

마음이론의 신경 기초*

박민 이승복[†] 김혜리

윤효운

충북대학교 심리학과

가천의과학대학교 뇌과학연구소

마음이론이란 자신과 타인이 목적, 바람, 믿음과 같은 마음상태를 가지고 있으며 이러한 마음상태가 특정 행동을 하도록 만든다는 마음에 대한 지식을 가리킨다. 마음이론을 가지고 있는 인간은 사람의 행동을 그 사람의 마음과 관련하여 이해하는 마음읽기를 하게 된다. 본 논문에서는 마음읽기의 신경 기초를 밝혀보기 위하여 수행되었던 최근 연구들을 개관한다. 뇌 손상 환자들을 대상으로 한 연구들은 우반구, 안와전두피질, 편도체 등의 뇌 영역 손상과 마음읽기 능력의 결함이 서로 관계가 있음을 시사했다. 정상인들을 대상으로 한 신경영상 연구들에서는 상측두구, 측두극, 및 내측 전전두피질과 같은 특정한 뇌 영역들과 마음이론의 관련성을 보여 주었다. 뇌 영상과 뇌 손상 연구결과들은 마음읽기 능력이 광범위하게 분포된 신경체계에 기초하고 있음을 시사한다. 향후 기존 연구들과 비교하여 좀 더 다양한 참가자들을 대상으로 마음이론의 신경 기초에 대한 연구가 이루어져야 할 필요성이 있음을 논의하였다.

주요어: 마음이론, 뇌 영상 연구, 내측 전전두피질, 상측두구, 측두극

인간은 끊임없이 타인과 의사소통을 하면서 살아간다. 따라서 원활한 의사소통을 위해서는 타인의 마음을 읽어내고 타인의 마음상태를 이해하는 것이 필수적이다. 자신과 타인의 목적, 바람, 믿음 등과 같은 지향성(intentionality)을 가진 마음상태를 이해할 수 있을 때, 이를 마음이론(Theory of Mind: 이하 ToM) 또는 마음추측(mentalizing) 능력을 가지고 있다고 한다(Baron-Cohen, Tager-Flusberg, & Cohen, 2000). 마음이론이라는 용어는 Premack과 Woodruff(1978)가 만든 용어이다. 이들은 사람이 의도나 바람과 같은 마음상태를 가지고 있다는 것을 침팬지가 이해한다는 실험적 증거를 제시하면서, 자신과 타인이 목적, 바람, 믿음과 같은 마음상태를 가지고 있으며, 이러한 마음상태가 특정 행동을 하도록 만든다는 마음에 대한 지식을 마음이론이라고 하였다. 마음에 대한 지식을 굳이 '이론'이라고 한 것은 마음이 행동을 예측하고 설명하기 위해 사용되는 눈에 보이지 않는 이론적 구성개념이며, 마음에 대한 지식이 마치 이론과 같은 기능을 한다고 볼 수 있기 때문이다. Premack과 Woodruff의 연구이후 이 분야에 대한 많은 연구들이 수행되면서, 오늘날에는 마음이론이라는 용어가 마음에 대한 지식뿐만 아니라 이러한 지식을 사용하여 행동에서 마음을 추론하는 마음읽기 과정까지를 모두 포함하는 의미로 사용되고 있으며(Baron-Cohen, 1995 / 2005), 더 나아가 이 분야의 연구를 지칭하는 의미로도 사용되고 있다(Leekam, 1993). 마음이론에 관한 연구는 어린 아동이 취하는 정신적 관점의 발달을 기술하기 위하여 (아동)발달심리학자들이 주로 연구하기 시작하였으나, 오늘날에는 다양한 분야의 심리학자들이 관심을 가지고 연구하는 분야로 확장되고 있다. 예를 들어, 다른 인지적 능력은 잘 유지되지만 마음읽기 능력에서만 선

택적으로 결함을 보이는 자폐증을 설명하는 개념으로 큰 영향을 미치고 있으며, 자신과 타인의 사고와 의도를 모니터링 하는데 문제가 있는 정신분열에서 사회적 행동에 문제가 생기는 전두측두 치매에 이르는 장애들이 마음읽기 능력에 문제가 생긴 것으로 볼 수 있다는 증거가 늘어나고 있다(Brüne & Brüne-Cohrs, 2006). 최근 들어서 이 주제는 사회적 동물로서의 진화의 산물로 보는 진화심리학, 자폐증을 마음읽기 능력이 없는 것으로 보는 발달심리학, 그리고 타인과의 관계 와해를 적절하지 못한 마음이론 때문이라고 보는 사회인지 등의 분야에서 상당한 관심이 집중되고 있다.

마음읽기 능력에 대한 진화적 관점에서는 자신과 타인의 마음읽기를 하는 것이 행동을 가장 빠르고 효율적으로 이해할 수 있는 방법이고, 행동을 재빨리 이해하고 조작하는 능력은 인간을 포함한 영장류 동물과 같이 사회적 상호작용을 많이 하는 사회적 동물에게는 번식의 성공 확률을 높일 수 있으므로, 마음읽기는 사회적 상호작용을 많이 하는 영장류와 인간 종이 유인원 중에서 분화되기 시작할 때부터 진화된 진화의 산물이라고 가정한다(Blakemore, Winston, & Frith, 2004). 진화적 관점으로 본다면, 현재 인간이 가지고 있는 마음읽기 능력은 생득적이고, 그 기능을 담당하는 신경기제가 있으며, 그런 인간의 독특한 기제는 최근에 진화적 변화를 겪어온 뇌의 영역들과 관련이 있을 것이라고 가정할 수 있다. 이를 바탕으로 마음읽기 능력의 신경생물학적 기제에 대한 연구가 이루어져 왔다(Gallagher & Frith, 2003). 다른 한편으로는, 마음읽기를 할 수 없다고 알려진 자폐증 환자들과 정상인의 신경기제에 대한 비교 연구를 위하여 정상적인 마음읽기 능력을 가지고 있는 사람들 뇌의 신경적 기초 연구가

축발되었다(Baron-Cohen, 1995 / 2005). 마음읽기의 신경 기초에 대한 최근 연구에서는 우리로 하여금 자동적으로 마음상태를 자신과 타인에게 귀인할 수 있게 하는 뇌의 기제를 찾기 위하여, 건강한 사람을 대상으로 마음읽기 능력을 측정하기 위한 다양한 과제들을 수행할 때 fMRI와 같은 기능적 뇌 영상 기법을 이용하여 마음읽기 능력을 구성하는 하위 능력들과 관련된 여러 영역과 그 기능을 확인하는 뇌 기능 영상 연구가 이루어지고 있다.

본 논문에서는 지금까지 이루어져온 뇌 손상 환자와 정상인 대상의 뇌 영상 연구에 초점을 맞추어 마음읽기와 관련된 뇌 영역과 신경 기제를 개관하였다.

마음읽기 능력을 측정하기 위한 과제

언어적 마음읽기 측정 과제로 가장 널리 사용되는 과제는 틀린 믿음(false belief) 과제로 불리는 것이다. 타인이 가지고 있는 틀린 믿음을 이해할 수 있는가, 즉 자신이 알고 있는 내용과 타인이 알고 있는 내용을 분리시켜서 생각할 수 있는가를 검사하는 과제이다. 이는 다른 사람들이 자신의 정확한 지식과는 다른 틀린 믿음을 가지고 있을 수 있음을 파악하는 능력을 측정한다. 이런 틀린 믿음의 이해를 알아보는 대표적인 검사가 샬리-앤 검사(Sally-Anne test)이다. 이 검사에서는 등장인물인 앤이 또 다른 등장인물인 샬리가 없을 때 물건을 숨겼다는 피검사자 자신의 인식과 등장인물의 인식을 구별해야하는 상황을 제시한다. 연구 참가자에게 샬리가 돌아왔을 때 그녀가 떠나기 이전에 그 물건이 있던 장소에서 물건을 찾을지 아니면 앤이 옮겨놓은 곳에서 찾을지를 질문한

다. 샬리-앤 검사에 통과하기 위해서는 피검사자가 샬리가 그 물건이 실제로 어디에 있는지를 모른다는 것을 알고 있어야한다. 즉 실제에 대한 1차적인 틀린 믿음을 이해하는 능력이 필요하다. 일반적으로 4살 미만의 아동은 이 검사의 질문에 제대로 답을 하지 못한다(Brüne & Brüne-Cohrs, 2006).

