

RESEARCH ARTICLE

Analysis of Korean Children's Developmental Pattern on the Social Brain Related to Mentalization Ability: An fNIRS Study

Seung-Hyuk Kwon¹ · Jin-Sun Park² · Yong-Ju Kwon^{2*}

¹Gongju National University of Education

²Korea National University of Education

아동의 마음읽기 능력에 관련된 사회적 두뇌 발달 경향의 분석: fNIRS 연구

권승혁¹ · 박진선² · 권용주^{2*}

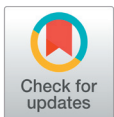
¹공주교육대학교 · ²한국교육대학교

*Corresponding Author: kwonjy@knue.ac.kr

ABSTRACT

This study investigated the Korean children's developmental pattern of the social brain related to mentalization ability. For this study, a mentalization task and the prefrontal brain activity measurement using functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) were administered to a total of 163 subjects in kindergarten, elementary school, and middle school. As the result, there was a significant difference in the mentalization ability score among preschoolers, lower elementary students, upper elementary students, and middle school students. However, there was no significant difference between the upper elementary and middle school students in the mentalization ability score. As a result of correlation analysis between the mentalization performance and brain activity, it was shown a significant correlation in the right hemisphere orbitofrontal cortex (OFC) and the left hemisphere dorsal lateral prefrontal cortex (DLPFC). Specifically, the correlation was analyzed as a positive correlation with the OFC and a negative correlation with the DLPFC. These results provide quantitative analysis information by taking a cross-sectional approach to the children's developmental pattern on the social brain and mentalization ability in kindergarten, lower elementary, upper elementary, and middle school students. This study might be provide an alternative educational implication to children's development on social brain and mentalization.

Key words: Social brain, mentalization, brain development, children, fNIRS, OFC, DLPFC



OPEN ACCESS

Brain, Digital, & Learning
2021, Vol. 11, No. 4, 703-712.

<https://doi.org/10.31216/BDL20210045>

Received: December 25, 2021

Revised: December 29, 2021

Accepted: December 29, 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

인간은 태어나고 자라면서 자신이 속한 사회의 지식을 학습함으로써 사회적 존재로 변화되어 가는 사회화를 거친다. 사회가 가진 과학, 기술, 문화, 역사, 생활양식을 학습하고 이를 자신의 인성으로 내면화 시키는 과정을 사회화라 한다(Kim, 2004). 사회화를 통해 길러지는 인간의 능력 중 사회성은 사회에서의 활동을 원만하게 유지하며 동정, 친애, 협동 등의 사회적 상호작용을 함양하여 대인관계 및 대집단관계를 형성하고 발전시키는 기능을 뜻한다(Kim, 1983).

사회성은 그 범위가 넓어, 관점과 대상 등에 따라 다양한 하위 범주의 사회성 관련 개념들이 존재한다. 그 중 마음읽기(mentalization)는 ‘정신화’라고도 하며 사회성을 대표하는 능력 중 하나이다. Bateman & Fonagy (2006)에 따르면, 마음읽기는 ‘인간의 행동을 의도적인 정신 상태로 해석하고 인식하게 하는 정신 활동’으로 정의하고 있다. 또한 Allen et al. (2008)은 자신과 타인의 행동을 이해하는 능력으로 정의하고 있다.

Fonagy (2015)와 Swan & Riley (2015)에 따르면, 마음읽기는 애착 관계, 특히 상호 조절적 학습을 통해 형성된 인식론적 신뢰의 바탕 위에서 정신적 동등 모드(psychic equivalence mode), 가장 모드(pretend mode), 목적론적 모드(teleological mode)라는 외부 현실과 내부 현실에 대한 탐색의 과정에 의해 진행된다. 정신적 동등 모드는 자신의 내적 세계와 외적 세계를 동일한 것으로 여기는 것을 뜻하며, 차이를 인식할 경우 공격성을 보인다. 가장 모드는 유사 정신화라고 하며, 내적 세계와 부 현실을 완전히 분리하는 것을 말하며 현실 수용이 어려운 상황에서는 가상의 환상을 구축하는 성향이 있다. 목적론적 모드는 자신과 타인이 각각의 목표가 있으며 행동은 목적 달성을 위한 표현으로 본다.

이렇듯 마음읽기는 자신과 타인의 적절한 동일시와 구별, 목적의 이해와 목적과 행동의 적합성의 판단이 이루어지는 사회성 발현의 주요한 능력이다. 그러나 마음읽기는 자연적으로 발달하는 것이 아니다. 특히 앞서 언급한 각 모드의 발달은 시간적 선후가 없으며, 정신화 붕괴 시 퇴행하거나 전환되는 것으로 알려져 있다. 또한, 각 모드의 지체, 고착, 환경적 방해, 정서적 환경에 대한 유전적 민감성, 보호자와의 적합성 등에 의해 발달이 결정된다(Fonagy, 2015). 따라서 적절한 마음읽기의 발달은 사회성 형성에 아주 중요하다 할 수 있다.

