

지향성 탐지 기제에서의 개인차: 전공에 따른 뇌 활성화 영역*

박 민* 이 승 복† 윤 효 운 정 우 립 김 혜 리
충북대학교 가천의과학대학교 충북대학교

본 연구에서는 마음이론의 기본적 기제로 알려진 지향성 탐지 기제에서의 개인차를 알아보기 위하여 대비되는 두 가지 전공 영역의 참가자들이 과제를 수행하는 동안 기능적 자기공명 영상을 촬영하여 뇌 활성화 영역을 비교해보았다. 공학 전공자의 경우에는 우반구의 하두정소엽과 상두정소엽이 활성화되었던(이승복 등, 2006) 반면, 동일한 지향성 탐지 과제를 수행하는 동안 심리학 전공자는 좌반구의 하전두회, 방추상회, 상측두회와 우반구의 방추상회와 변연상회가 활성화되었다. 이런 결과는 참가자의 전공 배경에 따라 지향성 탐지를 하는 동안 활성화되는 뇌 영역들에 차이가 있음을 분명히 보여준다. 지향성 탐지 과제 수행과 참가자 특성간의 관계를 논의하였다.

주제어 : 마음이론, 지향성 탐지, 개인차, 참가자 전공, 기능적 자기공명 영상

* 이 논문은 2005년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었습니다 (KRF-2005-079-HM0004). 논문심사위원들께 감사합니다. 연구 수행을 도와준 정지형 학생에게 감사합니다.

† 제1저자: 박 민, 충북대학교 심리학과
연구세부분야: 인지심리학, E-mail: minpark@chungbuk.ac.kr

† 교신저자: 이승복, 충북대학교 심리학과
연구세부분야: 인지심리학, E-mail: lsbok@chungbuk.ac.kr

마음이론(Theory of Mind, ToM)이란 목적, 의도, 믿음 등과 같은 자기와 타인의 마음상태를 이해하는 능력을 가리킨다(Baron-Cohen, Tager-Flusberg, & Cohen, 2000). 원래 침팬지가 다른 침팬지들의 마음상태를 추론할 수 있음을 시사하기 위하여 Premack과 Woodruff(1978)에 의해 제안되었던 마음이론이라는 용어는 오늘날 유아와 어린 아동이 취하는 정신적 관점의 발달을 기술하기 위하여 아동발달 심리학자들이 널리 사용하고 있다. 또한 다른 인지적 능력은 잘 유지되지만 마음이론 능력에서만 선택적으로 결함을 보이는 자폐증을 설명하는 개념으로 큰 영향을 미치고 있으며, 정신분열에서 전두측두 치매에 이르는 장애들이 마음이론 능력에 문제가 생긴 것으로 볼 수 있다는 증거가 늘어나고 있다(Brüne & Brüne-Cohrs, 2006).

인간의 마음이론 능력은 생득적인 기제이고 그 기능을 담당하는 신경기제는 최근에 진화적 변화를 겪어온 뇌의 영역들과 관련되어있을 것이라고 가정할 수 있다는 진화심리학적 관점의 영향을 받아 마음읽기 능력의 신경생물학적 기제에 대한 연구가 이루어져 왔다(Gallagher & Frith, 2003). 다른 한편으로는, 마음이론 능력에 선택적인 결함을 보인다고 알려진 자폐증 환자들과 정상인의 신경기제에 대한 비교를 위하여 정상적인 마음읽기 능력을 가지고 있는 사람들을 대상으로 한 뇌의 신경적 기초 연구가 촉발되어, 건강한 사람을 대상으로 마음이론을 측정하기 위한 다양한 과제를 수행하게 하고 PET나 fMRI를 이용하여 마음이론 과제를 수행하는 동안의 뇌 활동을 촬영하는 뇌 기능 영상 연구가 이루어지고 있다(Baron-Cohen, 1995/2005). 마음이론 과제를 수행하는 동안 활성화되는 뇌의 영역은 상당히 광범위하지만, 여러 가지 마음이론 과제에서 공통적으로 활성화되는 영역은 내측 전두회(medial frontal gyrus)와 전측 대상회(anterior cingulate gyrus), 후측 상측두구(posterior superior temporal sulcus)와 측두두정 접합부(temporo-parietal junction) 등인 것으로 알려지고 있다(Frith & Frith, 2003; Gallagher & Frith, 2003).

Baron-Cohen(Baron-Cohen, 1995/2005)은 마음을 읽어내는 마음이론의 체계를 구성하는 기제를 제안하였다. 그는 스스로 움직이는 물체가 목표나 바람을 가지고 있는가를 판단하는 지향성 탐지기(intentionality detector, ID), 타인의 눈의 존재를 탐지하고 시선이 자신이나 다른 물체를 향하고 있는가를 계산하는 시선방향 탐지기

(eye-direction detector, EDD), 자기와 타인, 또 다른 사람의 삼자 간의 관계에서 다른 사람의 시선을 쫓거나, 손가락질을 하여 타인의 주의를 끄는 등으로 주의를 공유하는 공동주의 기제(shared attention mechanism, SAM)와 일련의 마음상태를 표상하고 그것을 통합하여 마음상태에 대한 지식을 형성하는 마음이론 기제(theory of mind mechanism, ToMM)의 네 가지 기제가 마음이론 체계를 구성한다고 보았다.