2차 틀린 믿음 과제는 타인이 세상에 대해 틀린 믿음을 가지고 있을 뿐만 아니라 타인의 믿음에 대한 2차적인 믿음에 대해서도 틀린 믿음을 가지고 있음을 인식하는가를 알아보는 과제로 ‘등장인물 X는 또 다른 등장인물 Y가 이렇게 생각하고 있다고 믿고 있다.’ 라는 형태를 하고 있다. 예를 들면 다음과 같이 구성되는 상황일 수 있다. “철수와 영호가 TV로 월드컵 축구 중계를 보고 있었다. 처음에는 프랑스가 크게 이기고 있었다. 영호가 화장실에 갔다. 영호가 화장실에 간 사이에 철수는 미국이 경기에서 이기는 것을 보았다. 영호가 다시 왔을 때는 경기가 끝나있었다.” 참가자에게 철수는 영호가 어느 나라가 경기에 이겼을 것이라고 믿고 있을 것이라고 생각하는가를 질문한다. 이 질문에 답하기 위해서는 영호는 미국이 이기고 있다는 믿음을 가지고 있었음을 이해하고, 여전히 미국이 이겼을 것이라는 틀린 믿음을 가지고 있음을 이해할 수 있어야 한다. 이와 같은 2차 틀린 믿음 과제는 아동들을 대상으로 한 행동 연구에서는 6~7세 이후가 되어야 답을 할 수 있는 것으로 나타났다(Astington et al., 2002).

2차 틀린 믿음 과제에서는 첫 번째 등장인물의 믿음이나 사고뿐만 아니라 두 번째 등장인물의 믿음이나 사고도 억제해야만 하므로, 1차 틀린 믿음 과제보다 더 많은 억제 통제를 필요로 한다고 볼 수 있다. 또한 문장의 보어(complement) 이해가 필요하다는 점에서 언어적

능력의 발달이 필요하다. 이처럼 틀린 믿음 과제의 수행은 억제 통제와 통사론 발달과 관계가 있으므로, 마음에 대한 지식 발달 촉진과 억제 통제 또는 언어 기술 발달과의 상관을 반영한다(Saxe et al., 2004).

또 다른 언어적 마음읽기 측정 과제로 헛디딤(faux pas) 과제가 있다. ‘헛디딤’ 상황이란 말하는 사람이 상대방이나 상황에 대해 정확하게 알지 못하는 것이 있어서 의도하지 않게 상대방을 기분 나쁘게 할 수 있는 말을 하는 상황이다. 예를 들면, 과학자인 스티브는 자기 아내와 비행기로 여행을 하고 있다. 갑자기 다른 과학자가 스티브의 어깨를 쳤다. 스티브는 이 사람이 자기가 아는 사람인가 하고 자세히 보다가 “아 안녕! 이렇게 우연히 만나다니! 내 아내 베치를 소개하지. 베치, 이 친구는 하버드 대학 시절의 내 친구인 제프리아.” 라고 말한다. 베치는 “오, 안녕하세요 제프리, 만나서 반가워요.” 라고 말한다. 그 사람은 “저어, 내 이름은 제프리가 아니고, 마이크인데요.” 라고 말한다. 이런 경우처럼 헛디딤 상황은 말하는 사람이 결코 의도하지 않은 부정적인 결과를 가져오게 되는 무언가를, 듣는 사람이 듣거나 알기를 원하지 않을 수도 있음을 고려하지 않고 말할 때 일어나는데, 말하는 사람은 “그렇게 말하면 안 되는 것이었는데!” 라는 후회, 당황, 듣는 사람에게 미안함과 같은 혼합된 감정들을 느끼게 된다.

헛디딤 과제를 이해하려면 헛디딤을 저지르는 사람이 자신이 한 말이 상대방을 불쾌하게 할 수 있다는 것을 모르고 있다는 관점과 불쾌해하거나 화를 내는 사람의 마음상태를 동시에 표상해야 하므로 상당히 발달된 마음읽기 능력이 필요하다(Baron-Cohen, O’Riordan et al., 1999). 결국 헛디딤 과제는 틀린 믿음에 대한 이해와

누군가에게 미치는 그 영향에 대한 공감적 추론이 둘 다 필요한 과제이다. Baron-Cohen과 O’Riordan 등에 따르면, 헛디딤 탐지 과제는 9~11세의 정상 아동은 능숙하게 수행하지만, 아스퍼거 증후군(Asperger syndrome)이나 고기능 자폐의 경우에는 과제 수행 능력이 손상되는 것으로 나타났다.

또한 어떤 이야기를 읽고 등장인물들이 안고 있는 마음 내용을 답하는 이야기 이해 과제나 상대방의 이야기 내용을 넘어서 말한 사람이 실제로 의도한 바를 추론하는 비꼬기(irony) 과제도 언어적인 마음읽기 과제이다(Happé, 1994).

이외에도 비언어적인 마음읽기 측정 과제로 만화 과제와 시선 과제 등이 있다. 만화 과제는 한 칸의 만화 속에 그려져 있는 등장인물이 무엇을 잘못 생각하고 있는가를 생각하는가를 지적하는 과제이고(e.g., Gallagher et al., 2000), 시선 과제는 좀 더 현실적인 과제로서 눈의 영역만을 찍은 사진을 제시하여 그 아래쪽에 제시된 단어들 중에 그 시선으로부터 읽어낼 수 있는 마음상태를 가리키는 것을 선택하게 하는 과제이다(Baron-Cohen et al., 2001).

뇌 손상 환자를 대상으로 한 마음읽기 측정 연구

기존의 행동적 마음읽기 연구에서 사용되어 온 과제를 해결하는 능력이 뇌의 특정한 부위나 연결된 뇌 영역들에 기초하여 구현된다면, 그 부위나 연결된 영역들에 장애를 일으키는 뇌 손상이 있으면 마음읽기 과제를 해결하는데 장애가 일어날 것이라고 예측할 수 있다. 이러한 논리를 바탕으로, 뇌 손상 환자들을 대상으로 CT나 MRI 촬영으로 그 손상 부위를 확인하

고 마음읽기 과제를 실시하여 관련된 뇌 영역과 그 기능의 결합을 측정 한 연구들이 보고되어 왔다.

Siegal 등(1996)은 틀린 믿음 과제를 해결하기 위해서는 대화에 포함되어 있는 언어의 숨은 뜻을 읽어내는 것이 필요하므로, 그와 같은 화용론적(pragmatic) 측면을 담당하는 우반구의 손상에 의해 마음읽기 능력의 장애가 생긴다는 가설을 세웠다. 우반구 손상집단 17명과 좌반구 손상집단 11명을 비교한 결과, 그 가설이 지지되어 우반구 손상집단에서만 틀린 믿음 과제의 정답 수가 적었다. Winner 등(1998)도 화용론적 측면에 주목하였다. 일상생활에서 이루어지는 대화에는, 듣는 이가 알고 있는 정보를 말하는 이가 모르는 경우와, 말하는 이도 알고 있는 경우가 있다. 말하는 이가 듣는 이가 가지고 있는 정보에 대해 모르는 경우에는 거짓말이 될 수 있는데, 듣는 이가 알고 있음을 인지하면서도 하는 말인 경우에는 농담이 되는 상황이 있다. 알지 못하는 경우에 말하는 사람의 의도적인 잘못은 거짓말이 되고, 알고 있는 경우에는 농담이 된다. 따라서 어떤 이야기를 읽은 경우에 등장인물의 대사가 거짓말인가 농담인가를 구별하는 과제는 이야기를 듣는 이가 지닌 정보를 말하는 이도 가지고 있는가를 판단하고(1차 믿음), 그 사실을 참가자가 예측할 필요가 있는(2차 믿음) 일종의 2차 믿음 과제라고 할 수 있다. Winner 등은 그와 같은 이야기를 청각적 및 시각적으로 제시하는 실험에서 우반구 손상집단 13명과 건강한 정상인 대조집단 20명을 비교하였다. 그 결과, 1차 믿음에 대한 질문에는 집단간 차이가 나타나지 않았으나, 2차 믿음에 관한 질문에서는 정답 수에 유의미한 집단간 차이가 있었다.

