뇌기반교육 석사 1인과 fNIRS 측정 기술 전문가 1인의 4회의 검토과정을 걸쳐 수정 보완한 후 각각 3편을 선택하여 과제수행을 위한 과제로 개발하였다. 선택한 3편의 교육영상은 내레이션(Narration) 형식으로 내용을 설명하는 금연교육 영상 2편과 금연광고 캠페인 영상 1편이다. 흡연의 건강경고의 첫 번째 과제 교육영상은 흡연으로 인한 질병의 고통(환부)을 나타낸 주제(병변)를 표현한 내용 중 2014년 보건복지부에서 제작한 뇌졸중 편 금연캠페인 광고를 선정하였다. 다음으로 2011년 보건복지부에서 제작한 '고등학생 흡연예방교육 프로그램 담배Bye~건강Hi'의 1편 진실 편 동영상 중에서 '담배의 성분' 교육영상을, '흡연과 건강' 교육영상을 차례로 두 번째, 세 번째 과제로 선정하였다.

TID 전략 첫 번째 과제 교육영상은 흡연의 건강경고 과제 교육영상과 같이 보건복지부에서 제작한 금연광고 캠페인 영상을 찾았으나 국내에서는 담배소송 보도만이 공중에게 담배산업의 비정상성을 전달하는 유일한 통로이며, 담배산업의 비정상적 행위에 대한 책략을 폭로하는 금연캠페인이 없었다(Cho & Kim, 2015)는 선행연구를 고려하여 한국방송공사 추적 60분 프로그램에서 2012년에 제작한 'KT&G를 아십니까' 영상 중 미국 캘리포니아 보건국에서 담배회사의 비윤리성을 알리는 금연광고 캠페인 'Industry Spokesman'(Balbach & Glantz, 1998)을 리메이크(Remake)한 영상을 첫 번째 과제 교육영상으로 선정하였다. 두 번째 과제 교육영상은 '고등학생 흡연예방 표준 금연프로그램(SENSE)' 속 담배첨가물의 비밀 편 교육영상 중 '담배의 유해성

을 외면한 담배회사 내용'의 교육영상을 선정하였고, 세 번째 과제 교육영상은 2011년 보건복지부에서 제작한 '고등학생 흡연예방교육 프로그램 담배Bye~건강Hi'에서 2편 각각 편 교육영상 중 '담배회사의 전략'의 교육영상을 선정하였다.

또한 본 과제 앞에 대조 과제(Control Task) 제시하는 블록 설계(Block Design)를 반영하였다. 본 과제인 활성화 과제 앞에 제시할 대조 과제 6개 영상으로는 변인통제를 위해 활성화 과제와 가장 유사한 EBS 교육방송에서 제작한 한국기행 프로그램에서 3편, 연합뉴스에서 제작한 UHD 다큐 풍경 프로그램 2편, 한국방송공사에서 제작한 특별기획 3부작 중 힐링다큐 나무야, 나무야 1편으로 선정하여 각각 40초로 편집하여 대조 과제 영상으로 선정하였다.

Experimental Procedure

과제 수행 패러다임은 눈을 감은 휴식 자세(Eyes closed resting) 30초, 기저선(Baseline) 30초, 대조 과제(Control Task) 40초, 휴식 20초, 활성화 과제(Active Task) 40초, 휴식 20초 순서로 제시하였다. 본 연구의 목적으로 확인하고자 하는 흡연의 건강경고와 TID 전략 교육영상의 각각 3편의 경우 금연광고 캠페인 형식인 1편을 먼저 제시한 후 내레이션 형식으로 만든 교육영상 2편을 대조 과제 다음에 차례로 제시하였다. 활성화 과제 앞에 대조 과제인 자연다큐 영상을 처음 제시한 후 활성화 과제인 흡연의 건강경고 교육영상을 제시하였고, 다시 자연다큐 영상을 제시 후 TID 전략 교육영상을 제시하는 순서가 한 사이클(Cycle)이 되도록 하였다. 한 사이클의 수행 소요 시간은 4분이었으며 이 사이클을 3번 반복적으로 수행하도록 하였다. 따라서 실제 과제 수행에 필요한 시간을 측정한 결과 최종적인 과제 제시 패러다임 시간은 780초(13분)가 소요되며 과제 수행 패러다임은 Fig. 1과 같다.



Fig. 1. Paradigm for presenting the task of guided

Measurement

흡연 청소년의 금연교육 내용 유형에 따른 두뇌 활성화 비교 연구가 연구가 원활히 진행되도록 측정 환경을 조성하였다. 측정 당일 섭외한 측정 교실에 연구 대상자의 두뇌 활성을 측정할 fNIRS 장치인 OBELAB Inc.의 NIRSIT(OBELAB, SEOUL, Korea)을 설치하였다. 데이터를 수집할 노트북과 과제제시 화면을 보여줄 노트북

을 과제수행 집중에 방해가 될 수 있어서 연구 대상자의 시야 밖에 놓이도록 설치하였다. 연구 대상자의 두뇌 활성화에 영향을 줄 수 있는 요인 즉 교실의 소음상태와 측정 기기의 광검출기가 빛에 영향을 받을 수 있어 채광 및 형광등 위치를 확인하여 적절한 광량이 되도록 측정 장소를 점검하였다(Park et al., 2019). 측정기기인 NIRSIT은 전두엽의 국부적인 혈류역학반응이 측정가능하며, 기기 안쪽에는 대뇌 피질에 780nm와 850nm 파장의 근적외선을 방출하는 24개의 레이저 센서와 돌아오는 빛을 수신이 가능한 32개의 광검출기(Detector) 센서로 구성되어 있으며, 전두엽 대뇌 피질 영역을 48개 채널에서 산화헤모글로빈과 탈산화헤모글로빈의 농도값을 측정하여 두뇌 활성화의 해당 위치를 확인할 수 있다. 또한 NIRSIT의 48개 채널이 두뇌 활성을 보인 대뇌피질의 영역 별 기능과 연결시켜 분석이 가능하다(Kang, 2020).