이렇듯 마음읽기 및 그 발달의 중요성은 매우 크다고 할 수 있으나 현재 마음읽기의 발달에 대해 체계적으로 분석한 연구는 찾아보기 어렵다. 마음읽기는 그 개념과 특징, 차원에 대한 연구들에 치중하고 있다(Fonagy, 2015; Swan & Riley, 2015). 이러한 현재의 학술적 제한은 마음읽기의 세밀한 발달과 그에 맞는 적절한 교육이 불가능한 상황이며, 만약 체계적인 발달 규명이 가능하다면 이를 통해 유아, 아동, 청소년의 마음읽기 발달을 위한 진단과 처치가 이루어 질 수 있고, 이를 통해 사회성 발달에 기여할 수 있을 것이다.

한편, 마음읽기 발달의 체계적 연구를 위해서는 언어로 표현하기 힘든 인지 활동의 관찰이 필요하다. 이를 위해서 최근 신경과학을 마음읽기에 이용하는 연구가 이루어지고 있다. 마음읽기는 기본적으로는 애착과 관련된 도파민 체계의 활성화에 바탕으로 두는 것으로 밝혀졌으며(Fonagy et al., 2011), 마음읽기의 유발 활동 시의 두뇌 활성화 연구를 통해 그 핵심영역으로 안와전두피질(Orbitofrontal Cortex, OFC), 내측전전두피질(medial Prefrontal Cortex, mPFC), 전대상피질(Anterior Cingulate Cortex, ACC), 상측두회, 측두극, 측두두정접합부 등이 보고되고 있다(Brunett & Blakemore, 2009; Samson et al., 2004; Stuss et al., 2001). 이러한 연구들을 통해 마음읽기에서 강화(reinforcement)의 역할, 행동의 언어와 행동적 의미의 파악, 의도 파악, 감정적 작용과 같이 언어와 신체 행동으로 드러나지 않은 마음읽기의 특징들이 밝혀지고 있다. 따라서 신경과학의 방법을 차용한 접근은 매우 효과적으로 보이지만, 이러한 연구들에서도 발달에 대한 연구는 이루어지고 있지 않다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 유치원생, 초등학생, 중학생의 넓은 범위의 아동을 대상으로 마음읽기 과정에서의 행동과 두뇌 활성을 분석하여, 마음읽기 측면에서의 사회적인 두뇌 발달을 규명하고자 한다. 이를 위해 다음의 두 가지 연구문제를 설정하였다.

첫째, 아동의 학교급별 마음읽기 능력은 어떠한가?

둘째, 아동의 마음읽기 능력의 발달과 관련이 높은 두뇌 영역은 어디인가?

이를 위해 행동 및 두뇌 활성 검사가 가능한 유아부터 사회성에 대한 발달이 급격해지는 중학생까지의 피험자를 대상으로 선정하였다. 또한 다양한 연령대의 피험자들의 두뇌 활성을 동일하게 측정하기 위하여 유아부터 편안하게 착용이 가능한 전두엽 활성 측정이 가능한 기능적 근적외분광법(functional Near-infrared Spectroscopy)을 활용하였다(Kang, 2021; Kwon et al., 2020; Park et al., 2019).

Methods

본 연구는 타인의 마음을 읽는 과정에서의 두뇌 활성 측정 및 분석을 위해 과제와 측정 패러다임을 설계한 후 전문가와의 세미나 및 예비실험을 거쳐 수정, 보완하였다. 이후 연구 대상자로부터 조망과제를 수행할 때의 두뇌 활성 데이터를 수집 및 전처리 과정을 거쳐 NIRS-SPM 프로그램을 활용하여 집단별로 결과를 통계적으로 분석하였다.

Participants

연구 대상자로는 학부모의 승인을 거쳐 연구에 동의하고 자발적으로 참여한 D 지역과 C 지역의 미성년자들로 만 4~6세 유아집단으로 유치원생 32명(5.23 ± 1.05), 아동 집단으로 초등학교 1~3학년 학생 71명(8.47 ± 1.29), 초등학교 4~6학년 학생 24명(11.57 ± 1.34), 청소년 집단으로 중학생 36명(14.24 ± 1.15) 총 163명으로 구성되었다. fNIRS 기기를 연구 대상자의 이마에 부착한 후 두뇌 활성을 측정하는 방식의 연구이기에 한국교원대학교 생명윤리 위원회의 승인을 거쳐 진행하였으며 변수를 최소화하고 측정된 두뇌 활성 결과의 신뢰도를 높이고자 연구 대상자 표집과정에서 주로 오른손을 사용하고 심혈관이나 뇌신경 관련 질환이 없는 건강한 학생들만 연구에 참여하도록 하였다.