Happé 등(1999)은 자폐증의 증상과 우반구

손상에 의한 증상이 유사하다는 점에 착안하여 우반구 손상집단 14명과 건강한 정상인 대조집단 19명을 비교하였다. 마음읽기를 필요로 하는 설문과 필요로 하지 않는 설문을 둘 다 포함하는 이야기 이해 과제와 만화 과제 등을 실시한 결과, 우반구 손상집단에서는 정답 수의 저하와 반응시간의 지연이 있었으나, 5명의 좌반구 손상 환자에서는 그런 결합이 나타나지 않았다. 이처럼 좌반구 손상에 의한 실어증 환자와는 달리, 우반구 손상 환자들에게서는 마음읽기 과제 수행에 결함이 나타나는 것으로 보이지만, 우반구 손상집단 16명과 좌반구 손상집단 16명을 대상으로 틀린 믿음 이야기를 제시할 때 추가로 이야기 속 등장인물에 해당하는 그림을 시각적 단서로 제시하여 뇌 손상 참가자들의 시공간 기억을 강화시킨 다음에 마음읽기 능력을 측정하였던 Surian과 Siegal(2001)의 연구에서는 두 집단 모두 과제 수행을 적절히 한다고 보고하였다.

Channon과 Crawford(2000)는 우반구 전두엽 손상집단 13명, 좌반구 전두엽 손상집단 6명, 후측 우반구 손상집단 8명, 후측 좌반구 손상집단 4명을 비교하였다. 이야기 이해 과제에서의 정답 수와 마음상태를 나타내는 단어를 말한 수는 모두 좌반구 전두엽 손상집단에서만 유의미하게 낮았고, 다른 집단과 건강한 정상인 대조집단 60명간에는 유의미한 과제 점수의 저하가 없었다. Stuss 등(2001)은 같은 방법으로 우반구 전두엽 손상집단 4명, 좌반구 전두엽 손상집단 8명, 양반구 전두엽 손상집단 7명, 후측 우반구 손상집단 5명, 후측 좌반구 손상집단 8명을 건강한 정상인 대조집단 14명의 점수를 기준으로 비교하였다. 과제는 타인의 관점에서 본 시각적 경험을 추론 할 수 있는가를 알아보는 시각적인 관점 취하기 과제와 조수가 항상

공이 숨겨져 있지 않은 컵을 가리켜서 속임수를 쓰는 상황에서 그것을 알아차리는가를 확인하는 속임수 과제를 사용하였다. 시각적인 관점 취하기 과제에서는 전두엽 손상집단과 비전두엽 손상집단, 건강한 정상 대조집단간에 유의미한 차이가 있었다. 또한 우반구 전두엽 손상집단은 좌반구 전두엽 손상집단에 비해 점수가 떨어졌다. 속임수 과제에서는 전두엽 손상집단의 효과는 보이지 않았으나 양측 손상집단의 점수는 낮았다.

이런 연구들을 전두엽 손상집단과 비전두엽 손상집단이라는 관점에서 보면, 전두엽의 손상으로 마음읽기 과제 수행에 장애가 생긴다고 볼 수 있으나 손상 반구의 좌우에 관해서는 결과가 일치하지 않고 있다. 이는 마음읽기에 관련된 뇌 부위와 연결 영역들이 좌반구나 우반구 어느 한쪽에만 국한되지 않음을 시사한다.

Stone 등(1998)은 좌반구 전두엽의 배측과 복외측 손상집단 5명과 양반구 안와전두피질(orbitofrontal cortex: OFC) 손상집단 5명, 및 양반구 측두엽 전측 손상 환자 1명을 비교하였다. 1차 틀린 믿음 과제, 2차 틀린 믿음 과제, 헛디딤 과제를 사용한 결과, 1차와 2차 틀린 믿음 과제 수행에는 문제가 없었으나 헛디딤 과제에서는 양반구 안와전두피질 손상집단에서만 장애가 있었다. 또한 양측 전측 측두엽 손상환자는 어느 과제 수행에서도 문제가 없었다. 이에 따라 Stone 등은 주요한 마음읽기 관여 영역으로 안와전두피질을 지적하였다. Rowe 등(2001)은 우반구 전두엽 손상집단 15명을 좌반구 전두엽 손상집단 16명과 비교하였다. 1차, 2차 틀린 믿음 과제의 경우에는 건강한 정상인 대조집단 31명의 점수에 비해 두 집단 모두 과제 수행 점수가 낮았다. Rowe 등은 전두엽 내의 손상 영역이나 손상 크기의 효과는 없다는 결론

을 내렸다.

이상의 연구들은 틀린 믿음 과제를 수행할 때 전두엽 손상에 의해 수행이 떨어지는지는 확실치 않으며, 마음읽기 능력을 측정하기 위하여 틀린 믿음 과제 이외의 과제를 이용하여 전두엽 손상의 효과를 연구할 필요성이 있음을 시사한다.

Shamay-Tsoory 등(2003)은 전두엽 손상집단과 뇌 후측 영역 손상집단의 공감 능력, 인지적 유연성, 감정 이해, 및 마음읽기의 각 과제 점수와의 관계를 살펴보았다. 전두엽 복내측 손상, 특히 우반구 손상에 의해 공감 점수가 떨어지며, 그 공감 점수는 복내측 손상집단에서는 마음읽기 과제의 점수와, 배외측 손상집단에서는 인지적 유연성 점수와 유의미한 상관성이 있는 것으로 나타났다.

한편으로 전두측두형 치매(frontotemporal dementia: 이하 FTD)와 마음읽기와의 관련성이 주목을 받았다. 그 이유는 기존의 인격변화나 행동 이상으로 기술되어 온 치매 증상의 배경에 마음읽기의 결함이 그 기제일 가능성이 있기 때문이었다.

Lough 등(2001)과 Lough와 Hodges(2002)는 각각 1명의 FTD 환자를 연구하였다. FTD 환자는 1차 틀린 믿음 과제, 2차 틀린 믿음 과제, 헛디딤 과제 모두에서 점수가 낮은 것으로 나타났다. 같이 실시한 시선 과제에서는 75%의 정답을 보여 정상 범위 이내였다. Gregory 등(2002)은 FTD 19명과 알츠하이머형 치매(Alzheimer's dementia: 이하 AD) 12명, 및 16명의 건강한 정상인 대조집단에게 1차 틀린 믿음 과제, 2차 틀린 믿음 과제, 헛디딤 과제, 시선 과제를 실시하였다. 그 결과, FTD 집단은 모든 과제에서 점수가 떨어졌으나, AD 집단에서는 2차 틀린 믿음 과제에서만 점수가 낮게 나타났고, ToM 과

제 점수는 전두엽 복내측 영역의 위축 정도와 상관관계가 있는 것으로 나타났다. Snowden 등(2003)은 FTD 13명, 헌팅턴병(Huntington's disease: 이하 HD) 13명의 점수를 18명의 건강한 정상인 대조집단의 점수와 비교하였다. 만화 및 이야기 이해 등에서 FTD 환자들만이 특징적으로 ToM 과제 점수가 떨어지는 것으로 나타났다.