과제 수행을 위한 측정 환경조성 및 측정 준비가 완료되면 연구 대상자에게 현재까지의 흡연 행태와 관련된 설문과 면담을 한 후 측정할 과제수행에 대한 구체적인 설명이 이루어졌으며, 특히 본 과제인 흡연의 건강 경고 교육영상과 TID 전략 교육영상을 시청할 때는 보고 있는 교육영상이 자신이 금연하는데 얼마나 도움이 되는지에 대한 의식적인 생각을 하도록 요청하였다. 연구 대상자에게 NIRSIT 착용이 완료되면 48개 채널의 수신기를 통해서 전송되는 신호가 각 채널 센서 별로 신호 대 잡음비(Signal-to-noise ratio, SNR)가 30dB 이상인 채널들로 확인되는지의 여부를 점검하는 조정(Calibration)과정을 거쳤다(Park et al., 2019). 조정 과정이 원활하게 완료되면 연구 대상자의 정보를 입력한 후 측정을 시작하였으며 이 때 과제 제시 순서에 따라 각 과제 별 시작 시점과 완료된 시점을 정확하게 표시하는 Marking 과정을 거친 후 측정이 종료되면 측정 데이터가 잘 저장되었는지 확인하는 검토과정을 거쳐 측정된 데이터를 내보내 노트북에 저장하였다. 측정이 종료되면 NIRSIT을 벗게 한 후 과제 수행 시 금연에 얼마나 도움이 되었는지에 대한 생각을 떠올리도록 하여 fNIRS 측정 시 수행했던 활성화 과제 별로 금연의도에 얼마나 영향을 주었는지에 대한 과제 수행 시 하였던 생각을 그대로 진술하도록 독려했다.

Data Analysis

흡연 청소년의 금연교육 내용 유형에 따른 두뇌 활성화와 차이를 규명하기 위해 NIRSIT으로 측정된 결과 데이터를 OBELAB Inc.에서 개발한 NIRSIT Analysis Tool(v2.2)을 이용하여 전처리 과정을 거쳐 분석하였다. 전처리 과정은 fNIRS 측정 시 확보한 원자료의 마커(Marker)로 표시된 지점을 활용하여 분석에 사용하려는 과제 수행 구간에 과제번호(Task Number)를 부여하였고, 잡음 제거를 위해 Low-pass filter(DCT 0.1 Hz)와 High-pass filter(DCT 0.005 Hz)를 통한 Signal Processing 단계를 거쳤다. 두뇌 활성화의 기준 값 설정은 눈을 뜨고 편안하게 안정 상태를 유지하는 구간의 자료를 기저선(Baseline)으로 하였으며, 48개 채널의 수신기를 통해서 전송되는 신호 중 신호 대 잡음비(Signal-to-noise ratio, SNR)가 30 dB 미만인 채널은 분석에서 제외시켰다(Delpy et al., 1988). 전처리 마지막 과정은 혈중 산화헤모글로빈(Oxy-hemoglobin)의 농도 데이터를 milli-mol 단위로 산출 가능한 Modified Beer-Lambert Law(MBLL) 계산 방식으로 Calculate Concentration 과정을 거쳤다.

위와 같은 방법으로 전처리 과정이 완료된 fNIRS 측정 데이터는 같은 과제에서 다중의 블록 데이터 평균을 계산하기 위해 Block averaging을 통한 Block average 분석이 이루어졌다. 48개 채널과 브로드만 영역(Brodman Area)의 Timeseries graph와 Activationmap을 추출하여 두뇌 활성화 변화의 경향성을 도출하기 위해 채널별, 영역별 활성화도 평균 및 구간별 비교하였다(Park et al., 2020). 또한 GLM(일반선형모델)을 활용하여 분석하였는데 이는 예상 가능한 이상적인 신호모델을 설정하여 측정된 신호와의 상관관계를 분석하고 추정하는 방식이다.

그리고 대조과제인 자연다큐 영상과 본 과제인 활성화 과제들과의 수행 과정에서의 측정 결과의 두뇌 활성화 차이뿐만 아니라 본 과제인 흡연의 건강경고의 교육영상 과제와 TID 전략의 교육영상 과제 간의 두뇌 활성화의 차이에 대한 비교를 위해 t-검증을 실시하였으며 이를 통해 얻은 감산(subtraction) 분석결과 유의미한 두뇌 활성을 보인 채널을 도출하였다.

Results

Brain Activation on the Educational Content Types to Prevent Smoking

Brain Activity When Watching Smoking Health Warning Contents

흡연의 건강경고 교육영상 시청 과제 수행에서 나타나는 두뇌활성 Average 결과는 Fig. 2와 같다. 흡연의 건강경고 교육영상 시청 시 전반적인 채널 활성화 결과는 1번 채널, 22번 채널을 제외한 좌우 반구의 OFC와 DLPFC를 포함한 전두엽 영역에서 전반적으로 활성화 감소가 나타났다. 흡연의 건강경고 교육영상 시청 시 두뇌 활성화 감소와 관련하여 흡연의 건강경고 교육영상 시청 구간과 대조과제인 자연다큐 영상 시청 구간의 두뇌 활성화 대조로 t-검증을 통해 얻은 감산 비교 결과, 흡연 건강경고 교육영상을 시청할 때 유의미한 두뇌 활성화는 나타나지 않았다.