Task Design

상대방의 부탁을 받고 특정 물체를 가리키고 이동시키는 마음읽기 과제의 형태는 다음과 같다. 8개의 서로 다른 물체를 포함하는 4×4의 선반 세트에서 지시자가 있는 조건에서는 선반 반대편에서 선반들을 보는 지시자의 시야 기준으로 다섯 개의 공간이 가려져 있다. 이때 연구 대상자는 8개의 물체 중 하나를 특정 방향으로 이동시킬 수 있도록 부탁을 들어달라는 요청을 받고 지시자가 언급하고 있다고 생각되는 물체를 클릭하고 그것을 선반 위의 적절한 공간으로 끌어다 놓게 된다(Dumontheil et al., 2010).

타인의 마음을 읽는 과정에서의 두뇌 활성을 측정하기 위해 마음읽기 과제를 선정한 이후 예비실험과 세미나를 거쳐 개선된 과제는 다음과 같다. 첫째, 기존의 방식은 모니터 화면에 상대방의 부탁을 받은 문제가 제시되면 특정 물체를 가리키고 이동시키는 형태로 연구 대상자가 지시자의 마음을 읽는 것과 더불어 물체의 위치를 파악하고 요구된 물체와 유사한 물체들을 비교하며 물체의 이동과 관련된 사고가 계속 요구되면

서 과제 진행 중에 타인의 마음을 읽는 것과 관련된 활동 이외의 두뇌 활성이 나타날 가능성이 있다. 따라서 물체의 이동이 아닌 선택으로 지시자가 요구할 수 있도록 Fig. 1과 같이 구성하여 음성과 지문을 동시에 제시하였다.

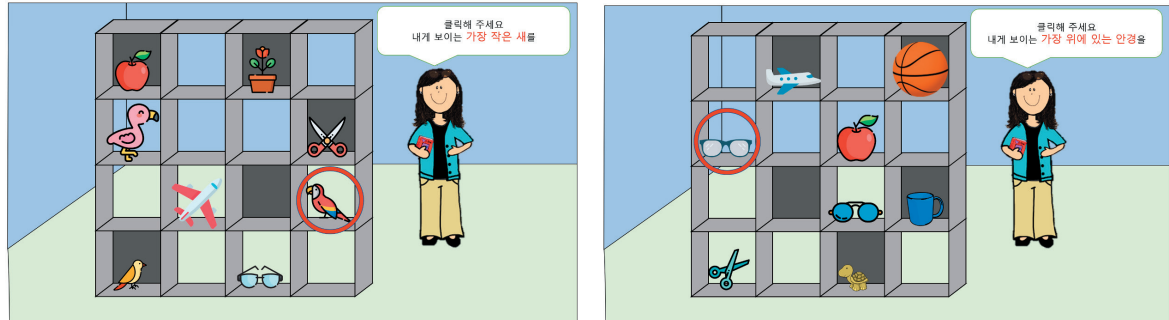


Fig. 1. Concept of director's task

둘째, 과제 제시 패러다임은 과제 및 유의사항에 대한 안내, 휴식, 문제 제시, 응답 순으로 구성하였다. 눈 감고 1분 휴식, 눈 뜨고 1분 휴식 과정을 거치면서 수집된 두뇌 활성 데이터는 과제를 수행하는 구간의 대조군으로 활용하였다. 과제 신뢰도를 높이기 위해 4개의 문제를 반복적으로 제시하였고 응답을 위해 6초의 제한 시간을 주되 물체를 선택하면 바로 다음 문제로 넘어갈 수 있도록 하였다. 문제 제시로부터 응답이 이루어지는 전체 과정에서 마커가 설정된 기존의 연구에서 문제 제시 후 추가된 마커로 문제와 응답 간의 구간을 나누어 두뇌 활성을 분석할 수 있도록 과제를 개선하여 구성하였다. 연구에 활용한 과제 패러다임은 Fig. 2와 같다.