Cuerva 등(2001)은 AD 34명을 대상으로 2차 틀린 믿음 과제를 실시한 결과, 그 중 22명에게서 점수가 낮게 나타났고 이 22명은 점수가 높았던 12명에 비하여 언어성 기억, 언어성 이해, 추상적 사고, 명명, 언어 사용의 결함도 심하게 나타났다. 또한 ToM 과제의 점수는 우울, 망상, 무감정 등의 점수와 유의미한 상관관계가 있었다. Saltzman 등(2000)은 파킨슨병 집단 11명과 건강한 정상인 대조집단 8명을 비교하여 이야기 이해 과제 등의 ToM 과제 점수가 떨어진다고 보고하였다.

편도체 손상과 마음읽기 능력간의 관계 연구도 이루어졌는데, Fine 등(2001)은 발달의 초기에 좌반구 편도체에 손상을 입은 환자가 1차 틀린 믿음 과제에는 문제가 없으나 2차 틀린 믿음 과제와 만화 과제에서는 점수가 낮게 나타나는 것을 보고하였다. Stone 등(2003)은 성인이 된 이후에 후천적으로 양측 편도체 손상을 입은 환자 2명이 헛디딤 과제, 시선 과제를 수행하였을 때 두 과제 모두 점수가 낮게 나타났음을 보고하였다.

뇌 손상 환자들을 대상으로 한 연구들을 정리해보면, 우반구 손상, 전두엽 손상, FTD, 편도체 손상 등이 마음읽기 능력 결함과 관련이 있고, 특히 전두엽 내에서는 안와전두피질, 복내측 영역이 관련되어 있음을 알 수 있다.

정상인을 대상으로 한 뇌 기능 영상 연구

Baron-Cohen 등(1994, 실험 2)은 SPECT를 이용하여 마음상태를 가리키는 단어 인식 과제 수행 중의 뇌 활동을 연구하였다. 그 결과, 이 과제와 우반구 전두엽의 안와전두피질과 관련이 있음이 나타났다. 이 연구를 시작으로 건강한 정상인이 마음읽기 과제를 수행하는 동안 나타나는 뇌 활성화를 PET나 fMRI를 이용하여 촬영하는 뇌 기능 영상 연구가 개시되었다.

Fletcher 등(1995)은 PET를 이용하여 마음상태 읽기가 필요한 소위 "ToM 이야기" 이해 과제를 실시하였을 때 좌반구의 내측 전두회(BA 8), 상측두 영역(BA 22/39), 후측 대상회(BA 23/31)와 양측 측두극(BA 38)에서의 활성화를 발견하였다. 등장인물의 마음상태를 묻는 문제와 물리적 상태를 묻는 문제에서의 활성화를 비교하였을 때 좌반구의 내측 전두회(BA 8), 전측 대상회(BA 32)와 우반구의 후측 대상회(BA 23/31), 하두정소엽(BA 40)에서의 활성화가 발견되었다. Gallagher 등(2000)은 fMRI를 이용하여 이야기 이해 과제를 실시하였을 때, 내측 전두회(BA 8/9)와 양반구의 측두극(BA 38), 및 측두두정 연결부(BA 39/40)에서의 뇌 활성화를 발견하였다. Saxe와 Kanwisher(2003) 역시 fMRI 기법과 이야기 이해 과제를 이용하여 뇌를 촬영하였을 때 양측 측두두정 연결부, 전측 상측두구, 설전소엽(precuneus)에서의 활성화를 발견하였다. Calarge 등(2003)도 PET로 등장인물의 마음상태에 관한 이야기 과제를 실시하여 좌반구의 내측 전두엽, 상전두회, 전측 및 후측 대상회와 측두극 등에서의 활성화를 발견하였다.

Gallagher 등(2000)은 신문 만평 형태의 그림 1장으로 구성된 만화를 제시하는 만화 과제도

실시하였는데, 만화의 의미를 해석하기 위해서는 마음읽기 능력이 필요한 과제였다. 그 결과, 내측 전두회(BA 8), 우반구의 측두두정 연결부(BA 40), 외측 중전두회(BA 6), 설전소엽(BA 7/31), 방추회(BA 20/36)에서의 활성화를 발견하였다. 이야기 이해 과제와 만화 과제를 둘 다 실시하였던 Gallagher 등의 연구에서, 두 과제에서 공통적으로 발견된 영역은 내측 전두회(BA 8/9), 우반구의 외측 중전두회(BA 6), 좌반구의 측두극(BA 38), 양측 측두두정 연결부(BA 39/40), 설전소엽(BA 7/31)이었다. 만화 과제에 비하여 이야기 과제에서 강한 활성화를 보인 영역은 내측 전두회(BA 9)였고, 만화 과제에서 강한 활성화를 보인 곳은 우반구 중전두영역(BA 6), 설전소엽(BA 7/31)이었다. Brunet 등(2000)은 우반구의 중전두회(BA 8/9), 내측 전두회(BA 9), 하전두회(BA 47), 하측두엽(BA 20/21)과 좌반구의 측두극(BA 38), 소뇌 및 양측 전측 대상회(BA 31, 24)와 후측 중측두 영역(BA 21)에서의 활성화를 발견하였다. Völlm 등(2006)도 그림 3장으로 구성된 만화 과제를 실시하여 외측 전전두피질, 중전두회, 설소엽(cuneus), 상측두회의 활성화를 발견했다.

Baron-Cohen 등(1999)은 자폐증 집단과 건강한 정상인을 대상으로 fMRI를 이용하여 시선 과제를 실시하였다. 두 집단 모두 좌반구의 전

두 영역과 편도체 및 해마와 양측 측두 영역에서 광범위한 활성화를 보였으나, 자폐증 집단에서는 양측 상측두 영역(BA 22)의 활성화 증가가 발견되는데 비해, 건강한 정상인 참가자에게서는 좌반구의 하전두회(BA 44/45), 편도체와 우반구의 도회(insula) 활성화 증가가 발견되었다.

Kobayashi 등(2006)은 fMRI 연구로서는 처음으로 영어를 사용하는 미국인 16명과 일본어와 영어를 사용하는 이중언어자 16명을 대상으로 2차 틀린 믿음 과제를 실시하였다. 내측 전전두피질(medial prefrontal cortex: MPFC)과 전측 대상피질(anterior cingulate cortex: ACC) 등의 영역의 활성화를 발견하였으나, 하전두회(inferior frontal gyrus: IFG)와 같은 영역은 참가자의 문화적 언어적 배경에 따라 다르게 활성화되는 것을 발견하였다. Kobayashi 등은 2차 틀린 믿음 과제를 이야기와 만화 두 가지 형태로 제작하여 성인과 아동, 단일언어 사용 아동과 이중언어 사용 아동을 대상으로 뇌 활성화 영역을 비교하였다. Kobayashi 등(2007a)의 연구에서는 18~40세의 성인 16명과 8~12세의 아동을 대상으로 fMRI를 이용하여 이야기와 만화 형태의 2차 틀린 믿음 과제를 실시하여, 두 형태의 과제에 공통적인 뇌 활성화 영역으로 양측 측두두정 연결부와 우반구의 하두정소엽을 발견하였다.