이와 반대로 자연다큐 영상을 시청할 때의 활성화에서 흡연의 건강경고 교육영상을 시청할 때를 감산한 결과 다수 채널에서 유의미한 두뇌 활성화의 차이가 나타났다. 흡연의 건강경고 교육영상과 자연다큐 영상의 감산 비교 결과는 Fig. 3과 같다.

HbO, 3cm(Average :0 sec ~40 sec) - Right lateral / Frontal / Left lateral

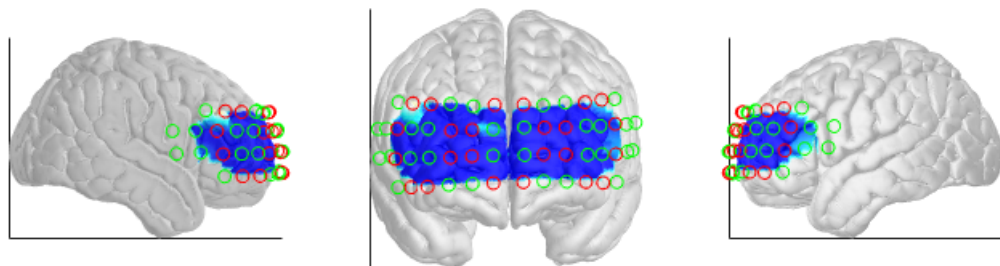


Fig. 2. Average data: brain activation area when watching smoking health warning contents

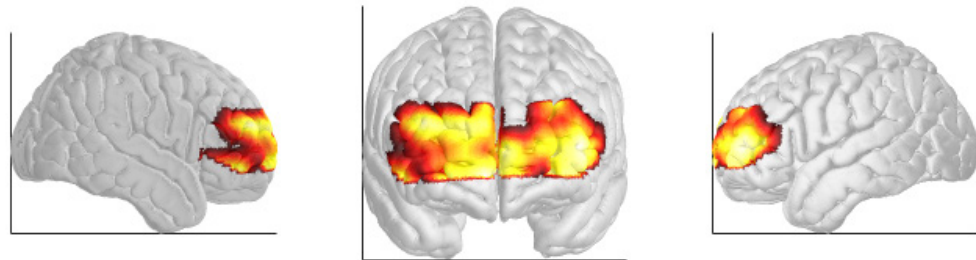


Fig. 3. Decreased brain activation watching smoking health warning contents (smoking health warning < nature documentary, $p < 0.05$)

이 결과를 채널별로 좀 더 구체적으로 분석해보면/ 48개 채널 중 DLPFC (Dorsolateral Prefrontal Cortex) 영역에서는 BA 9, 10, 45, 46, 47번 채널이 통계적으로 유의미한 두뇌 활성을 나타내는 채널은 두뇌활성을 나타내고 있다($p < 0.05$). 또한, VLPFC (Ventrolateral Prefrontal Cortex) 영역에서는 BA 10, 45, 46 채널, FPC (Frontopolar Prefrontal Cortex) 영역에서는 BA 10, 46 채널, OFC (Orbitofrontal Cortex) 영역에서는 BA 10, 11, 47 채널이 통계적으로 유의미한 두뇌활성을 나타내었다. 채널별 상세한 활성 결과는 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Decreased brain activation watching smoking health warning contents(smoking health warning < nature documentary, $p < 0.05$)

Region	BA	Hemisphere	Channel	t	
DLPFC	10, 46	R	6	1.8108*	
	9, 10	R	18	2.106*	
	9, 10	L	33	1.6792*	
	9, 10, 46	L	34	2.2068*	
	10, 46	L	38	1.7292*	
	10, 45, 46, 47	L	43	3.0167*	
VLPFC	10, 45, 46, 47	L	44	2.1451*	
FPC	10, 46	R	7	2.9029*	
			12	1.0327*	
	10	R	8	2.4764*	
			13	1.24*	
			21	2.5655*	
			22	2.3999*	
			25	1.8967*	
			26	1.1266*	
	10	L	27	2.6937*	
			28	1.7256*	
			36	1.1464*	
			41	2.1819*	
	10, 46	L	37	0.9912*	
			42	2.2237*	
	OPC	10, 11, 47	R	14	2.6708*
		10, 11	R	16	2.4911*
			29	2.2441*	
			30	3.0486*	
10, 11		L	31	2.1228*	
			32	1.8793*	
			47	2.5261*	
10, 11, 47		L	48	1.8108*	

(BA: Brodmann Area, DLPFC: Dorsolateral Prefrontal Cortex, VLPFC: Ventrolateral Prefrontal Cortex, FPC: Frontopolar Prefrontal Cortex, OFC: Orbitofrontal Cortex, (* $p < 0.05$)

이 결과에 따르면, 자연다큐 영상을 시청할 때에 비해서 흡연의 건강경고 교육영상을 시청할 때 더 높은 두뇌 활성을 나타내는 전두엽 영역은 없으며, 자연다큐 영상 시청에 비해 두뇌 활성이 낮은 것을 의미한다. 흡연의 건강경고 교육영상 시청 시 전두엽의 전반적인 영역의 활성 감소는 니코틴 중독과 관련된 뇌 보상 시스템의 이상(Martin-Soelch, 2013) 및 OFC에서 DLPFC로 연결된 과잉 활성임을 규명한 선행연구와 일치하는 결과라 할 수 있다. 우선 흡연 청소년을 대상으로 미국 식품의약국(FDA)의 그림 경고 라벨에 대한 신경 반응을 기능적 자기 공명 영상(fMRI)로 확인한 결과, 그림 경고 라벨로 인하여 갈망이 감소된 것과 관련하여 좌측