Baron-Cohen에 따르면, 지향성 탐지기는 움직이는 자극을 목적과 바람에 기초하여 해석하는 지각장치이며 기본적으로 가지고 태어나는 생득적 기제이다. 지향성 탐지기는 움직이는 자극을 어떤 것을 위해서 어느 쪽으로 가고자 하는가 라는 목적과 바람의 마음상태에 기초하여 해석하고 스스로 움직임을 유발하는 자극들의 형태가 서로 매우 다르더라도 공통적으로 목적과 바람을 가지는 행위자(agent)인 것으로 해석한다. 예를 들어, 어두운 밤에 비명소리를 듣는 것처럼 청각자극만 있는 경우에도 그런 자극 정보를 도움 청하기라는 목적과 바람을 가지고 있는 행위자로 인식한다. 이런 점으로 보아 지향성 탐지기는 행위자인 것처럼 보이는 자극의 유입이 있을 때 활성화되는 기본적인 지각 장치로 볼 수 있다.

지향성 탐지 연구들은 연구 참가자들에게 단순한 기하학적 모양이 움직이는 필름을 보여주면 스스로 도형에 행위유발성(agency)을 부여하고 어떤 행위를 하는 것으로 의인화하여 의도와 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 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 방에서 도망갔다’), 그것의 마음상태를 기술한다(‘등장인물이 화가 났다’)고 보고하였다. Springer, Meier와 Berry(1996)는 Heider와 Simmel의 필름을 3세, 4세, 5세 아동을 보여주었는데, 5세 아동이 3~4세 아동보다 필름 속의 도형을 등장인물로 더 많이 의인화하였고 그 귀인방식도 성인과 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 연구에서도 대학생 참가자들에게 상호작용을 하는 동영상상을 제시하였을 때, 자극의 형태가 삼각형, 꽃, 사람인가에 관계없이 움직이는 자극을 지향성을 가진 행위자로 파악하는 것으로 나타났다.

사람들이 단순한 형상을 살아있는 것으로 지각하는 것을 생체성(animacy)이라고 하는데, 그런 형상은 생물체로 보는 것에서 더 나아가서 목표('여기를 넘어가려고 한다')와 마음상태('거기를 넘어가기를 원한다')를 지각하게 만든다(Scholl & Tremoulet, 2000). 목표나 맥락이 없는 매우 단순한 움직임의 궤적만으로도 지향성이 전달될 수 있고(Tremoulet & Feldman, 2000), 12개월 된 유아들조차도 단순한 기하학적 모양을 움직임 패턴에 근거하여 의도를 가진 행위자로 해석한다(Gergely, Nádasdy, Csibra, & Bíró, 1995).

이런 연구들에 기초하여 지향성을 내포하는 움직이는 자극을 이용하여 뇌 기능 영상을 촬영하는 연구가 이루어졌다. Castelli, Happé, Frith와 Frith(2000)는 참가자에게 두 개의 삼각형이 움직이는 동영상 화면을 제시하고, 감정과 생각을 가지고 상호작용을 하는 동영상상을 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 피질(medial prefrontal cortex)과 상측두구(superior temporal sulcus)가 활성화된다고 보고하였다. 이승복, 박민, 윤희운, 김혜리(2006)의 연구에서는 삼각형 2개가 움직이는 동영상상을 제시하고 자극에 대한 사전 설명과 지시가 선행되지 않는 경우에도 동일한 지향성 탐지가 이루어지는지를 알아보았다. 그 결과, 과제에 대한 사전 지시가 주어진 경우에 좌반구에서는 구부(uncus)와 상측두회(superior temporal gyrus)가 활성화되었고, 이는 박민, 이승복, 윤희운, 김소영, 김혜리(2006)의 연구에서도 확인되었다. 우반구에서는 하후두회(inferior occipital gyrus), 변연상회(supramarginal gyrus), 하두정소엽(inferior parietal lobule), 시상의 내배측핵(medial dorsal nucleus), 설전소엽(precuneus)이 활성화되는 것으로 나타났다. 사전 지시가 주어지지 않았던 경우에는 우반구의