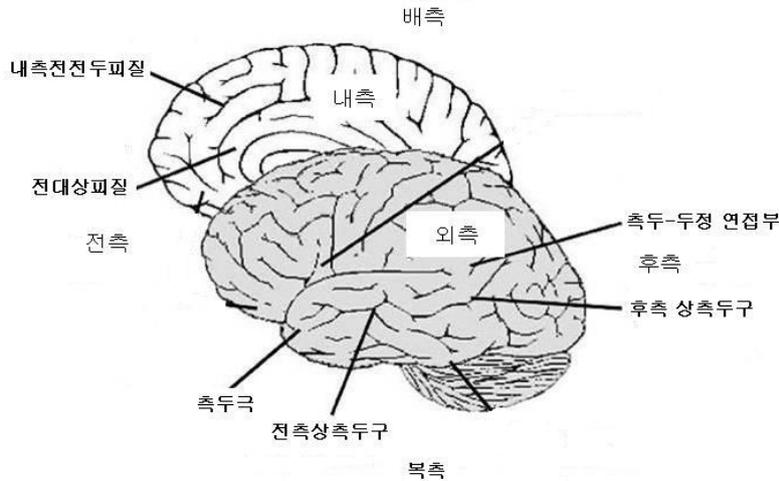


그림 1. 마음상태 읽기에 공통적으로 관여하는 뇌 영역

좌반구의 하전두회와 측두두정 연결부와 같은 영역은 연령에 따라 다른 활성화 양상을 보였다. 좌반구 하전두회의 경우, 성인은 이야기 과제 조건에서 더 강한 활성화를 보였지만 아동은 만화 과제 조건에서 더 많은 활성화를 보였다. 이는 성인이 마음읽기 과제를 이해할 때 아동과는 다른 뇌 영역을 이용함을 시사하는 것이었다. 영어만 사용하는 아동과 일본어-영어 이중사용자인 아동 각 12명씩을 대상으로 이야기와 만화 형태의 2차 틀린 믿음 과제를 실시한 연구에서는 복내측 전전두피질과 설전소엽이 공통적인 영역으로 발견되었고, 하전두회와 측두두정 연결부 영역의 활성화는 사용 언어에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다(Kobayashi et al., 2007b). 이런 연구들을 바탕으로 Kobayashi와 동료들은 연령과 문화적, 언어적 배경에 따라 마음읽기 과제 수행에 서로 다른 뇌 영역이 관여할 것이라는 가능성을 지속적으로 제기하고 있다.

위에서 살펴본바와 같이, 마음읽기 과제를 수행하는 동안 활성화되는 뇌의 영역은 상당히 광범위하지만, 여러 가지 마음읽기 과제에서

공통적으로 활성화되는 영역은 그림 1에 표시한 것처럼, 내측 전전두 피질(medial prefrontal cortex: 이하 MPFC)와 전측 대상피질(anterior cingulate cortex: 이하 ACC), 후측 상측두구(superior temporal sulcus: 이하 STS)와 측두두정 연결부(temporo-parietal junction: 이하 TPJ)와 측두극(temporal pole: 이하 TP) 등인 것으로 알려지고 있다(Frith & Frith, 2003; Gallagher & Frith, 2003; Saxe et al., 2004; Siegal & Varley, 2002). MPFC는 자신이나 타인의 심리적 특성에 대한 사고를(Amodio & Frith, 2006), ACC는 현실과 마음상태를 분리하여 표상하는데 관여하는 것으로 알려지고 있고, STS는 행위자의 행동 탐지와 행동의 목표와 결과 분석, TPJ는 타인 마음상태의 추론(Saxe & Kanwisher, 2003), TP는 마음상태 읽기를 위한 개인의 의미적 및 일화적 기억을 저장하는 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Frith & Frith, 2003; Gallagher & Frith, 2003).

마음읽기의 구성요소별 뇌 기능 영상 연구

인간의 마음읽기 능력을 하나의 이론적 모형으로 종합한 이론으로 Baron-Cohen의 마음읽기 체계를 들 수 있다. Baron-Cohen(1995 / 2005)은 그림 2와 같이 인간의 마음읽기 체계가 네 가지의 독립된 요소로 구성되어 있다고 제안하였다: (1) 지향성 탐지기, (2) 시선 탐지기, (3) 주의공유 기제, (4) 마음이론 기제.

마음읽기에서 말하는 지향성(intentionality)은 의도(intention)라는 특정한 마음상태만이 아니라 모든 종류의 지향적 상태(믿음, 바람, 생각, 의도, 희망, 기억, 공포, 약속 등)를 부여하는 능력을 지칭한다. 지향성 탐지기(Intentionality Detector: 이하 ID)는 움직이는 자극을 목적과 바람이라는 마음상태에 기초하여 해석하는 지각 장치이다. 예를 들면, 움직이는 고양이를 볼 때 “이 고양이의 목표는 그 쪽으로 가는 것이다.” 또는 “이 고양이는 생선을 먹고 싶어한다.”와 같이 두 가지 기본적인 마음상태를 적용하여 움직임을 해석할 수 있다. ID는 사람이든 동물이든 물건이든 스스로 움직이는 것으로 보이는 행위자(agent) 자극이 있을 때 활성화된다. 이 장치는 스스로 움직이는 것으로 보이는 움직임을 그 대상이 어떤 목적과 바람을 가지고 있는 것으로 해석한다. 진화적 관점에서 보면, 움직이는 대상을 보고 행위자라고 생각하여 그것의 바람과 목적을 확인하는 것이 행위자가 아닌 것으로 간주하여 무시하는 것보다 생존에 유리한 전략이다. 그러므로 Baron-Cohen은 ID가 인간의 아기가 마음읽기 능력을 갖추게 되는데 필요한 첫 번째 기제라고 가정한다.

두 번째 기제는 시선 탐지기(Eye-Direction Detector: 이하 EDD)이다. 인간은 이 탐지기를 사용하여

눈이나 눈과 같은 자극이 있는지를 탐지하고, 시선이 어느 곳을 향하고 있는지를 계산하며, 다른 사람의 시선이 어떤 물건을 향하고 있으면 그 사람이 그 물건을 보고 있다고 추론한다. 이 탐지기는 아기가 “엄마가 나를 보고 있다.”와 같은 해석을 할 수 있게 해주는 중요한 기제이다. 생후 2개월 된 아기들도 얼굴의 다른 부위에 비해서 눈을 오래 쳐다보며, 6개월 된 아기들은 자신을 보고 있지 않은 얼굴보다 자신을 보고 있는 얼굴을 2~3배 더 오래 응시한다. 이 기제를 이용하여 자신의 앞에 눈이 있는가를 확인하고, 눈이 있으면 그 눈이 나를 보고 있는지를 계산하여 마음상태를 읽는다. 그림 3에 시선 탐지를 통한 마음읽기의 예가 나와 있다. 시선이 합치되고 있는가 또는 떨어져 있는가를 탐지하여(A), 시선이 떨어져 있을 때는 그 방향으로 시선을 이동하고(B), 시선 앞에 있는 대상에 공동으로 주의를 기울여서(C와 D), 타인의 마음상태를 추측하는(E) 방식으로 작동한다(Emery, 2000). 그림 3의 A의 왼쪽은 두 사람의 주위가 서로에게 향하고 있는 상호 응시를 보여준다. 오른쪽에서는 한 사람은 다른 사람을 보고 있지만 두 사람이 동일한 것에 주의를 기울이고 있지는 않음을 보여준다. 그림 3의 B에서는 상대방이 자기를 응시하고 있지 않음을 탐지하고, 상대방의 시선을 따라 상대방이 보고 있는 지점을 추적하고 있다. 그림 3의 C에서는 상대방을 시선을 추적한 결과로 두 사람이 동일한 대상에 주의 초점을 맞추고 있다. 그림 3의 D는 두 사람이 공통의 대상과 서로에게 주의를 기울여서 주의 공유를 하고 있음을 보여준다. 그림 3의 E에서는 주의를 공유한 그 대상에 대해 무언가를 하려고 한다거나 그 대상에 대해서 어떤 생각을 하고 있다는 식의 마음상태 읽기가 이루어지고 있다.

