

< 관찰 >

지향성 탐지기: 과제에 따른 뇌 활성화 영역 차이*

박민이 [†]	윤효운	김소영	김혜리
충북대학교 심리학과	가천의과학대학교 뇌과학연구소	충북대학교 심리학과	

본 연구에서는 목표지향 과제와 마음이론 과제를 수행하는 동안 활성화되는 뇌 영역을 비교하기 위하여 기능적 자기공명영상 기법을 이용하였다. 마음이론의 기본적 기제로 알려진 지향성 탐지에 관여하는 뇌의 활성화 영역이 목표지향 과제와 마음이론 과제에 따라 다른지를 알아보는 것이 연구의 주된 목적이었다. 목표지향 과제 수행 시에는 좌반구의 중, 하후두회, 하전두회, 중심후회와 우반구의 방추상회가 활성화되었다. 마음이론 과제의 경우에는 좌반구의 상측두회, 해마방회, 중심후회와 우반구의 하후두회, 하두정소엽과 중전두회가 활성화되었다. 두 과제에 공통적인 영역으로 중심후회와 하후두회가 관찰되었다. 이런 결과는 목표지향과 마음이론 과제 수행 시의 뇌 활성화 영역에 차이가 있음을 시사한다. 각 활성화 영역의 기능적 의미를 마음이론과 관련하여 논의하였다.

주요어 : 마음이론, 지향성 탐지기, 상측두회, 하두정소엽, 하후두회

* 이 논문은 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었습니다(KRF-2005-079-HM0004).

논문심사위원분들께 감사합니다. 연구수행을 도와준 정우림, 정지형 학생에게 감사합니다.

† 교신저자 : 이승복, 충북대 심리학과, (361-763) 충청북도 청주시 흥덕구 개신동 12

E-mail : lsbok@chungbuk.ac.kr

목적, 지향성, 믿음 등과 같은 자기와 타인의 마음상태를 이해할 수 있을 때, 이를 마음이론(Theory of Mind; ToM) 또는 마음읽기 능력을 가지고 있다고 한다(Baron-Cohen, Tager-Flusberg, & Cohen, 2000). 최근 들어서 이 문제를 진화심리학, 발달심리학, 사회인지 등의 분야에서 상당한 관심을 가지고 다루고 있다. 자신과 타인의 마음읽기는 사회적 상호작용을 많이 하는 영장류와 인간 종이 유인원 중에서 분화되기 시작할 때부터 진화된 진화의 산물이라고 가정된다(Blakemore, Winston, & Frith, 2004).

진화적 관점으로 본다면, 현재 인간이 가지고 있는 마음읽기 능력은 생득적인 것이고, 그 기능을 담당하는 신경기제가 있으며, 그런 기제는 비교적 최근에 진화적 변화를 겪어온 뇌의 영역들과 관련되어 있을 것이라고 가정되고 있다. 이를 바탕으로 마음읽기 능력의 신경생물학적 기제에 대한 연구가 이루어져 왔다(Gallagher & Frith, 2003). 다른 한편으로는, 마음읽기를 할 수 없다고 알려진 자폐증 환자와 정상인의 신경기제에 대한 비교하는 뇌의 신경적 기초 연구가 이루어지게 되었다. 우리의 뇌가 자동적으로 마음상태를 자신과 타인에게 귀인할 수 있게 하는 기제를 찾기 위하여, 건강한 사람을 대상으로 마음이론을 측정하는 과제를 수행하게 하고 PET나 fMRI를 이용하여 과제 수행 중의 뇌 활동을 촬영하는 뇌 기능 영상 연구가 이루어지고 있다.

Baron-Cohen은 스스로 움직이는 물체가 목표나 바람을 가지고 있는가를 판단하는 지향성 탐지기(intentionality detector), 타인 시선의 존재를 탐지하고 시선이 자신이나 다른 물체를 향하고 있는가를 계산하는 시선방향 탐지기(eye-direction detector), 자기와 타인, 또 다른 사

람의 삼자간의 관계에서 다른 사람의 시선을 쫓거나, 손가락질을 하여 타인의 주의를 끄는 등으로 주의를 공유하는 주의공유 기제(shared attention mechanism)와 일련의 마음상태를 표상하고 그것을 통합하여 마음상태에 대한 지식을 형성하는 마음이론 기제(theory of mind mechanism)의 네 가지를 마음이론의 체계를 구성하는 기제로 제안하였다(Baron-Cohen, 1995/2005).

Baron-Cohen의 마음이론 체계 제안에 따라, 마음이론 기제의 신경적 기초를 알아보려는 연구가 이루어졌다. 예를 들면, Calder 등은 제시 화면에 비치는 인물의 시선방향을 참가자의 시선에 맞춘 위치와 좌우방향으로 50% 또는 100% 떨어진 위치의 자극을 제시할 때의 뇌 활동을 측정하여 시선방향 탐지 기제를 알아보았다(Calder et al., 2002). 시선이 서로 어긋날수록 우 내측 전두회(BA 8/9), 좌 중전두회(BA 10)의 활동이 나타났고, 역으로 시선이 합쳐질수록 어느 것이나 우측의 상측두회(BA 22), 중측두회(BA 21), 구부(鈎部, uncus)(BA 20/28), 방추상회, 중심후회(BA 1)의 활동이 발견되었다. Hooker 등은 시선 제시 조건과 화살표 제시 조건을 비교하여 좌 상측두구 후측(BA 22/39)에서 활성화가 일어남을 보고하였다. 사회적 의사소통에서 의미가 있는 공간적 단서로서 시선이 분석될 경우에 이런 활동이 나타나며, 상측두구를 주의공유의 중심적인 신경기제로 보았다(Hooker et al., 2003).