하두정소엽(inferior parietal lobule)과 상두정소엽(superior parietal lobule)만이 활성화되었다. Castelli 등은 지향성을 가지고 움직이는 생물처럼 느껴지는가를 탐지하는 생체성과 관련된 뇌 부위로는 양측 상측두구(superior temporal sulcus)와 후두엽(occipital lobe), 우반구의 방추상회(fusiform gyrus), 측두극(temporal pole), 좌반구의 내측 전두회(medial frontal gyrus)에서 활성화가 나타났음을 보고하였다(Castelli et al., 2000). Castelli 등의 연구에서도 동일한 영역의 활성화가 발견되었으나, 자폐증으로 진단된 성인 실험 참가자들은 동영상 자극을 보는 경우에도 마음상태를 가리키는 어휘로 설명을 하지 못하고, 정상인의 경우에 활성화되는 뇌 영역에서 활성화가 덜 일어나는 것으로 나타났다(Castelli, Frith, Happé, & Frith, 2002). Blakemore 등은 두 가지 도형이 화면 속에서 움직이는 과제를 실시하여 생체성을 보여주면서 동시에 한 도형의 움직임이 다른 도형의 움직임에 따라 달라지는 수반성을 나타내는 화면을 관찰하게 하였을 때, 우반구의 중전두회와 좌반구 상측두구의 활성화를 발견하였다(Blakemore et al., 2003).

Castelli 등과 Blakemore 등은 연구 참가자에게 실제 자극의 예를 보여주고 미리 의도를 지닌 행위자로 볼 자극이 어떤 것인지 충분히 연습을 시킨 후에 영상장치에서 실험을 실시하고 뇌 영상을 촬영한 것이었다. 그러나 Heider와 Simmel 등의 행동 연구 결과에 의하면, 자극에 대한 사전 설명과 지시가 선행되지 않는 경우에도 지향성 탐지가 이루어진다. 실제로 조경자 등(2006)의 행동연구에서는 비슷한 두 개의 삼각형 동영상을 사용하여 사전 지시 없이 지향성 탐지가 이루어진다고 보고하고 있다. 지향성 탐지 기제의 뇌 영상 연구를 시도한 이승복 등(2006)은 사전 지식의 효과를 검토해보았다. 일체의 사전 지시 없이 삼각형 2개가 움직이는 동영상을 제시하였다. 그 결과, 과제에 대한 사전 지시가 주어진 경우에 좌반구의 구부와 상측두회, 우반구의 하후두회, 변연상회, 하두정소엽, 시상내내측핵, 설전소엽이 활성화되었고, 사전 지시가 주어지지 않았던 경우에는 우반구의 하두정소엽과 상두정소엽만이 활성화되었다.

Baron-Cohen의 주장처럼 기하학적 도형이 움직이는 자극 패턴을 보고 어떤 의도나 바람을 가진 행위자로 해석하는 지향성 탐지 기제가 인간의 기본적인 지각 기제라면, 미리 연습을 하거나 지시를 하지 않고 제시되는 자극 상황에

서도 그 기제가 작동되어야 할 것이라고 예측할 수 있다. 그러나 이승복 등(2006)의 연구 실험 2에서는 참가자들에게 지향성 과제에 대한 설명을 일체 해주지 않고 간단한 동영상만 보게 될 것이라고만 알려주었는데, 참가자들이 기하학적 도형의 움직임에 지향성을 부여하지 않고 있는 그대로 보려는 경향이 나타났다. 그런 결과가 나오게 된 한 가지 요인으로 학문분야의 구체성(domain-specificity)이 개입되었을 가능성이 제기되었다. 이승복 등(2006)의 연구 참가자들이 모두 한국과학기술원에 재학 중인 공학 전공자로서 특정 분야에서 전문성을 쌓아가고 있는 참가자의 특성 때문에 그런 결과가 나타났을 수도 있으므로 동일한 실험 조건에서 학문적 배경이 다른 참가자들과 비교를 해보아야 할 필요성이 지적되었다.

마음이론 능력의 개인차에 대한 연구는 주로 Asperger 증후군과 자폐증 집단을 정상 집단과 비교하는 방식으로 이루어져 왔다. 최근 들어서는 목적을 위하여 수단과 방법을 가리지 않고 권모술수를 부리는 행동(Machiavellianism)과 약자를 괴롭히는 행동(bullying) 양식을 보이는 아동들을 대상으로 마음이론 과제에서 어떤 차이를 보이는지가 검토되었다(Repacholi & Slaughter, 2003).

Baron-Cohen(2002)에 따르면, 마음이론에서 나타나는 개인차가 공감 유형과 체계화 유형이라는 두 가지 유형의 뇌 기능의 특징에서의 차이를 반영한다고 주장하였다. 공감 유형의 뇌는 다른 사람의 정서와 사고를 확인하고 그에 대해 적절한 정서로 반응하려는 추동(drive)인 공감(empathizing) 능력이 뛰어난 뇌이고, 체계화 유형의 뇌는 한 체계 내의 변인들을 분석하고 그 기저에 있는 규칙을 도출해내고 체계를 구성하려는 추동인 체계화(systemizing) 능력이 우수한 뇌로 보았다. 공감 유형의 뇌를 가진 사람은 인문학 등에서 재능을 보이고 타인의 마음상태를 읽어내는 능력도 뛰어나지만, 체계화 유형의 뇌를 가진 사람은 자연과학이나 공학 등의 분야에서 재능을 보이지만 마음읽기 능력에서는 상대적으로 떨어진다는 점을 지적하였다. 그러나 전공이나 공감 및 체계화 능력에 있어서의 집단 간의 차이를 뇌 활성화 영역으로 비교하는 연구는 아직 드문 것으로 생각된다.