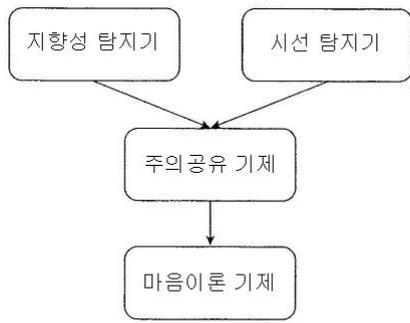


그림 2. Baron-Cohen의 마음읽기 체계

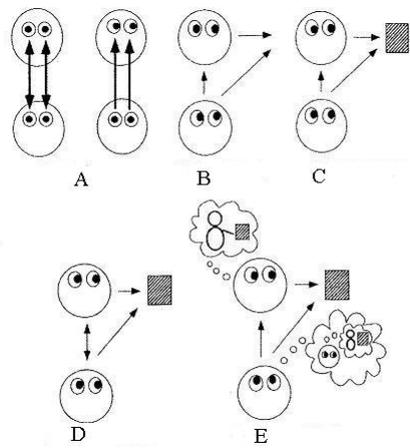


그림 3. 시선 탐지를 통한 마음읽기

마음읽기 체계의 세 번째 구성요소는 주의공유 기제(Shared-Attention Mechanism: 이하 SAM)이다. SAM은 삼자간 표상(triadic representations)을 형성하는 기능을 한다. 삼자간 표상은 행위자와 자신, 및 세 번째 대상간의 관계를 나타낸다. 삼자간 표상에서는 행위자와 자신 모두가 동일한 대상에 주의를 기울이고 있음을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 그림 3의 D는 “우리가 동일한 대상을 보고 있음을 너와 내가 모두 보고 있다.”는 삼자간 표상을 나타내고 있다. SAM은 다른 사람이 무엇을 보고 있는지에 대

한 정보를 받아들인 후 삼자간 표상을 형성한다. 이 정보는 다른 사람의 시선을 감시하여 얻어질 수 있는 것이므로, 이는 SAM이 EDD로부터 정보를 받는다는 것을 의미한다. SAM이 주의 공유를 명시하는 삼자간 표상을 제대로 형성하려면 다른 행위자의 지각 상태에 대한 정보를 받아야만 한다. 다른 행위자의 지각 상태에 대한 정보를 받게 되면, 지각 상태를 자신의 현재 지각 상태와 비교하여 서로 주의를 공유하고 있는지 계산한다. 이렇게 함으로써, 다른 사람의 지각 상태에 대한 양자간 표상과 자신의 현재 지각 상태에 대한 양자간 표상을 합하여 비교한 다음 삼자간 표상을 형성한다. 다른 사람의 시선을 추적하면서 자신과 다른 사람이 동일한 사물을 보고 있는지를 확인하기 위해서는 한 두 차례 시선을 돌리기만 하면 되기 때문에 EDD를 통해서 비교적 쉽게 삼자간 표상을 형성할 수 있다. 따라서 SAM의 기능은 EDD에 의존하는 것으로 볼 수 있다. 약 9개월부터 눈길감시(gaze monitoring)를 하기 시작해서 14개월 정도면 모든 아동들이 눈길감시를 하고, 원시적인 사물 가리키기 행동이 나타난다. 아기들은 다른 사람이 보고 있는 방향을 확인하여 그 방향으로 머리를 돌려서 자신의 눈길을 돌려서 동일한 사물에 대해 시각적으로 주의를 공유한다. 또한 어떤 사물을 손가락으로 가리키고 자신이 손가락으로 가리킨 물건을 다른 사람이 보고 있는지를 확인한다. SAM은 ID가 탐지한 결과를 EDD가 사용하게 한다. 아동들이 다른 사람의 얼굴을 보고 그 사람의 목적을 탐지해야 할 때 시선이 어느 쪽을 향하고 있는지에 대한 정보를 사용한다. 결국 SAM을 통하여 EDD가 ID와 연결되어 시선이 바람, 목적과 같은 마음상태로 해석된다.

마음읽기 체계의 마지막 기제는 마음이론 기

제(Theory-of-Mind Mechanism: 이하 ToMM)이다. ToMM은 다른 사람의 행동으로부터 그 사람의 마음상태를 추론해 내는 체계이다. 일련의 마음상태를 표상하여 그런 마음상태에 대한 지식을 하나의 유용한 이론, 즉 “마음이론”으로 만들어 사회적 행동을 재빠르고 유연하게 해석한다. 36개월과 48개월 사이의 아동들은 사람들이 때로는 틀린 믿음을 가지게 된다는 사실을 이해하게 되어 속임수를 이해하고 자신이 다른 사람을 속이는 능력을 갖추게 된다.

이와 같이 Baron-Cohen이 제안한 마음읽기 체계의 구성요소와 관련된 기제들에 관한 뇌 기능 영상 연구들도 이루어지고 있다.

지향성 탐지

이런 지향성 탐지에 관한 연구들은 참가자들에게 단순한 기하학적 모양이 움직이는 필름을 보여주면 스스로 도형에 행위유발성을 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 발견하였다. Castelli 등(2000)은 PET 기법으로 여러 개의 기하학적 도형이 움직이는 화면을 제시하고 그 자극을 지향성을 가지고 움직이는 생물처럼 느껴지는가를 탐지하는 생체

성과 관련된 뇌 부위로 양반구의 상측두구(BA 22/39)와 후두엽(BA 19/18), 우반구의 방추회(BA 37)와 측두극(BA 38), 좌반구의 내측 전두회(BA 9)에서 활성화가 나타났음을 보고하였다. Castelli와 Frith 등(2002)의 연구에서도 동일한 영역의 활성화가 발견되었다. Blakemore 등(2003)도 두 가지 도형이 화면 속에서 움직이는 과제를 실시하여 생체성이 있으면서 한 도형이 움직임이 다른 도형의 움직임에 따라 달라지는 수반성을 나타내는 화면을 관찰하게 하였을 때, 우반구 중전두회(BA 8/9)와 좌반구 상측두구의 활성화를 발견하였다.

국내에서도 2차원의 기하학적 도형(삼각형) 2개가 움직이는 동영상 자극으로 하여 기능적 자기공명 영상으로 지향성 탐지의 뇌 활성화를 알아보는 연구들이 이루어졌다. 이승복 등(2006)은 마음읽기의 기본적 기제의 하나로 알려진 지향성 탐지에 관여하는 뇌의 활성화 영역이 사전 지시가 주어지는가에 따라 다른지를 알아 보았다. 과제에 대한 사전 지시가 주어진 경우에는 좌반구에서는 구회와 상측두회가 활성화되었고 우반구에서는 하후두회, 변연상회, 하두정소엽, 시상의 내배측핵, 설전소엽이 활성화되었다. 사전 지시가 주어지지 않았던 경우에는 우반구의 하두정소엽과 상두정소엽만이 활성화되었다. 두 경우에 공통적인 영역으로 하두정소엽이 관찰되었다. 이런 결과는 사전 지시가 지향성 탐지와 관련된 뇌 영역들을 더 분명하게 활성화시켰음을 시사하는 것이었다. 또한 과제에 대한 사전 지시가 없는 경우, 공학 전공자의 경우에는 우반구의 하두정소엽과 상두정소엽이 활성화되었던 반면, 동일한 지향성 탐지 과제를 수행하는 동안 심리학 전공자는 좌반구의 하전두회, 방추회, 상측두회와 우반구의 방추회와 변연상회가 활성화되었다. 이는

참가자의 전공 배경에 따라 지향성 탐지를 하는 동안 활성화되는 뇌 영역들에 차이가 있음을 보여주는 것이었다(박민 등, 2007).