Fig. 2. Paradigm of task

Measurement

기능적 근적외선 분광법(functional Near-Infrared Spectroscopy, fNIRS) 방식으로 두뇌 활성을 측정하기 위해 OBELAB Inc.에서 개발한 NIRSIT(NS1-H20A)를 활용하였다. 헤드마운트 형태로 안쪽에는 780 nm와 850 nm 파장의 근적외선을 대뇌의 피질로 방출하는 레이저 센서 24개와 돌아오는 빛을 수신하는 센서 32개로 구성된 근적외선 다채널 장치이다. 먼저 연구 대상자가 느낄 수 있는 긴장감과 낯선 환경으로부터 편안한 상태가 될 수 있게 하면서 대화를 하거나 몸을 움직이지 않는 등 유의사항을 안내하였고 이후 연구 대상자의 이마 부분의 곡면을 고려하면서 실제 대뇌 피질 영역의 위치와 장치의 채널 위치가 매칭될 수 있도록 착용시킨 상태에서 캘리브레이션을 통해 원활하게 신호가 개별 센서별로 잡는지에 대해 데이터 수집장치로 확인하였다.

데이터 수집장치에는 NIRSIT 장치로부터 실시간으로 전송되는 두뇌 활성 데이터뿐 아니라 별도의 과제 제시용 장치에 E-Prime 3.0 (Psychology Software Tools, Inc.) 프로그램을 사용하여 제작된 과제로부터 연구 대상자의 응답 정보를 전달받을 수 있도록 하였고 이들 정보를 조합하여 구간별 분석이 가능한 조합이 가능한 데이터로 저장하였다. 또한 연구 대상자의 과제 수행 과정을 영상으로 녹화하여 의도와 다르게 답을 선택하거나 연구결과에 영향을 미칠 수 있는 행동 여부에 대해 기록하였다.

Analysis

측정을 통해 수집된 과제 수행 결과는 각 개인별 점수를 4점 만점으로 환산하여 산출하고 이를 집단별로 비교하였으며 유의미성 검정을 위해 ANOVA 및 post-hoc을 수행하였다. 과제 관련 두뇌 활성 데이터는 Nirsit Analysis Tool (v2.2)와 NIRS_SPM v4.1 (Ye et al., 2009)을 이용하여 전처리 과정을 거쳤다. 혈류 역학적 신호와 관계없는 이마 쪽의 맥박, 심장 박동, 강한 빛 등의 잡음을 제거하고 과제 수행 구간과 대조 구간의 혈액 내 산소헤모글로빈의 변화량을 얻었으며 혈류 역학적 반응 함수(Hemodynamic response function, HRF)를 적용하여 실제 두뇌 활동과 신호 값 사이의 지연된 시간을 보정하였다. 전처리 과정을 거친 개인별 데이터들로부터 산출된 GLM 회귀계수 β 값을 활용하여 마음읽기 발달과 관련성이 높은 영역을 도출하기 위해, 과제 수행 시의 β 값과 과제 수행 결과를 바탕으로 상관분석을 실시하였다. 상관 분석 결과 $\alpha = 0.05$ 수준에서 유의미하게 도출된 채널에 대하여, BrainNet Viewer v1.7(Xia, Wang, & He, 2013)을 통해 시각화하여 채널의 해부학적 위치 및 상관 정도를 나타내었다.

Results and Discussion

Behavioral Comparison of Mentalization by School Level

마음읽기 과제의 수행을 분석한 결과는 다음의 Fig. 3, Table 1, Table 2와 같다. 각 집단의 평균은 유아의 경우 1.22 (S.E.=0.268), 초등학교 저학년 아동은 2.39 (S.E.=0.192), 초등학교 고학년 아동은 3.75(S.E.=0.124), 중학생은 3.64 (S.E.=0.144)로 나타났다(Fig. 3).

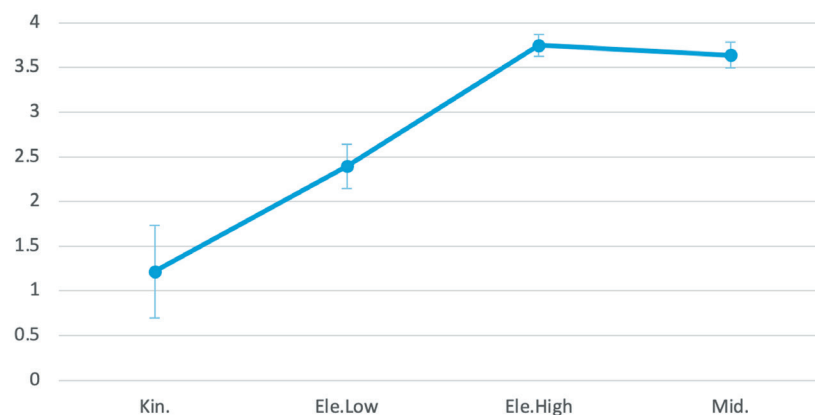


Fig. 3. Average scores on sociality task by school level (Kin.: kindergarten, Ele.Low : elementary school 1st~3rd grade, Ele. High : elementary school 4th~6th grade, Mid.:middle school, Error bars represent standard error.)