이러한 체계화 능력과 공감 능력에서의 개인차를 고려해본다면, 조경자 등의 연구와 이승복 등의 연구에서 서로 다른 결과가 나온 차이를 설명해볼 수 있겠다. 다양한 전공 배경을 가진 참가자들을 대상으로 행동 수준의 지향성 탐지를 알아보

있던 조경자 등(2006)의 연구에서는 사전 지시가 없는 경우에도 지향성 탐지가 이루어지는 것으로 나타났으나, 이승복 등(2006)의 연구에서는 지향성 탐지 수행이 현저하게 낮았다. 이런 차이가 나타난 것은 이승복 등(2006)의 연구 참가자가 모두 체계화 유형 뇌의 특징을 보이는 공학 전공자였기 때문인 것으로 생각되었다.

본 연구에서는 선행 연구(이승복 등, 2006)와 동일한 방법과 과제를 사용하여 심리학 전공자들의 지향성 탐지 수행 시의 뇌 활성화 영역을 확인하여 선행 연구에서 보고된 공학 전공자들의 뇌 활성화 영역과 비교함으로써 참가자들의 전공 배경에 따른 개인차를 알아보려고 하였다.

방 법

참가자

실험참가자는 충북대학교 심리학과에 재학 중인 학생으로 남녀 각 5명씩 총 10명으로 연령 범위는 20~25세였고, 평균 연령은 22.3세였다. 공학 전공 참가자는 한국과학기술원에 재학 중인 학생으로 남녀 각 5명씩 총 10명으로 실험 참가자의 연령 범위는 20~28세였고, 평균 연령은 22.8세였다(이승복 등, 2006; 실험 2). 실험 참가자는 모두 신경정신과적 질병의 병력이 없고 정기적인 복용 약물이 없는 사람들이었다. 실험이 끝난 후에 모든 참가자들에게 실험 참가비를 지급하였다.

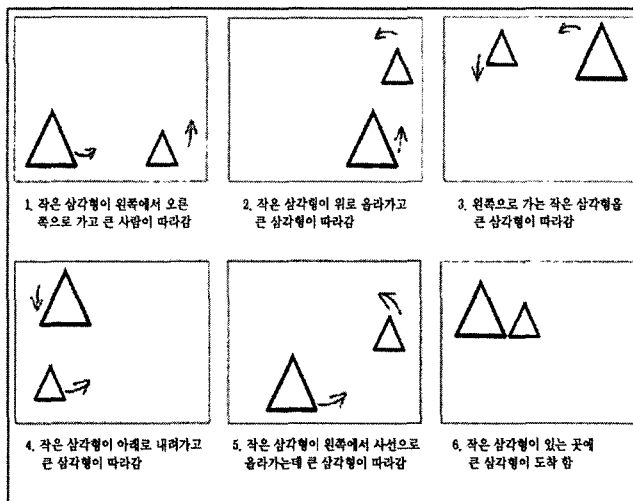
재료와 절차

실험의 자극은 2차원 기하학적 도형(삼각형) 2개가 움직이는 동영상이었다. 동영상은 Flash MX 2004 프로그램을 이용하여 만들었다. 각 동영상에서는 검은색 선으로 그려진 큰 삼각형과 작은 삼각형이 등장하여 흰 배경 화면 위의 여러 위치로 움직였다.

한 회기 동안 참가자는 2가지 유형의 동영상(무선적 동영상과 지향성 동영상)을 보았다. 무선적 동영상에서는 두 삼각형이 화면 위에서 무작위로 움직였다. 지향성

동영상은 한 삼각형이 다른 삼각형을 쫓아가기, 두 삼각형이 싸우고 화해하기, 한 삼각형이 다른 삼각형에게 조르기과 같은 내용을 담은 것이었다. 싸우고 화해하기는 두 삼각형이 같이 춤을 추듯이 움직이다가 서로를 툭툭 친 후에 멀어지고 다시 서로에게 다가가서 춤을 추듯이 같이 움직이는 내용이고, 조르기는 작은 삼각형이 큰 삼각형과 같이 움직이다가 뒤처지면서 때를 쓰는 것처럼 제자리에서 뛰는 움직임을 보이는 내용이었다(그림 1). 참가자들은 2번의 회기에 참가하였고, 각 회기에서 동영상은 맥락이 형성되는 것을 막기 위하여 무선 동영상의 앞뒤로 지향성 동영상인 연이어 제시되지 않는 의사-무선(pseudo-random)의 순서로 제시되었고 하나의 동영상은 27초 동안 제시되었으며, 각 동영상 사이에는 아무 것도 제시되지 않는 18초간의 휴식 조건이 제시되었다. 따라서 각 회기는 무선과 지향성 각 3블록씩 총 6개 블록이었고, 한 블록이 끝나면 휴식 조건이 제시되는 것으로 구성되었다.