박민 등(2006)은 두 자극이 단순히 상호작용을 하고 있는 움직임 보이는 것은 목표지향 자극이고, 두 자극에 마음상태를 반영하는 움직임을 포함되어 있는 것이 마음읽기 자극인 것으로 구분하여 기능적 자기공명 영상을 촬영하였다. 목표지향 과제 수행 시에는 좌반구의 중, 하후두회, 하전두회, 중심후회와 우반구의 방추회가 활성화되었고, 마음읽기 과제의 경우에는 좌반구의 상측두회, 해마방회, 중심후회와 우반구의 하후두회, 하두정소엽과 중전두회가 활성화되었다. 두 과제에 공통적인 영역으로 중심후회와 하후두회가 관찰되었다. 이런 결과로 보아 목표지향과 마음읽기 과제 수행 시의 뇌 활성화 영역에는 차이가 있는 것으로 보인다.

최근에, Moriguchi 등(2007)은 9~16세의 아동 및 청소년을 대상으로 Castelli 등(2000, 2002)이 이용하였던 움직이는 도형 자극으로 fMRI를 실시하였다. 그 결과, 양측 STS, 편도체에 인접한 TP, MPFC의 활성화를 발견하였다.

시선 탐지

Calder 등(2002)은 제시 화면에 비치는 인물의 시선방향을 참가자의 시선에 맞는 위치와 좌우 방향에 50% 또는 100% 떨어진 위치의 자극을 제시할 때의 뇌 활성화를 측정하였다. 시선이 어긋날수록 우반구의 내측 전두회(BA 8/9)와 좌반구의 중전두회(BA 10)의 활성화가 나타났고, 역으로 시선이 합쳐질수록 어느 경우나 우반구의 상측두회(BA 22), 중측두회(BA 21), 구회(uncus; BA 20/28), 방추회, 중심후회(BA 1)의 활성화가 발견되었다. Kampe 등(2003)은 화면에

제시된 인물 사진의 시선이 참가자 자신을 보고 있는 것으로 지각되는 조건에서 우반구의 내측 전두회와 좌반구의 측두극의 활성화를 발견하였다. 청각적으로 참가자 자신의 이름을 부르는 목소리를 듣는 조건에서는 우반구의 부대상피질(paracingulate cortex), 양측 측두극, 상전두회, 하전두회가 활성화되었다. 이 연구의 과제에서 참가자들은 누군가의 시선이 나를 향하고 있거나 누군가가 내 이름을 부르고 있는 경우는 상대방이 나타내는 단서를 이용하여 상대방이 나와 의사소통을 하려는 지향성을 탐지하였다고 할 수 있다. 두 조건에서 모두 활성화가 나타난 영역은 우반구의 부대상피질과 좌반구의 측두극이었다.

주의 공유

Hooker 등(2003)은 시선 제시 조건과 화살표 제시 조건을 비교하여 좌반구의 후측 상측두구(BA 22/39)에서 활성화가 일어남을 보고하였다. Hooker 등은 사회적 의사소통에서 의미가 있는 공간적 단서로서 시선이 분석될 경우에 이런 활동이 나타나며, 상측두구를 주의공유의 중심적인 신경기제로 보았다.

자기 마음상태의 이해와 타인 마음상태의 추측

지금까지의 많은 연구들에서는 주로 과제 속의 등장인물, 즉 타인의 마음상태를 추측하는 과제가 이용되어왔다. 타인의 마음상태를 추측하는 과정과 자기의 마음상태를 이해하는 과정이 얼마나 독립적인가 또는 중복되는가의 문제도 마음읽기 연구의 주요한 부분이다.

Vogelely 등(2001)은 자극으로 제시된 이야기를 읽고 이야기 속의 타인의 마음상태를 추론하는 과제(ToM)와 자기 자신의 행동과 태도 등을 추론하는 과제(SELF)를 구분하여 두 과제의 차이점과 공통점을 밝혀보았다. SELF 과제에서 ToM 과제를 뺀 조건에서는 양측 측두두정 연결부와 설전소엽 등의 활성화가 나타났다. 두 과제에 공통적으로 볼 수 있었던 활성화 영역은 우반구의 외측 전두회였다. Ruby와 Decety(2003)는 어떤 문장이 자기의 관점(1인칭)에서 맞는가 또는 틀린가와 보통 사람의 관점(3인칭)에서는 맞는가 또는 틀린가를 판단하게 하는 과제를 실시하였다. 1인칭 판단에서 활성

화가 나타난 영역은 양측 중심후회, 우반구의 설회, 설전소엽, 상측두구였던 반면, 3인칭 판단에서는 양측의 내측 상전두회, 중측두회와 좌반구의 전두극회, 후측 중측두구, 측두극, 하전두회, 및 우반구의 하두정소엽에서 활성화가 나타났다. Wicker 등(2003)은 마음읽기와 관련된 5개의 PET 연구들을 메타-분석하여 휴지 상태(resting state)에서 혈류가 증가한 뇌 부위가 우반구의 전측 대상회(BA 32)와 양측 중전두회(BA 10), 상, 중전두회(BA 8/9)였음을 지적하면서, 외부 정보에 주의를 향하였을 때는 활성화가 감소하고 자기 자신에게 향하였을 때에만 이 영역이 활성화된다고 주장하였다.

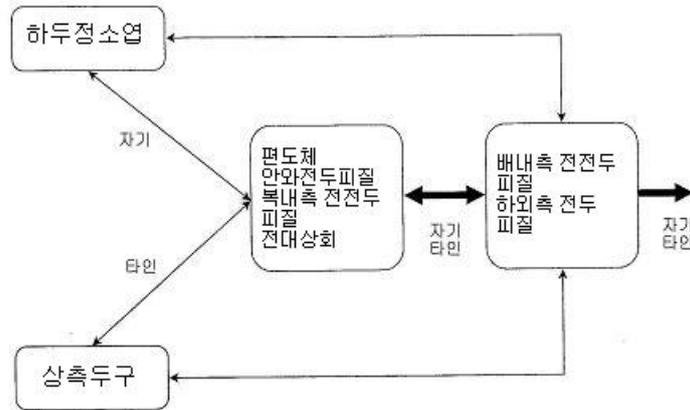


그림 4. 자기와 타인의 마음상태 표상과 귀인에 대한 기능적 신경해부 모형

이외에도 기존의 신경해부, 생물행동, 임상 연구결과들을 종합하여, Abu-Akel(2003)은 마음 읽기의 신경생물학적 토대가 크게 후측 영역(하두정소엽과 상측두구), 변연-부변연 영역(편도체, 안와전두피질, 복내측 전전두피질과 전대상회), 전전두 영역(배내측 전전두피질, 하외측 전두피질)의 세 가지 주요 구성요소로 이루어져

있을 것이라는 모형을 제안하였다(그림 4). 이 모형에서 자기 자신의 마음상태의 표상은 하두정소엽에서, 타인의 마음상태의 표상은 상측두구에서 이루어지며, 이런 영역에서 표상된 마음상태는 사회정서적 조절과 해석을 위해 변연-부변연계로 전달된다. 그는 그렇게 처리된 정보가 내측 전전두피질과 하외측 전두피질 영역

으로 투영되어 자신과 타인의 마음상태를 맞추어 보고 말이나 손짓, 얼굴표정 등의 실제 행위로 나타나는 것으로 보였다.

마음읽기와 다른 인지 능력과의 관계

실행기능

Perner와 Lang(1999)은 발달과정에 있어서의 ToM 능력과 실행기능의 관계를 요약하였다. 그들은 실행기능은 ToM에 의존하고, ToM의 발달도 실행기능에 의존하고 있으며, 두 기능을 측정하는 과제에는 공통적인 추론과정이 있고, ToM과 실행기능은 전전두 피질과 같은 동일한 뇌 영역이 관여한다고 주장하였다. 앞에서 살펴본 신경심리학적 연구들 중에서 마음읽기 과제의 점수가 실행기능 과제 점수와 어느 정도 상관을 나타내는 것으로 나타난 연구들이 있었으나 (Channon, & Crawford, 2000; Saltzman et al., 2000; Snowden et al., 2003), 마음읽기는 실행기능과는 독립적이라는 보고가 더 많은 것으로 보인다(Fine et al., 2001; Gregory et al., 2002; Lough et al., 2001; Lough, & Hodges, 2002; Rowe et al., 2001).