DLPFC영역의 활성이 감소됨을 규명한 연구결과(Do & Galván, 2015)와 일치한다. 또한 흡연 신호 상태에서 갈망 감소 영역 규명을 위해 반복적 경두개자기자극(repetitive Transcranial Magnetic Stimulation, rTMS)을 사용하여 갈망 유발과 관련이 있는 DLPFC에 자극을 주어졌을 때 흡연에 대한 갈망이 감소된 연구 결과와도 일치한다(Hone-Blanchet et al., 2015). 흡연자에게 경두개자기자극(TMS)과 기능성 자기공명영상(fMRI)을 결합하여 시간변화에 따른 가용성의 변화가 있을 때 갈망을 조절하는 영역이 DLPFC임을 밝히는 연구에서 담배를 즉시 사용할 수 있을 때 나타난 OFC의 갈망 관련 신호가 경두개자기자극으로 인해 DLPFC의 비활성화가 나타나면서 약화된 연구결과와도 일치한다(Hayashi et al., 2013). 따라서 흡연의 건강경고 교육영상을 시청한 결과 흡연 청소년의 뇌 보상 시스템 이상으로 인해 니코틴 갈망으로 과잉활성(Martin-Soelch, 2013)이 되어 있는 OFC와 DLPFC의 활성을 감소시키고 있음을 알 수 있다.

Brain Activity When Watching TID Strategy Contents

TID 전략 교육영상 시청 과제 수행에서 나타나는 두뇌활성 Average 결과는 Fig. 4와 같다. TID 전략 교육영상 시청 시 전반적인 채널 활성의 결과는 5번 채널, 10번 채널, 15번 채널을 제외한 좌우 반구의 OFC와 DLPFC를 포함한 전두엽이 전반적으로 활성 감소가 나타났다. TID 전략 교육영상 두뇌활성 감소와 관련하여 TID 전략 교육영상 시청 구간과 대조과제인 자연다큐 영상 시청구간의 두뇌활성 대조로 t-검증을 통해 얻은 감산하여 비교한 결과, TID 전략 교육영상을 시청할 때 유의미한 두뇌활성은 나타나지 않았다.

이와 반대로 자연다큐 영상을 시청할 때의 활성에서 TID 전략 건강경고 교육영상을 시청할 때를 감산한 결과 다수 채널에서 유의미한 두뇌활성의 차이가 나타났다. TID 전략 교육영상과 자연다큐 영상과 감산 비교 결과는 Fig. 5와 같이 나타났다.

HbO, 3cm(Average :0 sec ~40 sec) - Right lateral / Frontal / Left lateral

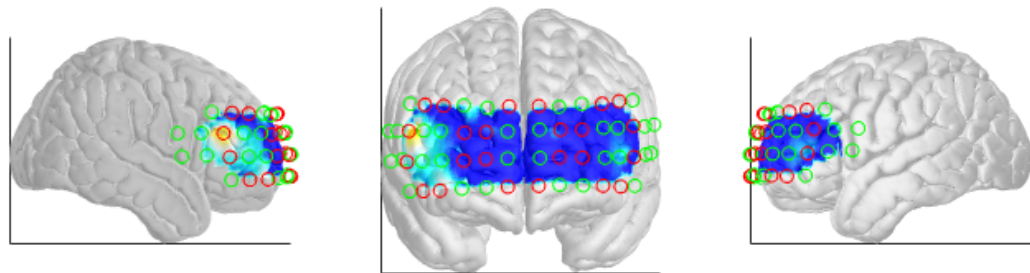


Fig. 4. Average data: brain activation area when watching TID strategy contents

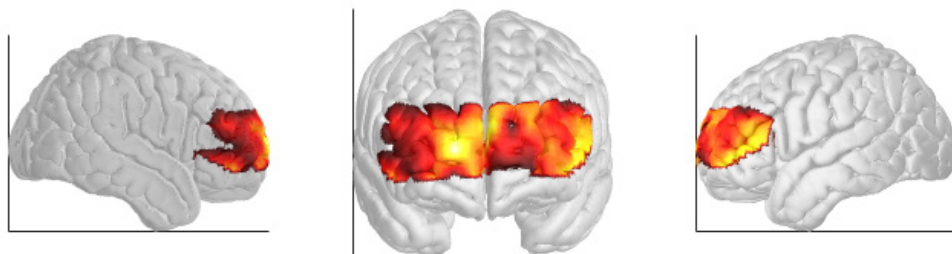


Fig. 5. Decreased brain activation watching the TID strategy contents
(the TID strategy < nature documentary, $p < 0.05$)

이 결과를 채널별로 좀 더 구체적으로 분석해보면, 48개 채널 중 DLPFC 영역에서는 BA 9, 10, 45, 46, 47번 채널이 통계적으로 유의미한 두뇌 활성을 나타내는 채널은 두뇌활성을 나타내고 있다($p < 0.05$). 또한, VLPFC 영역에서는 BA 9, 10, 22, 44, 45, 46, 47 채널, FPC 영역에서는 BA 10, 46 채널, OFC 영역에서는 BA 10, 11, 47 채널이 통계적으로 유의미한 두뇌활성을 나타내었다. 채널별 활성의 상세한 결과는 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Decreased brain activation watching the TID strategy contents(the TID strategy < nature documentary, $p < 0.05$)