Baron-Cohen(1995/2005)에 따르면, 지향성 탐지기는 움직이는 자극을 어떤 것을 위해서 어느 쪽으로 가고자 하는가 라는 목적과 바람의 마음상태에 기초하여 해석하는 지각 장치이다. 또한 마음이론에서 말하는 지향성은 의도(intention)라는 특정한 마음상태만이 아니라 모

든 종류의 지향적 상태(믿음, 바람, 생각, 의도, 희망, 기억, 공포, 약속 등)를 부여하는 능력을 지칭한다. 이런 연구들은 연구 참가자들에게 단순한 기하학적 모양이 움직이는 필름을 보여주면 스스로 도형에 행위유발성(agency)을 부여하고 어떤 행위를 하는 것으로 의인화하여 지향성과 믿음과 같은 마음 내부의 상태를 찾아낸다는 Heider와 Simmel(1944)의 고전적 연구에서 비롯되었다. Heider와 Simmel은 삼각형 2개와 원 1개가 사각형 내부와 주위를 돌아다니는 내용을 담은 필름을 학부 여학생들에게 보여주었다. 그 결과 Heider와 Simmel의 필름을 본 참가자들은 삼각형, 원, 사각형과 같은 기하학적 도형이 ‘수줍어한다, 사람을 못살게 군다’와 같은 성격 특성과 ‘좌절’, ‘분노’와 같은 정서를 가지고 있는 것으로 귀인하였고, 필름 내용을 지향성을 가진 행위의 관점에서 해석하여 보고하는 것을 발견했다.

Oatley와 Yuill(1985)은 대학생 참가자들이 Heider와 Simmel의 필름을 보고 나서 그 내용 속의 도형을 의인화하고(‘사각형이 밖으로 움직였다’가 아니라 ‘방에서 도망갔다’), 그것의 마음상태를 기술한다(‘등장인물이 화가 났다’)고 보고하였다. 필름에 ‘질투심 많은 연인’이나 ‘걱정하는 어머니’와 같은 제목을 붙여서 제시하면 그런 경향성이 더욱 증가함을 발견했다. Rimé, Boulanger, Laubin, Richir와 Stroobants(1985)의 연구에서는 참가자들에게 움직이는 자극으로 사람과 직사각형의 두 종류를 사용하여 보여주었는데, 자극의 종류에 관계없이 움직이는 자극은 모두 지향성을 가지고 있는 것으로 해석하였다. Springer, Meier와 Berry(1996)는 Heider와 Simmel의 필름을 3세, 4세, 5세 아동을 보여주었다. 그 결과, 5세 아동이 3~4세 아동보다 필름 속의 도형을 등장인물로

더 많이 의인화하였고 성인의 귀인 방식과 더 유사함을 발견했다. Montgomery와 Montgomery(1999)는 3세 아동들조차도 단순한 움직임 패턴에 기초하여 움직이는 모양이 지향성을 가지고 있음을 탐지할 수 있음을 보여주었다. 조경자, 시은경, 김혜리(2006)의 연구에서는 동영상 자극을 제시하여 자극의 움직임이 상호작용을 하는 것으로 보일 때, 대학생 참가자들이 자극의 형태가 삼각형, 꽃, 사람인가에 관계없이 움직이는 자극을 지향성을 가진 행위자로 파악하는 것으로 확인하였다.

단순한 형상을 살아있는 것으로 지각하는 것을 생체성(animacy)이라고 하는데, 그런 형상을 생물체로 보는 것에서 더 나아가서 목표(‘여기를 넘어가려고 한다’)와 마음상태(‘거기를 넘어가기를 원한다’)를 지각하게 만든다(Scholl & Tremoulet, 2000). 유아들도 단순한 기하학적 모양을 움직임 패턴에 근거하여 의도를 가진 행위자로 해석한다(Gergely, Nádasdy, Csibra, & Bíró, 1995; Premack, 1990). 뿐만 아니라, 목표나 맥락이 없이 매우 단순한 움직임의 궤적만 있어도 지향성을 전달한다고 시사하였다(Tremoulet & Feldman, 2000). 편도체 손상 환자에게 Heider와 Simmel의 필름을 보여주면 의인화한 용어로 설명하지 못하는 모습을 보이기 때문에 편도체가 사회적 지각과 귀인을 중재하는 뇌의 중요한 부분으로 알려지고 있다(Heberlein & Adolphs, 2004). Castelli 등(2000)은 지향성을 가지고 움직이는 생물처럼 느껴지는가를 탐지하는 생체성과 관련된 뇌 부위로는 양 상측두구(BA 22/39), 우 방추상회(BA 37), 우 측두극(BA 38), 양 후두엽(BA 19/18), 좌 내측 전두회(BA 9)에서 활성화가 나타났음을 보고하였다. Castelli와 Frith 등(2002)의 연구에서도 동일한 영역의 활성화가 발견

되었다. Blakemore 등도 두 가지 도형이 화면 속에서 움직이는 과제를 실시하여 생체성이 있으면서 한 도형이 움직임이 다른 도형의 움직임에 따라 달라지는 수반성을 나타내는 화면을 관찰하게 하였을 때, 우 중전두회(BA 8/9)와 좌 상측두구의 활동을 발견하였다(Blakemore et al., 2003).