참가자들에게 지향성 과제에 대한 설명을 일체 해주지 않고 간단한 동영상을 보게 될 것이라고만 알려주었다. 다만 제시되는 동영상을 보면서 ‘저것은 어떤 내용인가’를 잘 생각해보라고 하였고, 촬영이 끝난 후에 참가자에게 동영상의 내용을 설명해 보도록 하였다. 실험에 사용된 동영상 자극은 LCD 프로젝터를 이용하



〈그림 1〉 지향성 동영상의 예

여 MR 스캐너 안에 위치한 거울을 통해 제시되었다.

fMRI 자료 획득과 분석

전체 실험 자료는 3.0T의 MR 기기(Oxford magnet, Varian console, ISOL)를 통해 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(머리 위에서 밑으로)의 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. 편평화 커널의 크기는 7mm였다. 이러한 과정을 거친 후에 무선적 동영상과 지향성 동영상 조건에 대한 차이 검증(*t*-test)을 하였으며, 집단분석 시에는 각 개인의 통계결과들을 무선효과 모형(random effect model)으로 분석하였다. 본 연구에서는 한 부피소(voxel) 수준에서 $p < .001$, uncorrected의 역치를 넘는, 10개 부피소의 범위를 넘는 활성화 영역을 보고하였다. 지향성 탐지 시의 뇌 활성화 영역을 알아보기 위하여 지향성 조건의 활성화 영역에서 무선 조건의 활성화 영역을 감산하였다.

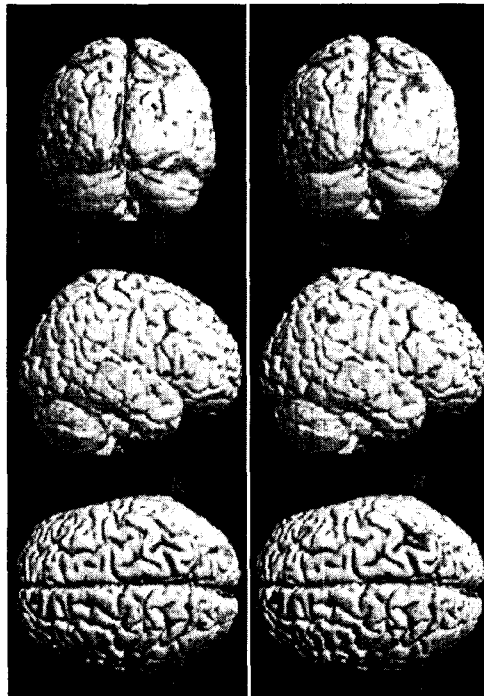
결 과

10명의 자료를 집단 분석하였다. 사전 지시 없이 지향성 탐지 과제를 수행하는 동안 심리학 전공자들은 좌반구의 하전두회(inferior frontal gyrus), 방추상회(fusiform gyrus), 상측두회(superior temporal gyrus), 시상의 내배측핵(medial dorsal nucleus of thalamus)과 우반구의 방추상회(fusiform gyrus)와 변연상회(supramarginal gyrus)에서 활

〈표 1〉 심리학 전공 참가자의 지향성 탐지 시의 뇌 활성화 영역

좌/우	활성화 영역	BA	Talairach 좌표			Z 값
			x	y	z	
좌	Inferior Frontal Gyrus	44	-54	14	10	4.36
좌	Fusiform Gyrus	37	-50	-60	-14	4.32
좌	Inferior Frontal Gyrus	47	-52	20	2	4.22
좌	Superior Temporal Gyrus	42	-60	-26	16	3.65
좌	Thalamus	-	-12	-4	6	3.52
우	Fusiform Gyrus	37	48	-58	-16	3.59
우	Supramarginal Gyrus	40	60	-46	22	3.56

$p < .001$, uncorrected, cluster = 10



〈그림 2〉 심리학 전공자(좌)와 공학 전공자(우)의 지향성 조건에서 무선 조건 감산 후의 뇌 활성화 영역 비교.

성화가 나타났다(표 1과 그림 2).

좌반구의 하전두회는 사회적 상황을 묘사한 시나리오를 읽고 공감적 판단을 할 때 활성화되는 영역으로 알려져 있고(Farrow et al., 2001), 상측두회는 시선 응시와 관련된 것으로 알려진 영역이다(Calder et al., 2002). 특히 상측두회는 상측두구(superior temporal sulcus, STS)의 후측 부분으로 의도적인 행동을 지각하는 영역이고, 생물학적 움직임의 속성을 공유하는 자극에 대한 반응으로 활성화되는 영역으로 안구 움직임과 응시 방향과도 관련되어있다(Puce, Allison, Bentin, Gore, & McCarthy, 1998). 이런 영역을 포함하는 두정엽과 측두엽 접합부에서의 뇌 활성화는 스토리 이해 과제와 움직임이 없는 정지된 만화 과제에서도 나타났는데(Fletcher et al., 1995; Gallagher et al., 2000), 이들 영역은 마음이론 과제에서 공통적으로 활성화되는 영역이다.