Region	BA	Hemisphere	Channel	t
DLPFC	10, 46	R	6	1.857*
	9, 10	R	18	1.6686*
	9, 10	L	19	2.5364*
			20	2.3831*
			33	2.3126*
	9, 10, 46	L	34	2.245*
	10, 46	L	38	1.7995*
	45, 46	L	39	2.3858*
	10, 45, 46, 47	L	43	1.1844*
	9, 44, 45, 46	L	40	2.145*
VLPFC	10, 45, 46, 47		44	2.8755*
	22, 44, 45, 46, 47		45	2.9622*
FPC	10, 46	R	7	1.1165*
			12	1.0236*
	10	R	8	2.3004*
			13	1.2695*
			21	1.9744*
			22	2.7093*
			25	4.5357*
			26	2.3348*
	10	L	23	3.3886*
			27	1.1836*
			28	1.7049*
			36	2.6836*
			41	1.0023*
	10, 46	L	37	1.3888*
			42	2.3034*
OFC	10, 11, 47	R	14	2.7376*
	10, 11	R	16	2.6076*
			30	2.644*
	10, 11	L	47	1.8302*
	10, 11, 47	L	48	3.2369*

(BA: Brodmann Area, DLPFC: Dorsolateral Prefrontal Cortex, VLPFC: Ventrolateral Prefrontal Cortex, FPC: Frontopolar Prefrontal Cortex, OFC: Orbitofrontal Cortex, (* $p < 0.05$)

이 결과는 자연다큐 영상을 시청할 때에 비해서 TID 전략 교육영상을 시청할 때 더 높은 두뇌 활성을 나타내는 전두엽 영역은 없으며, 자연다큐 동영상 시청에 비해 두뇌 활성이 낮은 것을 의미한다. 이렇게 TID 전략 교육영상 시청 시 전두엽의 전반적인 영역의 활성 감소는 흡연 청소년의 뇌과학적 특성인 니코틴 중독으로 인하여 뇌 보상 체계 이상(Martin-Soelch, 2013)과 니코틴에 대한 즐거움과 보상의 이전 경험을 담당하는 OFC와 DLPFC의 활성의 증가(Min & Kim, 2011)로 인한 TID 전략 교육영상을 감소시키고 있음을 알 수 있다. 또

한 DLPFC 영역이 갈망과 관련된 니코틴이라는 물질사용으로 인해 과잉 자극되어 증가된 활성이 나타나기 때문에 DLPFC가 효과적인 갈망 감소를 중재할 수 있는 핵심적인 뇌 구조임을 규명한 연구 결과(Brody, 2006; Goldstein & Volkow, 2002; McBride et al., 2006)를 고려할 때, TID 전략 교육영상이 DLPFC 영역의 활성 감소를 통하여 니코틴에 대한 갈망도 감소시키는 것을 알 수 있다.

Comparison of Brain Activation on Smoking Health Warning and TID Strategy

Comparison Result of Subtraction of TID Strategy in Smoking Health Warning

흡연의 건강경고 교육영상 시청할 때의 활성에서 TID 전략 교육영상을 시청할 때의 두뇌활성 대조로 t-검증을 통해 얻은 감산 비교 결과, 유의미한 차이가 나는 영역이 나타나지 않았다. 이는 TID 전략 교육영상을 시청할 때에 비해서 흡연의 건강경고 교육영상을 시청할 때, 더 높은 활성을 나타내는 영역이 없음을 의미한다.

Comparison Result of Subtraction of Smoking Health Warning in TID Strategy

TID 전략 교육영상을 시청할 때의 활성에서 흡연의 건강경고 교육영상을 시청할 때를 감산(subtraction)한 결과 유의미한 두뇌 활성이 나타났다. 이에 대한 유의미한 두뇌 활성 영역은 Fig. 6과 같고, 48개 채널 중 유의미한 채널은 18번 채널의 right DLPFC 영역의 BA 9, 10이다. ($p < 0.05$).

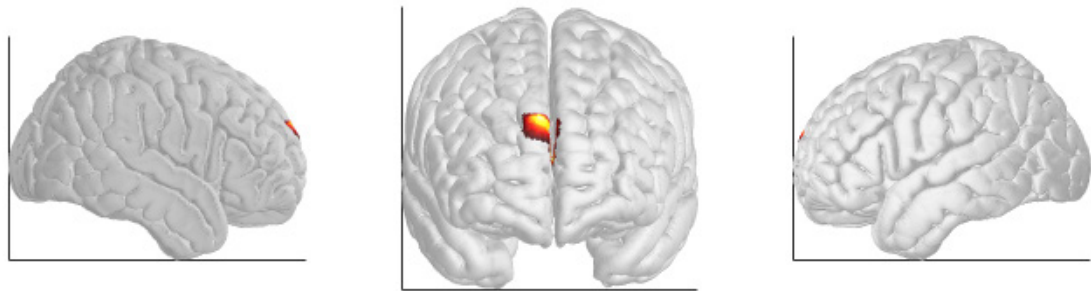


Fig. 6. Difference of brain activation between TID strategy contents and smoking health warning contents watching: TID strategy > smoking health warning

두 유형의 금연교육 영상 시청의 대조결과 TID 전략 교육영상의 시청이 흡연의 건강경고 교육영상을 시청할 때에 비해 DLPFC 영역 및 BA 9, 10에 해당하는 18번 채널에서 유의미한 차이의 활성이 나타났다. 이는 흡연의 건강경고 교육영상을 시청할 때 보다 TID 전략 교육영상을 시청할 때 rDLPFC의 BA 9, 10번의 활성이 더 높다는 것을 의미한다.