지향성 탐지의 신경 기제를 알아보기 위해 뇌 기능 영상을 촬영하는 연구가 이루어져왔다. Happé와 Frith(1999)의 PET 연구에서는 동영상 자극을 이용하여 목표지향적 움직임(쫓아가기)과 의도지향적 움직임(조롱하기)을 무선적 움직임을 비교하였다. 무선적 자극의 경우보다 전자의 두 자극의 경우에 측두두정 접합부, 방추상회, 후두회, 및 내측 전두 피질에서 더 많은 활성화를 보였다. Castelli와 Happé 등(2000)은 참가자에게 두 개의 삼각형이 움직이는 동영상 화면을 제시하고, 감정과 생각을 가지고 상호 작용을 하는 동영상을 보게 될 것이라고 미리 알려주고 동영상의 예를 보여주며 연습을 시킨 후에 뇌 영상을 촬영하였다. 이들은 기하학적 도형이 어떤 목적을 가진 방식으로 움직이는 경우와 무선적으로 움직이는 영상을 보는 동안 활성화되는 뇌의 부위를 비교하였다. 그 결과, 무선적인 움직임을 보는 경우에 비해서 지향적인 움직임을 가진 동영상 자극을 지각하고 있는 동안에는 내측 전전두 피질과 상측두구가 활성화된다고 보고하였다. 이승복, 박민, 윤희운, 김혜리(2006)의 연구에서는 삼각형 2개가 움직이는 동영상을 제시하고 자극에 대한 사전 설명과 지시가 선행되지 않는 경우에도 동일한 지향성 탐지가 이루어지는지를 알아보았다. 그 결과, 과제에 대한 사전 지시가 주어진 경우에 좌반구에서는 구부와 상측두회가 활성화되었고, 우반구에서는

하후두회, 변연상회, 하두정소엽, 시상의 내배측핵, 설전소엽이 활성화되는 것으로 나타났다. 사전 지시가 주어지지 않았던 경우에는 우반구의 하두정소엽과 상두정소엽만이 활성화되었다.

그러나, Abell 등(2000)은 Heider와 Simmel의 연구에서 보여주었던 기하학적 도형의 움직임은 의인화한 상대방의 속이려는 지향성과 같은 복잡한 마음상태의 귀인을 이끌어내지는 못하고, 상대방을 쫓아가는 것과 같은 목표지향적인 행동만을 기술하게 하는 자극이라고 지적하였다. 상대방을 쫓아가는 것과 같은 목표지향적인(Goal-Directed; GD) 자극에서는 자극 속 인물이 타인의 행동에 반응하여 상호작용을 하기는 하지만 타인의 마음을 읽는 것은 포함하지 않고, 상대방을 유혹하는 것과 같은 마음이론(Theory of Mind; ToM) 자극에서는 자극 속 상대방의 마음상태에 반응하여 상호작용을 한다고 보았다. Abell 등의 실험 결과, 아이들에게 Heider와 Simmel의 두 개의 삼각형 자극을 의미 없는 움직임, 특정 방향으로 향하는 움직임, 서로 접촉하는 상호작용 움직임을 보이는 동영상을 보여 주면, 무의미 움직임 조건에서는 단순하게 움직이는 행동을 설명하였고, 목표지향적 움직임 조건에서는 단순한 행동적 설명보다는 두 자극이 상호작용하는 것으로 설명하는 내용이 많았지만, 상호작용 움직임 조건에서는 상호작용하는 행동으로 설명을 하면서도 마음상태를 가리키는 용어로 설명하는 것이 많은 것으로 나타났다.

Castelli 등(2000)도 단순히 목적이 있는 수준에서 타인이 “행동한 것”에 따라 상호작용하는 것은 GD 자극이고, 지향성과 같은 복잡한 마음상태를 포함하여 타인이 “생각한 것”에 따라 반응하는 것은 ToM 자극이라고 구분하

였다. Castelli 등의 연구에서도 Abell 등의 연구에서처럼, GD 동영상을 볼 때보다 ToM 동영상을 볼 때 마음상태를 지칭하는 용어를 유의미하게 더 많이 구사하여 자극의 움직임에 지향성을 부여하면서 설명하는 것으로 나타났다. 조경자 등(2006)의 국내 선행 연구에서도 한 삼각형이 다른 삼각형을 쫓아가기, 두 삼각형이 같이 널뛰기와 같은 목표지향적 움직임에 비해, 두 삼각형이 싸우고 화해하기, 한 삼각형이 다른 삼각형에게 조르기와 같이 상호작용을 보이는 움직임 자극을 볼 때 참가자들이 자극의 움직임을 단순한 상호작용으로 보지 않고 마음상태를 언급하면서 설명하여 지향성을 가지고 있는 것으로 해석하였다. 이와 같은 선행 연구결과들을 종합하여 보면, 실험 참가자들이 두 자극이 단순히 상호작용을 하고 있는 움직임이라고 설명하는 경우는 목표지향 자극이고, 두 자극에 마음상태를 반영하는 어휘로 움직임을 설명하는 경우가 마음이론의 지향성 탐지 기제가 작동하는 자극의 형태라고 생각된다.