각 집단의 평균에 대한 ANOVA 분석 결과는 $F=24.63$ 이었으며, 집단간 차이가 유의미한 것으로 나타났다 (Table 1).

사후 분석 결과에서는 유아 집단의 점수가 통계적으로 유의미하게 가장 낮고, 그 다음이 초등 저학년 아동이 유의미하게 낮은 것으로 나타났다 (Table 2). 초등 고학년 아동과 중학생은 통계적으로 유의미한 차이가 없었으나, 두 집단 모두 초등 저학년 아동보다는 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 나타났다.

Table 1. ANOVA result of social skill score by school level

School level	Mean	Standard Error	F-value
Kindergarten	1.22	0.268	24.63*
Elementary 1~3	2.39	0.192	
Elementary 4~6	3.75	0.124	
Middle School	3.64	0.144	

* $p<0.05$

Table 2. Post hoc result of social skill score between school level

School level	Mean Difference	Standard Error	Sig.
Kindergarten Elementary 1~3	-1.176*	0.330	0.004
Kindergarten Elementary 4~6	-2.531*	0.296	0.000
Kindergarten Middle School	-2.420*	0.305	0.000
Elementary 1~3 Elementary 4~6	-1.356*	0.228	0.000
Elementary 1~3 Middle School	-1.245*	0.240	0.000
Elementary 4~6 Middle School	0.111*	0.190	0.992

* $p<0.05$

이러한 결과는 유아부터 아동기의 초등 고학년 아동까지 이 연구에서 설정한 마음읽기 능력이 지속적으로 유의미하게 발달하는 것을 의미하며, 초등 고학년 아동부터 중학생 때까지는 높은 수준으로 유지되는 것으로 해석할 수 있다. 또한 유아의 경우, 표준오차가 0.268로 네 집단 중에서 가장 높았으며, 이는 유아의 경우 마음읽기 능력의 개인차가 크게 나타나는 것으로 해석할 수 있다. 이는 유아시기에 마음읽기 능력의 발달이 개인에 따라 다양하게 나타날 뿐만 아니라 활발하게 발달되는 경향으로 해석될 수 있다.

더 나아가, 초등 고학년 아동부터 중학생 시기에는 이 연구에서 설정한 마음읽기 능력의 의미있는 발달이 정체된다고 해석할 수 있다. 초등 고학년 아동의 평균값은 3.75였는데, 과제의 만점이 4점인 것으로 미루어 볼 때, 초등 고학년 및 중학생 때 과제에서 설정한 마음읽기 능력의 성숙시기에 도달한 것으로 판단할 수 있다.

하지만 사회적 뇌 발달에 대한 일부 연구(Blakemore, 2008; Burnett et al. 2010; Romeo, 2003)에 따르면, 마음읽기와 관련 전두엽연합영(prefrontal lobe)의 발달은 사춘기 시기에서 가장 최저 수준으로 떨어진다는 연구결과를 고려할 때 초등학교 고학년에 중학생 시기로 넘어가는 연령대에서는 마음읽기 능력이 정체된다고 해석할 수 있다. Dumontheil et al. (2010)의 연구 역시 약 12세~14세 시기에는 마음읽기 능력의 발달이 정체되고 이후 시기와 성인기에 의미있는 발달이 나타난다고 보고한 결과를 고려할 때 중학생 시기의 마음읽기 능력의 발달이 성숙시기에 도달했다기 보다는 발달의 정체 시기로 판단할 수도 있다.

Brain Regions Correlated with Sociality

과제를 수행하는 동안의 채널별 활성과 과제 수행점수와의 상관관계를 분석한 결과는 Fig. 4와 같다. 분석 결과, 30번 채널(Right OFC, Brodmann Area 11)과 33번 채널(Left Dorsal lateral Prefrontal Cortex, DLPFC, Brodmann Area 9)에서 과제 수행점수와 두뇌 활성 사이에 유의미한 차이($p < 0.05$)가 나타났다. 30번 채널의 경우, 과제 수행점수와 정적 상관관계($r = 0.1781, p < 0.042$)를 보이며, 33번 채널의 경우, 과제 수행점수와 부적 상관관계($r = -0.1647, p < 0.030$)를 보였다. 이 외의 채널에서는 유의미한 상관관계를 보이지 않았다.