하전두회(BA 44/47)와 방추상회(BA 37)는 시각적 움직임 지각과 움직이는 표적 자극의 위치를 기억하는 영역들로서(Lacquaniti et al., 1997), 이 영역들은 기하학적 도형의 움직임을 자극으로 제시하였던 연구(Castelli et al., 2000)에서도 나타났는데, 본 연구에서처럼 두 삼각형이 계속해서 움직이는 동영상 자극이 제시될 때 활성화되는 영역으로 생각된다.

논 의

본 연구에서는 기능적 자기공명 영상 장치를 이용하여 사전 지시 없이 기하학적 도형이 움직이고 있는 동영상을 보면서 지향성을 탐지하는 과제를 하는 동안 활성화되는 뇌 영역이 참가자들의 전공 배경에 따라 다른지를 비교하였다.

사전 설명이 전혀 없이 지향성 탐지 과제를 수행하게 하였을 때, 심리학 전공자는 좌반구의 하전두회, 방추상회, 상측두회와 우반구의 방추상회와 변연상회가 활성화되었다. 그러나, 공학 전공자의 경우에는 우반구의 하두정소엽과 상두정소엽만이 활성화되었다. 이는 사전 지시 없이 지향성 탐지과제를 수행하게 할 때 실험 참가자의 전공 배경에 따라 서로 다른 뇌 영역이 활성화됨을 시사한다.

심리학 전공자에게서 활성화되었던 하전두회와 상측두회는 각각 공감적 판단과

의도적 행동 지각과 관련된 영역으로 사전 지시가 없어도 기하학적 도형의 움직임에서 지향성을 탐지해내려는 기제가 작동한 결과로 나타난 것으로 생각된다. 공학 전공자의 경우(이승복 등, 2006; 실험 2)에는 우반구의 하두정소엽(inferior parietal lobule)과 상두정소엽(superior parietal lobule)이 활성화되었다. 우반구의 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 영역이다(Farrer & Frith, 2002). 또한 상두정소엽은 움직임 탐지와 시각적 공간에서의 주의 이동을 할 때 활성화되는 것으로 알려져 있다(Galletti, Kutz, Gamberini, Breveglieri, & Fattori, 2003; Iacoboni et al., 1999). 이런 영역들은 동영상 자극의 움직임이 포함하고 있는 의미와 의도 등의 지향성을 탐지하기 위해 활성화된 것으로 생각된다. 하두정소엽은 지향성을 포함하고 있는 움직임을 보면서 타인이 하는 행위의 의도를 탐지하는 것과 같은 기제가 작동하여 이 영역이 활성화된 것으로 보인다. 그러나, 비록 타인 행위의 의도 탐지와 관련된 것으로 알려진 하두정소엽이 활성화되기는 하였으나, 기존에 알려진 다른 영역들의 활성화는 나타나지 않았다.

특히 심리학 전공자들은 동영상의 움직임 패턴에 대한 사전 설명이 없었지만 뇌 영상 촬영이 끝난 후에 참가자에게 동영상의 내용을 설명해 보도록 하였을 때, 실험 과제의 자극을 마음상태를 언급하면서 설명하였으나(“두 삼각형이 싸우고 나서 다시 사이가 좋아졌다.”), 공학 전공자들은 자극을 단순한 삼각형의 움직임으로 기술하는 경향을 보였다(“그냥 삼각형 2개가 이리저리 움직였다.”). 이런 행동적 반응을 고려하면 공학 전공 참가자들은 심리학 전공자들에 비해 기하학적 도형의 움직임을 보고 행위유발성이나 지향성을 상대적으로 덜 부여했던 것으로 해석할 수 있다.

본 연구 실험 참가자들의 전공이 여성 뇌 또는 공감적 뇌에 가까울 것이라고 볼 수 있는 심리학과 남성 뇌 또는 체계적 뇌의 특징을 보이는 공학이었는데 지향성 탐지 과제를 수행하는 동안 겹치는 뇌 영역이 나타나지 않고 현저하게 서로 다른 뇌 영역이 활성화되었고, 행동적 반응도 다른 양상을 보였다. 이런 결과는 환경적 및 유전적 요인의 관점으로 해석해볼 수 있다.

Martino와 Winner(1995)에 따르면 풍부한 수학적 추론과 계산 능력이 필요한 공

간적 전공(생물학, 생화학, 화학, 컴퓨터 과학, 수학, 물리학)을 스스로 선택한 학생은 비공간적 전공(예술사, 커뮤니케이션, 교육학, 영문학, 사학, 인간 발달, 간호학, 철학, 정치학, 심리학, 연극)을 선택한 학생보다 공간 능력 검사 점수는 높고 언어 능력 점수는 낮음을 보고하면서, 이는 부분적으로 공간적 과제에 광범위한 경험을 쌓아온 것에 기인한다고 하였다. 또한 인간의 기억을 알아보는 실험을 계획하고 해석하는 과학적 추론 과제에서 대학 교수로 활동 중인 심리학자는 여러 가지 영역-일반적인 기술들을 사용하지만 공학과 물리학과 학부생은 그런 기술들을 사용하지 않은 것으로 나타나서 실험 참가자의 학문분야의 구체성에 따라 과제 수행에서 차이를 보인다는 연구결과(Schunn & Anderson, 1999)를 보면, 후천적인 경험 축적에 따라 지향성 탐지 기제가 작동하는 것이 달라졌을 가능성이 있다.