본 연구에서는 기능적 자기공명 영상 장치를 이용하여 하나의 목표만을 향하는 목표지향 과제와 타인의 지향성 탐지를 포함하고 있는 마음이론 과제를 구분하여 뇌 활성화 영역을 밝혀보고자 하였다.

방 법

참가자 실험 참가자는 충남대학교에 재학 중인 학생으로 남녀 각 9명씩 총 18명이었다. 참가자는 모두 신경정신과적 질병의 병력이 없고 정기적인 복용 약물이 없는 사람들이었다. 실험 참가자의 연령 범위는 21~29세였고, 평균 연령은 24.1세였다. 실험이 끝난 후에 모

든 참가자들에게 실험 참가비를 지급하였다.

재료와 절차 실험의 자극은 2차원의 기하학적 도형 (삼각형) 2개가 움직이는 동영상이었다. 동영상은 Flash MX 2004 프로그램을 이용하여 제작하였다. 각 동영상에서는 검은색 선으로 그려진 큰 삼각형과 작은 삼각형이 등장하여 흰 배경 화면 위의 여러 위치로 움직여 다녔다. 한 회기 동안 참가자는 2가지 유형의 동영상(목표지향과 마음이론)을 보았다. 목표지향 (GD) 동영상에서는 한 삼각형이 다른 삼각형을 쫓아가기, 두 삼각형이 같이 널뛰기, 경사면 올라가기의 3가지 내용이 제시되었다. 마음이론 (ToM) 동영상은 두 삼각형이 싸우고 화해하기, 한 삼각형이 다른 삼각형에게 조르기, 한 삼각형이 다른 삼각형을 끌어내기의 3가지 내용이었다(그림 1). 실험에 사용된 동영상 자극은 LCD 프로젝터를 이용하여 MR 스캐너 안에 위치한 거울을 통해 제시되었다.

하나의 동영상은 27초 동안 재생되었으며, 각 동영상 사이에는 화면에 아무 것도 제시되지 않는 18초간의 휴식 조건이 제시되었다. 목표지향 동영상과 마음이론 동영상이 각각 2번씩 제시되어 각 회기는 목표지향과 마음이론 각 3블록씩 총 6개 블록이었고, 한 블록이 끝나면 휴식 조건이 제시되는 것으로 구성되었다. 각각의 동영상이 각 블록에서 한 번씩 제시되었다. 각 동영상은 의사-무선(pseudo-random)의 순서로 제시하였다. 참가자들에게 동영상을 보게 될 것이라고 알려주고 실험에 나오는 동영상의 움직임 패턴을 미리 간단하게 설명해 주었다. 제시되는 동영상을 보면서 '저것은 어떤 내용인가'를 잘 생각해보라고 하였고, 촬영이 끝난 후에 참가자에게 동영상의 내용을 설명해 보도록 하였다.

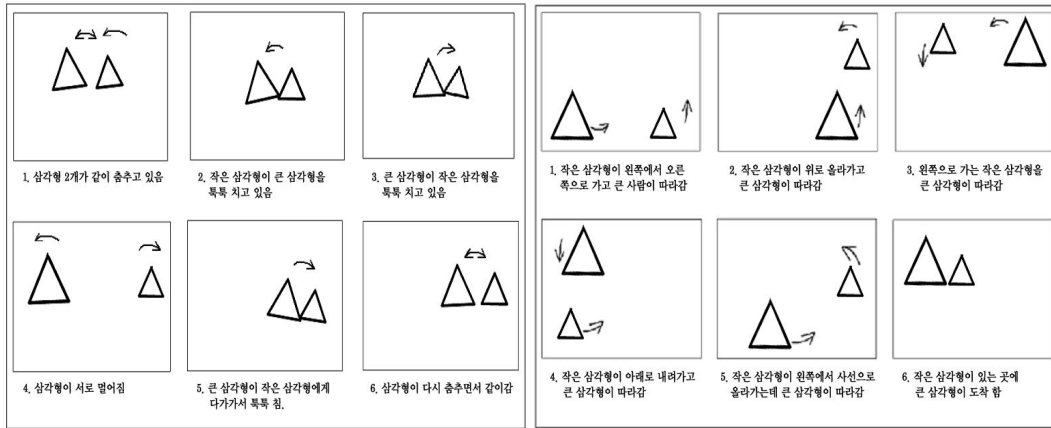


그림 1. 목표지향과 마음이론 영상의 예

영상획득과 분석 전체 실험 자료는 3 테슬라 세기의 MR 기기(Oxford magnet, Varian console, ISOL, Korea)를 통하여 이루어졌고, Echo Planar Imaging (EPI) sequence가 사용되었다. 각 영상 슬라이스의 두께는 5mm였고, 그 사이의 간격은 주어지지 않았다. 다른 자기공명 변수(MR parameter)는 TR = 3000ms, TE = 35ms, flip angle = 80°, Field Of View = 220×220mm, matrix = 64×64이었고, 축 방향 횡단면(axial section image)으로 30장의 슬라이스를 얻었다.