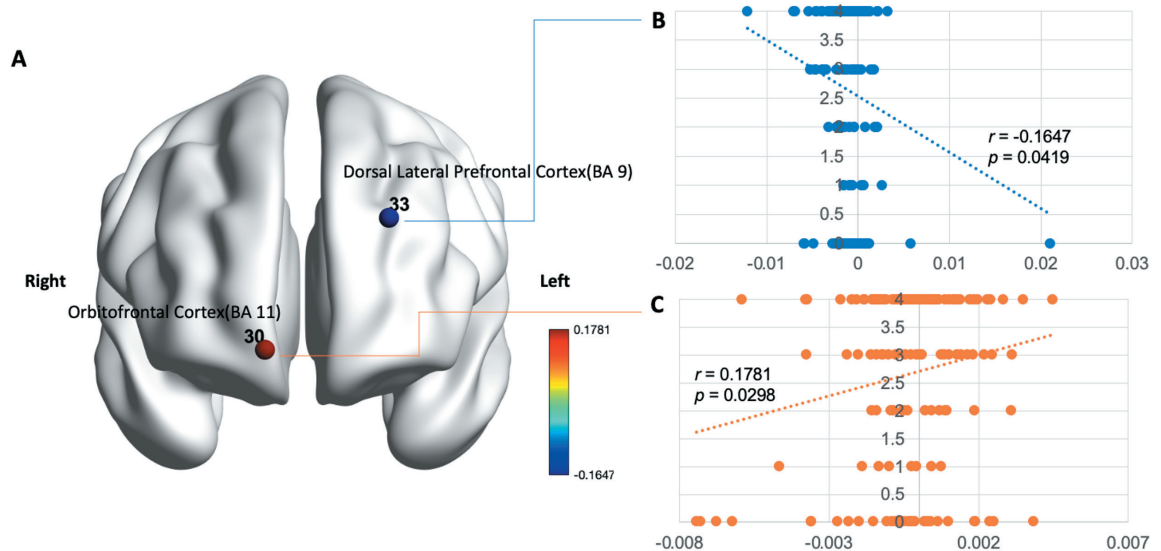


Fig. 4. Channels with significant correlations between beta values and behavioral scores and scatter plots for each channel (A: Location of significant channels on the brain, B: Scatter plots of Channel 30, C: Channel 33)

30번 채널은 우반구의 OFC에 해당하는데, 이 영역은 마음읽기의 과정에서 마음 읽기 수행에 대한 강화에 깊은 관련이 있는 것을 보고된 마음읽기 핵심영역 중 하나이다. 과제 수행에서 동기-보상과 관련된 중추적인 역할을 수행한다(Lee et al., 2012). 또한 자신의 선택에 대해 주관적인 가치를 부여하여 동기화에 기여하며 (Ballesta et al., 2020; Stalnaker et al., 2015), 자신의 인지구조를 변화시키는 과정에서 동기화에 관여(Kwon et al., 2020)하는 것으로 알려져 있다. 따라서 OFC의 활성이 높을수록 마음읽기 활동 중에 동기-보상에 대한 인지적 처리가 많이 일어났다는 것이며, 이는 과제 수행 중에 상대방의 관점을 추측하고, 물건 사이의 위치나 크기를 비교하고, 이를 종합하여 답을 내리는 과정에서 맞고 틀림에 따른 내적 동기-보상의 예측이나 자신의 수행에 대한 주관적 평가가 활발히 일어났음을 뜻한다.

33번 채널은 좌반구의 DLPFC에 해당한다. 선행연구에 따르면 이 영역은 마음읽기 과정에서 주요하게 보고된 영역은 아니었다. 그러나 DLPFC의 역할은 작업 기억의 정보 조작 시 높은 활성이 나타나는 것으로 알려져 있다(Mars & Grol, 2007; Schmidt et al., 2018). 그러나 이러한 연구들은 두뇌의 중앙 집행 연결망(Central Executive Network, CEN)의 활성화와 관련이 있으며, 이는 사회성 관련 두뇌의 연결망과 깊은 관련이 있는 것

으로 알려진 디폴트 모드 연결망(Default Mode Network, DMN)과 섬엽 중심의 현저성 연결망(Saliency Network, SN)에 의한 상호 억제 체계를 이루고 있다고 밝혀져 있다(Bressler & Menon, 2010). 이는 즉, 사물이 아닌 자신과 타인에 대한 정보의 조작 시에는 CEN의 활성이 억제되고 DMN의 활성이 증가한다는 뜻이다. 이러한 선행 연구의 결과에서 보았을 때, DLPFC의 낮은 활성은 사회성 관련 과제를 수행하면서 SN의 가동에 의하여 중앙 집행 기능이 낮아진 것으로 해석할 수 있으며, 본 과제가 사회성 과제임을 고려할 때, 선행연구와 맥을 같이하는 연구 결과라 할 수 있다. 본 과제에서는 크기 비교, 위치 비교가 본 영역의 활성화에 기여했을 것이나, 앞에 있는 선생님의 입장에서 생각해야 하는 타인의 관점 취하기가 본 영역의 활성을 억제했을 것으로 추측할 수 있다.