두 유형의 금연교육 영상 시청 시의 두뇌 활성은 안정 상태(Baseline)와 자연 다큐 영상 시청에 비해 낮은 것으로 나타났다. 또한 흡연의 건강경고 교육영상을 시청할 때 보다 TID 전략 교육영상을 시청할 때 유의미한 차이가 rDLPFC의 BA 9, 10번 활성이 더 높다는 것은 두 유형의 금연교육 모두 전두엽의 활성을 떨어뜨리나, TID 전략 교육영상이 흡연의 건강경고 교육영상에 비해 상대적으로 rDLPFC의 활성을 적게 떨어뜨리는 것으로 볼 수 있다. 이는 역으로 해석하면 TID 전략 교육영상이 상대적으로 rDLPFC의 활성을 높이는 것을 의미한다. 즉, 흡연 행동을 추구하는 니코틴 중독관련 갈망 상황에서 보면, 두 유형 모두 갈망을 유발하는 DLPFC

를 억제하여 흡연 행동 억제를 유도하는 것으로 볼 수 있다. 그러나 TID 전략 교육영상은 흡연의 건강경고 영상과 비교하여 흡연 충동 및 갈망의 억제가 다소 약할 수 있음을 의미한다.

그러나 TID 전략 교육영상은 니코틴 갈망과 관련된 흡연 욕구에 대해 인지적 조절을 유발하고 있음을 의미한다. 이는 DLPFC가 전두엽-선조체 경로(prefrontal-striatal pathway)인 실행 제어 회로(executive control circuitry)의 역할을 담당하며(Alexander et al., 1986), 니코틴 갈망에 대한 인지적 조절(Martin-Soelch, 2013) 역할과 관련됨을 유추할 수 있다. 따라서 이 결과는 흡연 행동의 인지적 조절과 관련된 선행연구인 담배로 인한 장기적인 건강의 폐해에 대해 생각하면서 의식적으로 금연에 대한 인지적 사고를 할 때 DLPFC 영역의 활성화가 일어난다(Kober et al., 2010)는 결과와 일맥상통한다. 그러므로, TID 전략 교육영상이 흡연의 건강경고 교육영상에 비해 상대적으로 rDLPFC를 더 활성화시키는 이 연구의 결과는 TID 전략 교육영상이 니코틴 중독과 관련된 갈망에 대한 인지적 조절을 통해 흡연 행동을 억제할 수 있는 전략임을 의미한다고 할 수 있다.

Construction of the Brain Network Model with Smoking Cessation Education

흡연 청소년의 뇌 보상 체계 이상의 이상으로 인하여 흡연행동을 추구하는 니코틴 갈망으로 뇌 보상을 추구하는 청소년의 OFC와 DLPFC의 활성화는 과잉 활성화 상태이다(Martin-Soelch, 2013; Stein et al., 1998). 그런데, 이 연구에서 제안한 흡연의 건강경고와 TID 전략 교육영상 모두 이들 흡연행동을 추구하는 전두엽 영역의 활성을 감소시킬 수 있음을 보여주었다. 더 나아가, TID 전략 교육영상의 경우 흡연의 건강경고 교육영상에 비해 상대적으로 DLPFC영역을 유의미하게 더 활성화시켰다. 즉, DLPFC는 전두엽 선조체 경로에서 인지적 조절 및 실행 제어 회로의 역할을 담당하고(Alexander et al., 1986), 니코틴 갈망에 대한 인지적 조절에 관여함(Martin-Soelch, 2013)을 볼 때, TID 전략 교육영상은 니코틴 중독과 관련된 갈망에 대한 인지적 조절을 통해 흡연 행동을 억제함으로써 금연 행동을 촉진할 수 있음을 알 수 있다.

이와 관련한 흡연의 건강경고 교육영상과 TID 전략 교육영상 교육의 두뇌 연결망 모델을 제시하면 Fig. 7과 같다. 이 모델에서 두 금연 전략은 모두 청소년의 흡연 관련 두뇌 보상 체계를 조절해줄 수 있는 rDLPFC 영역을 자극하며, 특히 TID 전략이 더 효과적으로 조절함을 보여주는 두뇌 연결망 모델이다.

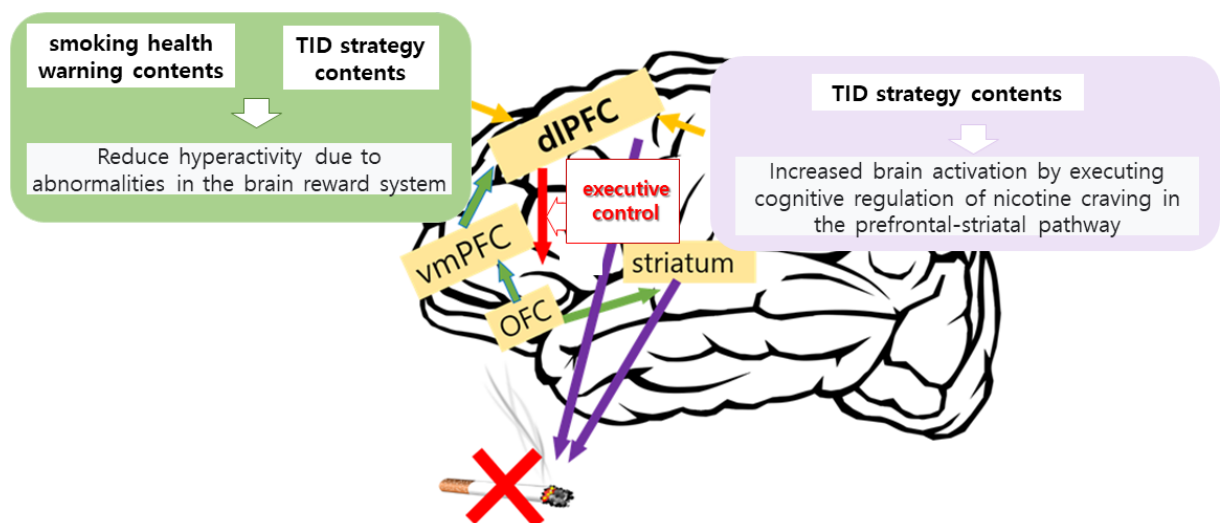


Fig. 7. Brain network model of watching smoking health warning and TID strategy contents