얻어진 자료는 SPM2(Wellcome Department of Cognitive Neurology, London, UK) 소프트웨어를 이용하여 분석하였다. 얻어진 자료들을 움직임에 대한 교정(motion correction)과 동시기록(coregistration), 기능적 영상의 해부학적인 위치를 파악하기 위해 표준 뇌 좌표와 실험에서 얻은 영상 자료를 일치시키는 표준화(normalization)와 편평화(smoothing) 과정을 거쳐서 분석하였다. 이러한 과정을 거친 후에 각 조건들에 대한 차이 검증(*t*-test)을 하였으며, 집단분석 시에는 각 개인의 통계결과들을 무선효과 모형(random effect model)으로 분석하였다. 본 연구

에서는 한 부피소(voxel) 수준에서 $p < .001$ 의 역치(uncorrected)를 넘고, 20개 부피소의 범위를 넘는 활성화 영역을 보고하였다.

결과 및 논의

총 18명의 자료를 집단 분석하였다. 목표지향 과제를 수행할 때 활성화되는 영역으로 좌반구의 중, 하후두회(middle, inferior occipital gyrus), 하전두회(inferior frontal gyrus), 중심후회(postcentral gyrus)와 우반구의 방추상회(fusiform gyrus)가 관찰되었다(표 1과 그림 2). 마음이론 과제를 수행할 때에는 좌반구의 상측두회(superior temporal gyrus), 해마방회(parahippocampal gyrus), 중심후회(postcentral gyrus), 우반구의 하후두회(inferior occipital gyrus), 하두정소엽(inferior parietal lobule), 중전두회(middle frontal gyrus)가 활성화되었다(표 1과 그림 3). 공통적인 활성화 영역은 좌반구의 중심후회와 하후두회(목표지향은 좌반구, 마음이론은 우반구)가 나타났다.

목표지향 과제에서 활성화된 중후두회(BA

표 1. 목표지향과 마음이론 과제 수행 시의 뇌 활성화 영역

과제	좌/우	활성화 영역	BA	Talairach 좌표			Z 값
				x	y	z	
목표 지향	좌	Middle Occipital Gyrus	19	-52	-78	2	5.43
	좌	Inferior Occipital Gyrus	18	-44	-82	-10	5.27
	좌	Inferior Frontal Gyrus	9	-50	4	30	4.94
	좌	Postcentral Gyrus	2	-54	-24	34	3.32
	우	Fusiform Gyrus	37	48	-64	-12	4.78
마음 이론	좌	Superior Temporal Gyrus	22	-68	-34	14	5.74
	좌	Parahippocmpal Gyrus	30	-16	-32	-6	4.64
	좌	Postcentral Gyrus	2	-54	-28	42	3.15
	우	Inferior Occipital Gyrus	18	46	-80	-8	5.47
	우	Inferior Parietal Lobule	40	40	-40	40	4.79
	우	Middle Frontal Gyrus	9	48	14	26	4.55

$p < .001$, uncorrected, cluster = 20

19), 하후두회(BA 18), 하전두회(BA 9)와 방추상회(BA 37)는 시각 정보를 처리하는 후두 피질 영역과 하전두회와 방추상회는 시각적 움직임 지각과 움직이는 표적 자극의 위치를 기억하는 영역들이다(Lacquaniti et al., 1997) 이런 영역들은 기하학적 도형의 움직임을 자극으로 제시하였던 연구(Castelli et al., 2000)에서도 나타난 영역으로, 본 연구에서처럼 두 삼각형이 계속해서 움직이는 동영상 자극 과제에 대해 활성화되는 영역으로 생각된다.

또한 마음이론 과제 수행 시의 활성화 영역들 중 상측두회(BA 22)는 상측두구(superior temporal sulcus; STS)의 후측 부분으로 시선 응시 처리 시에 관여하는 영역이다(Calder et al., 2002). 상측두구는 지향성을 포함하고 있는 여러 가지 신체 움직임에 대한 반응으로 활성화되는 영역으로 안구 움직임과 응시 방향과도