한편, Wallis (2007)의 연구에 따르면, OFC는 의사 결정(decision-making) 과정에서 깊이 관여하며, 이 과정에서 DLPFC와 연동되어 기능한다. 이 과정에서 OFC는 잠재적인 보상 결과 판단을 위한 정보를 종합하는 역할을 수행한다. 신체 내외의 감각적 정보, 편도로부터의 감정적 정보, 변연계로부터의 정서적 정보와 동기 관련 정보를 모아 종합한다. 따라서 본 연구에서 나타난 OFC와 마음읽기 능력 간의 정적 관계로 미루어보아, OFC는 마음읽기 중 판단의 상황에서, 마음읽기 관련된 자신과 타인의 정서와 자신의 행동에 관련된 동기 정보를 통합하고, 이후 인지과정에 영향을 하는 것으로 볼 수 있다.

따라서 이상의 논의와 과제 수행점수를 종합해보면, 마음읽기 능력은 우측 OFC의 활성화와 좌측 DLPFC의 억제와 상관관계가 있으며, 자신의 수행에 대한 동기-보상 처리가 높을수록, 그리고 외부에서 주어지는 사물에 대한 정보처리인 중앙 집행 기능이 억제될수록 마음읽기 능력이 높다고 할 수 있다.

Conclusions and Implications

이 연구에서는 우리나라 유아, 초등학교 아동, 중학생 청소년을 대상으로 마음읽기 과정에서의 행동과 두뇌 활성을 분석하여, 마음읽기 측면에서의 사회적인 두뇌 발달을 규명하고자 하였다. 이를 위해서 총 163명의 피험자를 대상으로 fNIRS를 활용하여 마음읽기 과제를 수행할 때의 전두엽 두뇌 활성을 수집하고 분석하였다. 이 과정을 통해 도출한 결론은 다음과 같다.

첫째, 유아, 초등 저학년 아동, 초등 고학년 아동과 중학생의 마음읽기 과제 수행점수는 집단 간에 유의미한 차이가 있었다. 특히 유아, 초등 저학년 아동, 초등 고학년 아동으로 갈수록 유의미하게 증가하고, 초등 고학년 아동과 중학생은 유의미한 차이가 나지 않았다. 이는 이 연구에서 설정한 마음읽기 능력은 유아기부터 초등 고학년 아동까지 발달하여 최고에 가까워지지만, 이러한 발달 경향은 청소년 초기인 중학생 시기에서는 유의미한 변화가 일어나지 않거나 정체되었음을 알 수 있다.

둘째, 마음읽기 과제 수행점수와 두뇌 활성 간의 상관분석 결과, 우반구 OFC 및 좌반구 DLPFC에서 유의미한 상관관계를 나타냈으며, OFC와는 정적, DLPFC와는 부적 상관관계를 갖는 것으로 나타났다. 이는 마음읽기 능력은 자기 선택에 대한 동기화가 긍정적 영향을 미치며, 사물 대상의 정보 조작은 부정적인 영향을 미친다는 것으로, 마음읽기 중심의 사회성에 OFC와 DLPFC의 적절한 발달이 중요하다는 것을 보여준다.

이상의 결과를 통해 제시할 수 있는 교육적 함의는 다음과 같다.

첫째, 유치원, 초등 저학년, 초등 고학년, 중학생 중에서 각 개인을 대상으로 마음읽기 능력을 측정하여 사회성 발달 정도를 파악할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 집단별로 사회성의 대표적인 능력인 마음읽기의 수준을 제시하였다. 이를 근거로 하여 특정 아동에게 이와 동일한 검사를 수행하게 하고, 이를 토대로 마음읽

기를 중심으로 하는 사회성의 발달 정도를 파악할 수 있을 것이다. 또한 추가적인 데이터 수집을 통한 표준화가 이루어진다면 측정 도구와 기준으로서 신뢰도가 또한 높아질 수 있을 것이다. 나아가 중학생 이후 고등학생 또한 데이터를 추가한다면 발달 경향의 분석을 확장할 수 있을 것이다.

둘째, 마음읽기를 통한 사회성의 향상을 위해서는 마음읽기 활동에 의한 긍정적 피드백과 보상 수여를 통해 동기-보상 민감도를 높이고, 눈 앞의 정보를 1차적으로만 해석하는게 아닌 타인의 관점을 취하게 하여 자신의 생각과 비교함으로써 정보 조작능력을 조절하는 전략이 효과적일 수 있다. 이렇게 구체적으로 핵심 영역과 그 발달에 근거한 연구 결과를 바탕으로 제안하는 전략은 기존 사회성 향상 교육의 제한점을 보완하는 주요 전략이 될 수 있을 것이다.