한편으로, 자폐증의 극단적 남성 뇌 이론(extreme male brain theory of autism)이라고 이름 붙인 Baron-Cohen의 이론에 따르면, 인간에게 필수적으로 필요한 핵심 인지 영역들 중에서 타인의 지향성 상태로 행동을 이해하는 능력, 즉 마음읽기로 알려진 대중심리학(folk psychology) 능력과 물리적 대상을 이해하는 능력인 대중물리학(folk physics) 능력이 전공별로 다를 수 있다고 한다. 물리학, 공학, 수학 등의 분야는 고급 대중물리학 능력이 필요한 분야이고 문학과 같은 전공은 훌륭한 대중심리학 능력이 필요한 분야이다. 그런데 문학 전공 학생에 비해 물리학, 공학, 수학을 전공하는 학생의 가족 중에서 자폐증이 있는 빈도가 유의미하게 더 많고 (Baron-Cohen, 1998), 자폐아를 둔 아버지와 할아버지의 전공이 공학 분야인 경우가 자폐아 자녀가 없는 경우보다 2배 이상 많다는 점(Baron-Cohen, Wheelwright, Stott, Bolton, & Goodyer, 1997)으로 미루어 보아 대중심리학과 대중물리학이라는 두 가지 능력에 유전적 기초가 있을 가능성을 제기하였다.

그러나, 본 연구의 실험 참가자들은 자폐증이 없는 정상 성인이었고, 심리학과 공학 전공자의 성별과 연령을 대응시켰으므로 참가자의 전공이나 성별 요인이 아니라 공감 및 체계화 능력의 개인차가 작용하였을 가능성이 큰 것으로 보인다. Baron-Cohen 등은 공감과 체계화 능력을 구분하였는데, 특히 공감 능력은 다른 사람들이 어떻게 느끼고 생각하는가를 알게 하고, 타인들의 의도를 이해하고 그들의 행동을 예측하며 그들의 정서로 유발된 감정을 경험하게 함으로써 사회적 상황에서 효과적으로 기능할 수 있게 하므로(Baron-Cohen & Sally, 2004) 마음이론 능력의

일부를 구성한다고 할 수 있다. Baron-Cohen 등은 자발적인 공감 능력은 여성이 더 크고 체계화 능력은 남성이 더 크다는 점을 시사하였다(Baron-Cohen, Richler, Bisarya, Gurunathan, & Wheelwright, 2003).

최근 들어 마음이론 능력이 주로 아동을 대상으로 광범위하게 연구되어왔지만, 성인의 마음이론에 대한 인지적 기초에 대해서는 아직 명쾌한 설명이 없으나 기능적 영상 연구나 신경심리학 연구를 보면 이론적인 수준에서는 마음이론이 영역-특정적 또는 단원(domain-specific or modular) 구조로 되어있을 것이라는 점이 지적되었다(Apperly, Samson, & Humphreys, 2005). 수학, 물리학, 공학과 같이 높은 체계화 능력을 필요로 하는 분야를 전공하고 있는 정상 성인이 자폐증과 같은 병리적 문제가 없는 경우에도 자발적인 공감 능력이 상대적으로 떨어지는가에 대해서는 행동 및 신경 수준의 연구가 더 이루어져야 할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 아직 뇌 유형을 측정하는 질문지가 한국에서 표준화된 것이 없어서 미리 뇌 유형의 개인차를 측정하지 못하고 전공별 집단 차이를 볼 수밖에 없었다. 하지만 앞으로의 연구에서는 실험 참가자들에게 사전에 체계화 지수(Systemizing Quotient; SQ)와 공감 지수(Empathy Quotient; EQ)와 같은 자기-보고형 질문지(Baron-Cohen et al., 2003; Baron-Cohen & Sally, 2004)를 실시하여 실제 성별이나 전공과는 별도로 실험 참가자들의 그런 능력에 차이가 있는지를 미리 확인하는 과정을 수행하여야 할 것이다.