관련되어있다. 뿐만 아니라, 이런 영역을 포함하는 두정엽과 측두엽 접합부에서의 뇌 활성화는 마음이론 과제에서 공통적으로 나타난다. 하두정소엽(BA 40)은 생물학적 움직임과 관련이 있는 영역으로 보고되어 왔고, 특히 타인의 행위를 지켜볼 때 활성화되고(Grèzes & Decety, 2001), 행위를 정확한 행위자에게로 귀인하는데 중요한 역할을 하는 영역으로 알려져 있으며(Farrer & Frith, 2002), 본 연구와 유사한 동영상 자극을 이용한 선행 연구(이승복 등, 2006)에서도 활성화가 관찰되었다. 좌반구의 해마방회(BA 30)는 손과 팔이 ‘병 뚜껑 따기’, ‘선 그리기’, ‘단추 꿰매기’와 같은 의미 있는 동작을 하고있는 것을 관찰할 때 활성화되는 것으로 알려진 영역이고(Decety et al., 1997), 우반구의 중전두회(BA 9)는 세 컷으로 구성된 만화에 나오는 주인공의 의도를 탐지

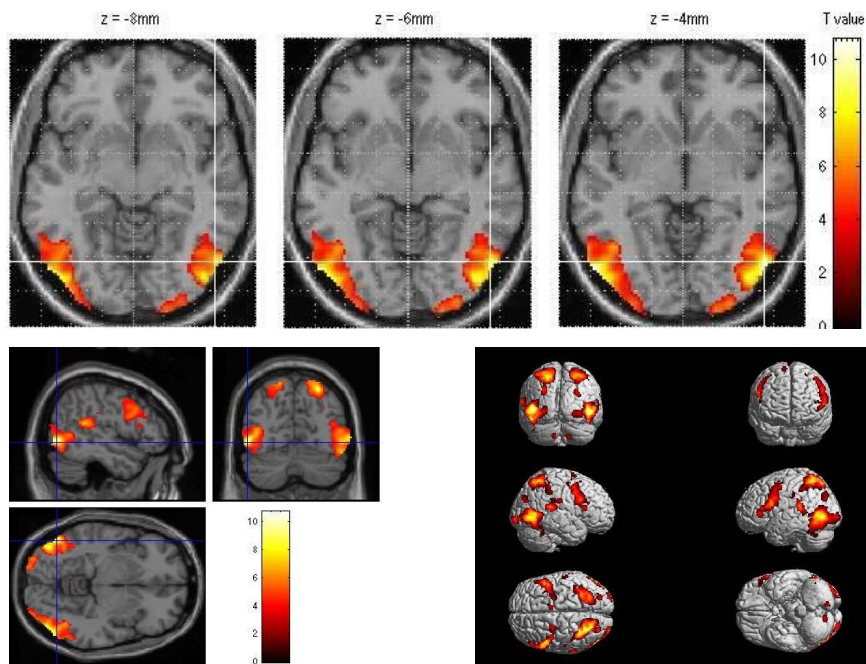


그림 2. 목표지향 과제 수행 시의 뇌 활성화 영역

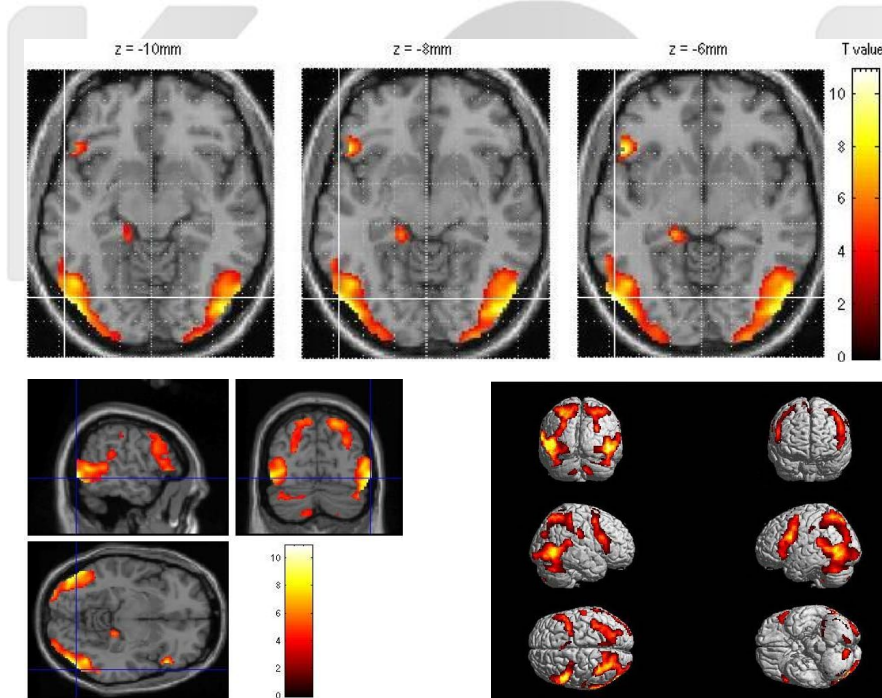


그림 3. 마음이론 과제 수행 시의 뇌 활성화 영역

하게 하는 비언어적인 마음이론 과제에서 활성화되는 영역이다(Bruner, Sarfati, Hardy-Baylé, & Decety, 2000). 이런 영역들은 동영상 자극 내에서의 두 삼각형이 목표지향의 경우보다 마음이론의 경우에 더 다양한 방향과 속도로 움직이는 것을 생물의 움직임으로 간주하고 움직임 자극이 포함하고 있는 의미와 의도 등의 지향성을 탐지하기 위해 활성화된 것으로 생각된다.