Conclusions and Educational Implications

이 연구에서는 흡연의 건강경고 교육영상을 시청할 때와 TID 전략 교육영상을 시청할 때의 두뇌 활성화에 대한 신경과학적 차이를 분석하여 다음과 같은 결론을 도출하였다. 첫째, 흡연 청소년의 금연교육 내용 유형별 교육영상인 흡연의 건강경고 교육영상과 TID 전략 교육영상을 시청하는 과정에서 공통적으로 OFC와 DLPFC를 포함한 전두엽의 전반적인 활성화 감소가 나타났다. 이는 흡연의 건강경고 교육영상 및 TID 전략 교육영상 시청이 흡연 청소년의 니코틴 중독의 뇌 보상 체계 이상으로 과잉활성화 되어 있는 OFC와 DLPFC의 활성을 감소시킴으로써 흡연 행동을 추구하는 니코틴 갈망이 감소된 것으로 볼 수 있다. 이는 흡연 욕구를 줄여 흡연 행동을 억제하는데 과학적이고 실증적인 교육적 효과가 있음을 시사한다. 둘째, 흡연청소년의 금연교육 내용 유형별 교육영상인 흡연의 건강경고 교육영상과 TID 전략 교육영상을 시청하는 과정에서 두뇌 활성을 비교한 결과 유의미한 차이가 나타났다. TID 전략 교육영상이 흡연의 건강경고 교육영상에 비해 DLPFC에서 유의미한 차이가 파악되었다. 이는 TID 전략 교육영상이 흡연의 건강경고 교육영상에 비해 흡연행동을 추구하는 니코틴 갈망에 대한 인지적 조절 및 실행 제어 영역인 DLPFC의 활성화를 증가시켜 니코틴에 대한 갈망을 인지적으로 조절하여 흡연 행동을 억제하고 금연 행동을 촉진시키는 것으로 볼 수 있다. 이는 금연교육 내용 유형 중 흡연 청소년에게 더 효과적인 금연교육 내용 유형을 신경과학적으로 파악하여 교육에 적용할 수 있으며, 이로 인하여 흡연 청소년 금연교육의 실효성의 성과를 이루는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

이상의 결론을 토대로 한 교육적 함의는 다음과 같이 제시하고자 한다. 첫째, TID 전략의 교육내용에 대한 효과성을 신경과학적으로 제시하였다. TID 전략의 효과에 대하여 신경과학적으로 접근한 국외 연구들은 활발하지만 국내에서의 학교 기반 금연교육의 TID 전략의 교육 내용에 대한 신경과학적 접근으로 효과성을 규명한 연구는 찾아보기 어렵다. 따라서 TID 전략에 대한 차후 연구자들에게 구체적인 실제 두뇌 변화에 대한 정보를 제시함으로써 TID 전략과 관련된 더욱 세밀한 연구와 효과적인 금연교육을 학교 현장에 적용할 수 있을 것이다. 둘째, 금연교육 내용 유형에 따른 각각의 두뇌 변화의 차이와 효과성을 신경과학적 연구방법으로 비교제시 하였다. 이는 본 연구 이외의 다른 금연교육 내용 유형들도 fNIRS를 활용한 신경과학적 효과성에 대한 추후 연구를 촉진할 수 있으며, 연구 결과를 학교 금연교육에 적용한다면 흡연 청소년의 금연 성공에 실질적인 도움을 줄 수 있을 것이다.

한편 이 연구에서 교육영상 이외의 교육매체들과의 비교 연구로 확장시켜 그 결과와의 차이에 대한 비교와 효과성에 대한 기술이 필요하다. 특히 통제 과제로 한 영상들은 연구 목적과 방법에 부합하도록 기존의 제작된 영상을 선정한 후 유사한 과제로 변인을 통제함에 따라 일부 남아있는 요소들이 변인으로 작용하여 결과에 영향을 줄 수도 있기 때문에 단정적인 해석에는 제한점이 있을 수 있다.

References

- Alexander, G. E., DeLong, M. R., & Strick, P. L. (1986). Parallel organization of functionally segregated circuits linking basal ganglia and cortex. *Annual Review of Neuroscience*, 9, 357-381.
- Balbach, E. D. & Glantz, S. A. (1998). Tobacco control advocates must demand high-quality media campaigns: The california experience. *Tobacco Control*, 7, 397-408.