참고문헌

- 박민, 이승복, 윤희운, 김소영, 김혜리 (2006). 지향성 탐지기: 과제에 따른 뇌 활성화 영역 차이. 한국심리학회지: 실험, 18(2), 127-138.
- 이승복, 박민, 윤희운, 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.
- Apperly, I. A., Samson, D., & Humphreys, G. W. (2005). Domain-specificity and theory of

- mind: Evaluating neuropsychological evidence. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(12), 572-577.
- Baron-Cohen, S. (1998). Does autism occur more often in families of physicists, engineers, and mathematicians? *Autism*, 2(3), 296-301.
- Baron-Cohen, S. (2002). The extreme male brain theory of autism. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(6), 248-254.
- Baron-Cohen, S. (2005). 마음맹: 자폐증과 마음이론에 관한 과학에세이[Mindblindness: An essay on autism and theory of mind]. (김혜리, 이현진 역). 서울: 시그마프레스. (원전은 1995년에 출판)
- Baron-Cohen, S., & Sally, W. (2004). The Empathy Quotient: An investigation of adults with Asperger syndrome or high functioning autism, and normal sex differences. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 34(2), 163-175.
- Baron-Cohen, S., Richler, J., Bisarya, D., Gurunathan, N., & Wheelwright, S. (2003). The systemizing quotient: An investigation of adults with Asperger syndrome or high-functioning autism, and normal sex differences. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Biological Sciences*, 358(1430), 361-374.
- 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.
- Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Stott, C., Bolton, P., & Goodyer, I. (1997). Is there a link between engineering and autism? *Autism*, 1(1), 101-109.
- 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.
- Brüne, M., & Brüne-Cohrs, U. (2006). Theory of mind-Evolution, ontogeny, brain mechanisms and psychopathology. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 30(4), 437-455.
- 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.
- 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.
- Farrow, T. F. D., Zheng, Y., Wilkinson, I. D., Spence, S. A., Deakin, J. F. W., Tarrler, N., Griffiths, P. D., & Woodruff, P. W. R. (2001). Investigating the functional anatomy of empathy and forgiveness. *NeuroReport*, 12(11), 2433-2438.
- Fletcher, P. C., Happé, F., Frith, U., Baker, S. C., Dolan, R. J., Frackowiak, R. S. J., & Frith, C. D. (1995). Other minds in the brain: A functional imaging study of "theory of mind" in story comprehension. *Cognition*, 57(2), 109-128.
- Frith, U., & Frith, C. D. (2003). Development and neurophysiology of mentalizing. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Biological Sciences*, 358(1431), 459-473.
- Gallagher, H. L., & Frith, C. D. (2003). Functional imaging of 'theory of mind'. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(2), 77-83.
- Gallagher, H. L., Happé, F., Brunswick, N., Fletcher, P. C., Frith, U., & Frith, C. D. (2000). Reading the mind in cartoons and stories: An fMRI study of "theory of mind" in verbal and nonverbal tasks. *Neuropsychologia*, 38(1), 11-21.
- Galletti, C., Kutz, D. F., Gamberini, M., Breveglieri, R., & Fattori, P. (2003). Role of the medial parieto-occipital cortex in the control of reaching and grasping movements. *Experimental Brain Research*, 153(2), 158-170.
- 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.
- Heider, F., & Simmel, M., (1944). An experimental study of apparent behavior. *American Journal of Psychology, 57*(2), 243-259.
- Iacoboni, M., Woods, R. P., Brass, M., Bekkering, H., Mazziotta, J. C., & Rizzolatti, G. (1999). Cortical mechanisms of human imitation. *Science, 286*(5449), 2526-2528.
- 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.
- Martino, G., & Winner, E. (1995). Talents and disorders: Relationships among handedness, sex, and college major. *Brain and Cognition, 29*(1), 66-84.
- 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., & Woodruff, G. (1978). Does the chimpanzee have a 'theory of mind'? *Behavioral and Brain Sciences, 1*(4), 515-526.
- Puce, A., Allison, T., Bentin, S., Gore, J. C., & McCarthy, G. (1998). Temporal cortex activation in humans viewing eye and mouth movements. *Journal of Neuroscience, 18*(6), 2188-2199.
- Repacholi, B., & Slaughter, V. (Eds.). (2003). *Individual differences in theory of mind: Implications for typical and atypical development*. New York: Psychology Press.
- Scholl, B. J., & Tremoulet, P. D. (2000). Perceptual causality and animacy. *Trends in Cognitive Sciences, 4*(8), 299-309.
- Schunn, C. D., & Anderson, J. R. (1999). The generality/specificity of expertise in scientific reasoning. *Cognitive Science, 23*(3), 337-370.

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. 11. 30

2 차원고접수 : 2007. 4. 2

최종게재승인 : 2007. 5. 22

(Abstract)

Individual Differences in Intentionality Detection: Brain Activation Areas According to College Major

Min Park Seungbok Lee Hyo-Woon Yoon Woorim Jeong Hei-Rhee Ghim
Chungbuk Gachon University of Chungbuk
National University Medicine and Science National University

We compared brain activation areas during participants drawn from contrasting two college majors performed intentionality detection (known as the basic mechanism of theory of mind) task using fMRI. The main purpose of this study was to identify whether individual differences are present in intentionality detection or not. In psychology major, the left inferior frontal gyrus, the fusiform gyrus, the superior temporal gyrus and the right fusiform gyrus, the supramarginal gyrus were activated. In engineering major, the inferior parietal lobule and the superior parietal lobule were found. This result suggests that according to participants' major, different brain areas were activated. The relations between performance of the intentionality detection task and the individual variants of participants were discussed.

Keywords : Theory of Mind, intentionality detection, individual differences, participants' college major, fMRI