공통적인 활성화 영역인 좌반구의 중심후회(BA 2)는 일차 체감각 피질이며, 움직이는 표적을 모니터링하고 그에 따라 손을 움직이는 과제를 수행할 때 활성화되는 것으로 알려져 있다(Ellermann, Siegal, Strupp, Ebner, & Ugurbil, 1998). 또한, 양측 하후두회(BA 18)는 외선조피질 영역으로서 시각 정보를 처리한다. 이 영역은 시각 정보를 정교화하고 종합하는 이차 감각 영역이고, 후두 영역은 생체성과 지향성의 귀인과 관련된 주의에 관여하는 움직임 패턴 지각과 관련되어있는 것으로 보인다. 이와 같이 전반적으로 후두 피질 영역이 두드러진 것은 이 영역이 움직임 패턴의 지각을 위하여 자극에 주의를 기울이고 그 패턴으로부터 생체성과 지향성의 귀인을 하는 것과 관련되어 있는 것으로 생각된다.

본 연구에서는 국내 선행 연구(조경자 등, 2006)에서 목표지향적인 움직임을 보이는 것으로 확인된 한 삼각형이 다른 삼각형을 쫓아가기, 두 삼각형이 같이 널뛰기, 경사면 올라가기와 마음이론의 지향성 탐지를 유발하는 움직임을 보이는 두 삼각형이 싸우고 화해하기, 한 삼각형이 다른 삼각형에게 조르기, 한 삼각형이 다른 삼각형을 끌어내기를 자극으로 제시하여 두 가지 자극 유형에 따른 뇌 활성화 영역의 차이를 알아보았다. 전반적인 뇌

활성화 양상이 목표지향 과제에서는 주로 시각 자극 정보를 처리하는 것으로 알려진 후두회 등의 영역들이 활성화되었고, 마음이론 과제에서는 기존의 마음이론 과제를 이용한 뇌 기능 영상 연구에서 나타났던 지향성을 포함하고 있는 움직임을 보면서 타인이 하는 행위의 의도를 탐지하는 것과 관련된 상측두회와 하두정소엽 등의 영역들이 활성화된 것으로 보인다. 이런 결과로 볼 때, 단순히 목표를 쫓아가는 목표지향 과제와 자극들이 복잡하게 상호작용하는 움직임에 지향성을 귀인하게 하는 마음이론 과제를 수행할 때 활성화되는 뇌 영역에는 차이가 있는 것으로 생각된다.

자폐증으로 진단된 성인 실험 참가자들은 마음이론 동영상 자극을 보는 경우에도 마음 상태를 가리키는 어휘로 설명을 하지 못하고, 정상인의 경우에 활성화되는 뇌 영역에서 활성화가 덜 일어나는 것으로 나타난 선행 연구 결과(Castelli et al., 2002)로 볼 때, 추후 연구로 지향성 탐지를 유발하는 마음이론 과제를 수행할 때 활성화되는 뇌 영역들간의 기능적 연결성을 더욱 정밀하게 밝힐 수 있게 된다면 마음이론 능력에 문제가 있는 자폐증의 신경적 기초를 규명하는데에도 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- 이승복, 박민, 윤효운, 김혜리 (2006). 지향성 탐지 과정의 뇌 활성화: 기능적 자기공명 영상 연구. *인지과학*, 17(1), 1-13.
- 조경자, 시은경, 김혜리 (2006). 자극의 주체와 움직임의 유형이 지향성 탐지에 미치는 영향. *한국심리학회지: 발달*, 19(2), 61-76.

- Abell, F., Happé, F., & Frith, U. (2000). Do triangles play tricks? Attribution of mental states to animated shapes in normal and abnormal development. *Cognitive Development*, 15(1), 1-16.
- Baron-Cohen, S. (2005). 마음맹: 자폐증과 마음 이론에 관한 과학에세이 [*Mindblindness: An essay on autism and theory of mind*]. (김혜리, 이현진 역). 서울: 시그마프레스. (원전은 1995년에 출판)
- Baron-Cohen, S., Tager-Flusberg, H., & Cohen, D. J. (Eds.). (2000). *Understanding other minds: Perspectives from developmental cognitive neuroscience* (2nd ed.). Oxford: Oxford University Press.
- Blakemore, S. J., Boyer, P., Pachot-Clouard, M., Meltzoff, A., Segebarth, C., & Decety, J. (2003). The detection of contingency and animacy from simple animations in the human brain. *Cerebral Cortex*, 13(8), 837-844.
- Blakemore, S., Winston, J., & Frith, U. (2004). Social cognitive neuroscience: Where are we heading? *Trends in Cognitive Sciences*, 8(5), 216-222.
- Brunet, E., Sarfati, Y., Hardy-Baylé, M. C., & Decety, J. (2000). A PET investigation of the attribution of intentions with a nonverbal task. *NeuroImage*, 11(2), 157-166.
- Calder, A. J., Lawrence, D., Keane, J., Scott, S. K., Owen, A. I., Christoffels, I., & Young, A. W. (2002). Reading the mind from eye gaze. *Neuropsychologia*, 40(8), 1129-1138.
- Castelli, F., Frith, C., Happé, F., & Frith, U. (2002). Autism, Asperger syndrome and brain mechanisms for the attribution of mental states to animated shapes. *Brain*, 125(8), 1839-1849.
- Castelli, F., Happé, F., Frith, U., & Frith, C. (2000). Movement and mind: A functional imaging study of perception and interpretation of complex intentional movement patterns. *NeuroImage* 12(3), 314-325.
- Decety, J., Grèzes, J., Costes, N., Perani, D., Jeannerod, M., Procyk, E., Grassi, F., & Fazio, F. (1997). Brain activity during observation of actions: Influence of action content and subject's strategy. *Brain*, 120(10), 1763-1777.
- Ellermann, J. M., Siegal, J. D., Strupp, J. P., Ebner, T. J., & Ugurbil, K. (1998). Activation of visuomotor systems during visually guided movements: A functional MRI study. *Journal of Magnetic Resonance*, 131(2), 272-285.
- Farrer, C., & Frith, C. D. (2002). Experiencing oneself vs another person as being the cause of an action: The neural correlates of the experience of agency. *NeuroImage* 15(3), 596-603.
- Gallagher, H. L., & Frith, C. D. (2003). Functional imaging of 'theory of mind'. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(2), 77-83.
- Gergely, G., Nádasdy, Z., Csibra, G., & Bíró, S. (1995). Taking the intentional stance at 12 months of age. *Cognition*, 56(2), 165-193.
- Grèzes, J., & Decety, J. (2001). Functional anatomy of execution, mental simulation, observation, and verb generation of actions: A meta-analysis. *Human Brain Mapping*,