- Blum, A. (1980). Medicine vs madison avenue. Fighting smoke with smoke. *The Journal of the American Medical Association*, 243, 739-740.
- Blum, A. (1994). Paid counter-advertising: Proven strategy to combat tobacco use and promotion. *American Journal of Preventive Medicine*, 10, 8-10.
- Brody, A. L. (2006). Functional brain imaging of tobacco use and dependence. In *Journal of Psychiatric Research*, 40, 404-418.
- Cho, I. S. & Kim, D. Y. (2015). Coverage of Korean newspapers on tobacco lawsuits: Denormalization, favorability, and foreign examples. *Journal of Speech, Media and Communication Research*, 28, 114-153.
- Delpy, D. T., Cope, M., van der Zee, P., Arridge, S., Wray, S., & Wyatt, J. S. (1988). Estimation of optical pathlength through tissue from direct time of flight measurement. *Physics in Medicine & Biology*, 33, 1433-1442.
- DiFranza, J. R., Savageau, J. A., Fletcher, K., O'Loughlin, J., Lori, P., Ockene, J. K., ... Robert, J. W. (2007). Symptoms of tobacco dependence after brief intermittent use: The development and assessment of nicotine dependence in youth-2 study. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 161, 704-710.
- Do, K. T. & Galván. (2015). FDA cigarette warning labels lower craving and elicit frontoinsula activation in adolescent smokers. *Social cognitive and affective neuroscience*, 10, 1484-1496.
- Eaton, D. K., Kann, L., Kinchen, S., Shanklin, S., Flint, K. H., Hawkins, J., ... Centers for Disease Control and Prevention. (2011). Youth risk behavior surveillance - United States, 2011. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 61, 1-168.
- Farrelly, M. C., Davis, K. C. Messeri, P., Haviland, M. L., Messeri, P., & Healton, C. G., (2005). Evidence of a dose-response relationship between "truth" antismoking ads and youth smoking prevalence. *American Journal of Public Health*, 95, 425-431.
- Farrelly, M. C., Davis, K. C. Messeri, P., Haviland, M. L., Messeri, P., & Healton, C. G., (2005). Evidence of a dose-response relationship between "truth" antismoking ads and youth smoking prevalence. *American Journal of Public Health*, 95, 425-431.
- Goldstein, R. Z. & Volkow, N. D. (2002). Drug addiction and its underlying neurobiological basis: Neuroimaging evidence for the involvement of the frontal cortex. *American Journal of Psychiatry*, 159, 1642-1652.
- Hayashi, T., Ko, J. H., Strafella, A. P., & Dagher, A. (2013). Dorsolateral prefrontal and orbitofrontal cortex interactions during self-control of cigarette craving. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110, 4422-4427.
- Hone-Blanchet, A., Ciraulo, D. A., Pascual-Leone, A., & Fecteau, S. (2015). Noninvasive brain stimulation to suppress craving in substance use disorders: Review of human evidence and methodological considerations for future work. In *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 59, 184-200.
- Jensen, F. E. & Nutt, A. E. (2015). *The Teenage Brain A Neuroscientist's Survival Guide to Raising Adolescents and Young Adults*. New York: HarperCollins Publishers Adults Co.
- Kang, M. J. (2020). Brain activation with fNIRS in Children's transformational geometry problem solving: Using tangram. *Brain, Digital, & Learning*, 10, 485-497.
- Kim, B. L. & Kwon, Y. J. (2019). The effect of cigarette warning picture on youth smoking behavior. *Korean Public Management Review*, 33, 129-153.
- Kober, H., Mende-Siedlecki, P., Kross, E. F., Weber, J., Mischel, W., Hart, C. L., & Ochsner, K. N. (2010). Prefrontal-striatal pathway underlies cognitive regulation of craving. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107, 14811-14816.
- Korea Health Promotion Institute. (2021). *Guidelines for School Smoking Prevention Projects for 2021*.

Sejong.

- Korea Ministry of Health and Welfare (2016). Guidelines for School Smoking Prevention Program. Sejong.
- Kwon, Y. J., Lee, J., Shin, D., & Jeong, J. (2009). Changes in brain activation induced by the training of hypothesis generation skills: An fMRI Study. *Brain & Cognition*, 69, 391-397.
- Lee, H. J. (2017). Effectiveness of School-based Smoking Prevention and Cessation Programs : Systematic Review and Meta-analysis(Unpublished Doctoral Dissertation). Ewha Womans University, Seoul, Republic of Korea.
- Martin-Soelch, C. (2013). Neuroadaptive changes associated with smoking: structural and functional neural changes in nicotine dependence. *Brain Sciences*, 3, 159-176.
- McBride, D., Barrett, S. P., Kelly, J. T., Aw, A., & Dagher, A. (2006). Effects of expectancy and abstinence on the neural response to smoking cues in cigarette smokers: An fMRI study. *Neuropsychopharmacology*, 31, 2728-2738.
- Min, J. A. & Kim, D. J. (2011). Neurobiology of addiction based on neuroimaging evidence. *Korean Journal of Biological Psychiatry*, 18, 61-71.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
- Park, S. H., Park, J. S., Hwang, N. R., Kwon, S. H., & Kwon, Y. J. (2019). An exploration of the brain study through a practical measurment and application using fNIRS in educational research. *Brain, Digital, & Learning*, 9, 213-231.
- Park, S. H., Park, J. S., Hwang, N. R., Kwon S. H., & Kwon, Y. J. (2020). The effect of realistic contents(ar, vr) on the brains of middle school students - Using f-NIRS study. *Brain, Digital, & Learning*, 10, 157-166.
- Stein, E. A., Pankiewicz, J., Harsch, H. H., Cho, J. K., Fuller, S. A., Hoffmann, R. G., Hawkins, M., Rao, S. M., Bandettii, P. A., & Bloom, A.S. (1998). Nicotine-induced limbic cortical activation in the human brain: A functional MRI study. *American Journal of Psychiatry*, 155, 1009-1015.

Authors Information

Jeon, Hee-Jeong: SeoulSeongja Elementary School, Teacher, First Author

Kwon, Yong-Ju: Korea National University of Education, Professor, Corresponding Author