References

- Allen, J., Fonagy, P., & Bateman, A. (2008). *Mentalizing in Clinical Practice*. Washington: American Psychiatric Press.
- Amodio, D. M., & Frith, C. D. (2006). Meeting of minds: The medial frontal cortex and social cognition. *Nature Review Neuroscience*, 7, 268-277.
- Ballesta, S., Shi, W., Conen, K., & Padoa-Schioppa, C. (2020). Values encoded in orbitofrontal cortex are causally related to economic choices. *Nature*, 588, 450-453.
- Bateman, A., & Fonagy, P. (2006). *Mentalization Based Treatment: A Practical Guide*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Blakemore, S-J. (2009). The social brain in adolescence. *Nature Reviews Neuroscience*, 9, 267-277.
- Bressler, S. L., & Menon, V. (2010). Large-scale brain networks in cognition: emerging methods and principles. *Trends in Cognitive Sciences*, 14, 277-290.
- Burnett, S., & Blakemore, S-J. (2009). Functional connectivity during a social emotion task in adolescent and in adults. *European Journal of Neuroscience*, 29, 1294-1301.
- Burnett, S., Sebastian, C., Kadosh, K. C., Blakemore S-J. (2010). The social brain in adolescence: Evidence from functional magnetic resonance imaging and behavioural studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 35, 1654-1664.
- Dumontheil, I., Apperly, I. A., & Blakemore S-J. (2010). Online usage of theory of mind continues to develop in late adolescence. *Developmental Science*, 13, 331-338.
- Fonagy, P. (2015). Mutual regulation, mentalization, and therapeutic action: A reflection on the contributions of Ed Tronick to developmental and psychotherapeutic thinking. *Psychoanalytic Inquiry*, 35, 355-369.
- Fonagy, P., Luyten, P., & Strathearn, L. (2011). Borderline personality disorder, mentalization, and the neurobiology of attachment. *Infant Mental Health Journal*, 32, 47-69.
- Kang, M. J. (2021). Changes of child's brain activity and functional connectivity in transformational geometry program: An fNIRS study. *Brain, Digital, & Learning*, 11, 199-213.
- Kim, B. S. (2004). *New Lecture on Educational Sociology Theory*. Seoul: Hakjisa.
- Kim, C. K. (1983). *Life Guidance Education in Modern Society*. Seoul: Hakmunsa.
- Kwon, S. H., Park, J. S., Park, S. H., Hwang, N. R., & Kwon, Y. J. (2020). Identification of fNIRS brain activity and exploration of deep learning-based predictive model in self-regulation process taking mirror task. *Brain, Digital, & Learning*, 10, 365-376.
- Lee, I. S., Byeon, J. H., & Kwon, Y. J. (2012). Development of a learning model for improvement of biology learning motivation based on the brain motivation and reward system. *Biology Education*, 40, 109-120.

- Mars, R., & Grol, M. (2007). Dorsolateral prefrontal cortex, working memory, and prospective coding for action. *The Journal of Neuroscience*, 27, 1801-1802.
- 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 measurement and application using f-NIRS in educational research. *Brain, Digital, & Learning*, 9, 213-231.
- Romeo, R. D. (2003). Puberty: a period of both organizational and activational effects of steroid hormones on neurobehavioural development. *Journal of Neuroendocrinology*, 15, 1185-1192.
- Samson, D., Apperly, I. A., Chiavarino, C., & Humphreys, G. W. (2004). Left temporoparietal junction is necessary for representing someone else's belief. *Nature Neuroscience*, 7, 499-500.
- Schmidt, L., Tusche, A., Manoharan, N., Hutcherson, C., Hare, T., & Plassmann, H. (2018). Neuroanatomy of the vmPFC and dlPFC predicts individual differences in cognitive regulation during dietary self-control across regulation strategies. *Journal of Neuroscience*, 38, 5799.
- Stalnaker, T., Cooch, N., & Schoenbaum, G. (2015). What the orbitofrontal cortex does not do. *Nature Neuroscience*, 18, 620-627.
- Stuss, D. T., Gallup, G. G. Jr, & Alexander, M. P. (2001). The frontal lobes are necessary for 'theory of mind'. *Brain*, 124, 279-286.
- Swan, P. & Riley, P. (2015) Social connection: empathy and mentalization for teachers. *Pastoral Care in Education*, 33, 220-233.
- Wallis, J. D. (2007). Orbitofrontal cortex and its contribution to decision-making. *Annual Review of Neuroscience*, 30, 31-56.
- Xia M, Wang J, He Y (2013). BrainNet viewer: A network visualization tool for human brain connectomics. *PLoS ONE*, 8, e68910.

Authors Information

Kwon, Seung-Hyuk: Gongju National University of Education, Professor, First Author

Park, Jin-Sun: Korea National University of Education, Doctoral Student, Co-Author

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8232-1574>