- 12(1), 1-19.
- Happé, F., & Frith, U. (1999). How the brain reads the mind. *Neuroscience News*, 2(1), 16-25.
- Heberlein, A. S., & Adolphs, R. (2004). Impaired spontaneous anthropomorphizing despite intact perception and social knowledge. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(19), 7487-7491.
- Heider, F., & Simmel, M., (1944). An experimental study of apparent behavior. *American Journal of Psychology*, 57(2), 243-259.
- Hooker, C. I., Paller, K. A., Gitelman, D. R., Parrish, T. B., Mesulam, M.-M., & Reber, P. J. (2003). Brain networks for analyzing eye gaze. *Cognitive Brain Research*, 17(2), 406-418.
- Lacquaniti, F., Perani, D., Guigon, E., Bettinardi, V., Carrozzo, M., Grassi, F., Rossetti, Y., & Fazio, F. (1997). Visuomotor transformations for reaching to memorized targets: A PET study. *NeuroImage*, 5(2), 129-146.
- Montgomery, D. E., & Montgomery, D. A. (1999). The influence of movement and outcome on young children's attribution of intention. *British Journal of Developmental Psychology*, 17(2), 245-261.
- Oatley, K., & Yuill, N. (1985). Perception of personal and interpersonal action in a cartoon film. *British Journal of Social Psychology*, 24(1), 115-124.
- Premack, D. (1990). The infant's theory of self-propelled objects. *Cognition*, 36(1), 1-16.
- Rimé, B., Boulanger, B., Laubin, P., Richir, M., & Stroobants, K. (1985). The perception of interpersonal emotions originated by patterns of movement. *Motivation and Emotion*, 9(3), 241-260.
- Scholl, B. J., & Tremoulet, P. D. (2000). Perceptual causality and animacy. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(8), 299-309.
- Springer, K., Meier, J. A., & Berry, D. S. (1996). Nonverbal bases of social perception: Developmental change in sensitivity to patterns of motion that reveal interpersonal events. *Journal of Nonverbal Behavior*, 20(4), 199-211.
- Tremoulet, P. D., & Feldman, J. (2000). Perception of animacy from the motion of a single object. *Perception*, 29(8), 943-952.

1 차원고접수 : 2006. 5. 15.
최종게재결정 : 2006. 6. 20.

<Observation>

The Intentionality Detector: fMRI Regional Brain Activation Differences between Goal-directed and Theory-of-Mind Task

Min Park* Seungbok Lee* Hyo-Woon Yoon** Soyoung Kim* Hei-Rhee Ghim*

* Department of Psychology, Chungbuk National University

** Neuroscience Research Institute, Gachon University of Medicine and Science

We applied fMRI to examine brain activation differences between goal-directed (GD) and theory-of-mind (ToM) task. The main purpose of this study was to explore whether brain activation regions involved in intentionality detection (known as the basic mechanism of theory of mind) differ or not, according to task type. Left middle, inferior occipital gyrus, inferior frontal gyrus, postcentral gyrus and right fusiform gyrus were activated with GD task. In contrast, ToM task activated left superior temporal gyrus, parahippocampal gyrus, postcentral gyrus and right inferior occipital gyrus, inferior parietal lobule, middle frontal gyrus. Common activated areas between the task conditions were postcentral gyrus and inferior occipital gyrus. This finding suggests that different brain areas were activated according to task condition. The implications of these results for 'theory of mind' were discussed.

Keywords : Theory of Mind, intentionality detector, superior temporal gyrus, inferior parietal lobule, inferior occipital gyrus