언어

언어기능은 일반적으로 좌반구 우세로 알려져 있고, 실제로 실어증, 실독증, 실서증 등의 언어 장애는 대부분 좌반구 손상 환자의 사례에서 볼 수 있다. 말하기, 듣기, 읽기, 쓰기와 같은 기초적인 언어 능력과 ToM과의 관련성은 높지 않은 것 같다. 예를 들면, Varley와 Siegal (2000)은 광범위한 좌반구 손상으로 실문법(agrammatism) 증상을 나타낸 환자 1명이 틀린 믿음 과제를 수

행하였을 때 점수가 낮게 나타나지 않는 것으로 보아, 문법 기능과 ToM 능력이 독립적이라고 주장하였다. 또한 뇌 손상 환자들을 대상으로 한 신경심리학적 연구들에서는 우반구 손상과 ToM 능력 간의 관계가 주로 지적되고 있다. Ferstl과 von Cramon(2002)의 뇌 기능 영상 연구에서는 녹음된 여러 개의 문장들을 들려주고 쌍으로 제시된 문장이 서로 논리적 일관성과 응집성을 가지고 연결이 되는 것인지를 판단하는 과제와 문장 속 주인공이 언급되는지를 판단하게 하는 ToM 과제를 실시하였다. 그 결과, 두 과제에 공통적인 영역으로 좌반구의 내측 전두엽(BA 9/10/32), 측두두정 연결부(BA 39/22), 후측 상측두회(BA 22/21), 방추회와 해마방회(BA 35/36)와 양측 설전소엽(BA 29/30 등), 전측 측두구방(BA 21) 등의 활성화가 나타났고, ToM 과제 조건에서는 우반구의 방추회/해마방회(BA 35/36), 외측 후두회(BA 19), 두정후두피질(BA 39/19)과 좌반구의 상전두구(BA 8), 하전두회(BA 45)의 활성화가 나타났다. 이런 결과로 볼 때, 문장의 논리적 응집성과 ToM 간에는 공통적인 기제가 존재하여 ToM과 문장들 간의 관계 이해에 있어 같은 방식의 정보 처리가 이루어지고 있음을 나타내고 있다.

향후 연구 방향

앞에서 개관한 마음읽기와 관련된 뇌 손상 환자와 정상인 대상의 뇌 영상 연구 결과들을 토대로 하여 본 저자들은 향후 더욱 심도 있게 다루어져야 할 연구 문제와 연구 방향을 몇 가지 제안하고자 한다.

과제 특성성

동일한 마음읽기 추론을 유도하는 과제이더라도 문장으로 구성된 이야기 과제와 그림으로 구성된 만화 과제에서 강한 활성화를 보이는 뇌 영역은 다르게 나타난다. Gallagher 등(2000)은 이야기 과제에서는 내측 전두회, 만화 과제에서는 중전두회와 설전소엽의 강한 활성화를 발견하였다. Kobayashi 등(2007a)은 만화 과제에서는 우반구의 배외측 전전두피질, 중측두회, 하후두회와 좌반구의 설회 및 내측 전전두피질이 더 활성화되었고, 이야기 과제에서는 좌반구의 편도체가 더 활성화되었을 발견하였다.

Saxe와 Xio 등(2004)은 우반구의 측두두정 연결부와 후측 상측두구가 인접한 뇌 영역이기는 하지만 측두두정 연결부는 믿음에 대한 이야기 읽기 과제를 수행할 때 관여하고, 의도적인 행위를 하는 장면을 담은 영화를 볼 때는 후측 상측두구가 관여함을 보여주었다. 또한 측두두정 연결부 영역은 참가자들이 이야기 속 등장인물의 마음상태 읽기를 할 때에만 활성화되고 등장인물의 외모나 성격과 같은 정보에 대해서는 활성화되지 않았다(Saxe & Wexler, 2005). 이런 연구 결과들로 보아 마음상태 읽기가 문장 또는 그림과 같은 자극의 제시 양상과는 독립적인가와 마음읽기 측정 과제의 어떤 구성요소가 어느 뇌 영역을 활성화시키는가에 대한 추후 연구가 더 이루어져야 할 것으로 생각된다.

반구 우세성

앞서 살펴본 것처럼 뇌 손상 환자들을 대상으로 한 연구들에서는 일관성 있게 마음읽기 능력의 결함이 우반구의 손상과 관련이 있는 것으로 나타났다. 또한 정상인을 대상으로 한

기능적 뇌 영상 연구들에서도 활성화가 나타난 여러 뇌 영역들이 주로 우반구에 위치하고 있는 것으로 보인다. 그러나, Tompkins 등(2006)의 연구에서 실험 과제(마음읽기를 추론하는 이야기)와 통제 과제(물리적 인과관계를 추론하는 이야기)에 사용된 문장들 속의 등장인물의 수와 진술, 및 관점 변화 등을 동일하게 하여 우반구 손상 환자들에게 실시하였을 때에는 환자들이 마음읽기 과제 수행에 문제가 없었다. 또한 Griffin 등(2006)이 우반구에만 손상을 입은 환자 11명과 20명의 정상인을 대상으로 유머평정, 정서평정, 1차 및 2차 틀린 믿음 과제 등을 실시한 결과, 우반구 손상 환자들은 특히 2차 틀린 믿음 이해에만 결함을 보여서, 신경영상 연구들에서 발견된 마음읽기와 관련된 뇌 영역들이 반드시 마음읽기 과제 수행에 영향을 미친다고 보기 어렵다고 주장하였다. 마음읽기 능력과 우반구 우세성 간의 관계를 더 명확하게 밝혀보기 위해서는 마음읽기를 구성하는 다양한 하위요소들을 분리하여 측정하는 새로운 과제를 개발하여 확인하는 연구가 필요하다.

핵심 영역

틀린 믿음 과제를 이용하여 뇌 영상을 촬영한 초기의 연구들은 내측 전전두피질을 마음읽기에 관여하는 핵심 영역으로 보았으나(Frith & Frith, 2003), 최근의 마음상태 읽기 과제를 이용한 fMRI 연구들에서는 측두두정 연결부에서의 뇌 활성도가 더 강하게 나타나고 있다(Saxe & Kanwisher, 2003; Saxe & Wexler, 2005). 또한 내측 전전두피질 영역은 과제 요구가 없는 기저선(baseline) 조건이나 참가자들이 외부 환경이나 자기 자신에 대해서 생각하고 있을 때 활성화될 수도 있다는 주장이 제기되고 있다(den Ouden,

Frith, Frith, & Blakemore, 2005). 향후 연구에서는 기저선 조건과 실험 조건별로 관심영역(region of interest: ROI) 분석(cf. Saxe, 2006)과 기능적 연결성(functional connectivity) 분석 기법을 활용하여 핵심 영역과 관련 영역들 간의 관계를 더욱 명확하게 밝혀보아야 할 것이다.

참가자 특성

대학생을 대상으로 한 지향성 탐지 과제에 대한 fMRI 연구에서 과제에 대한 사전 지식이 없는 경우, 심리학을 전공한 참가자에게서는 좌반구의 하전두회, 방추회, 상측두회와 우반구의 방추회와 변연상회가 활성화되었으나, 공학 전공자의 경우에는 우반구의 하두정소엽과 상두정소엽만 활성화되는 것으로 나타나서, 참가자의 전공 배경에 따라 지향성 탐지를 하는 동안 활성화되는 뇌 영역들에 차이가 있음을 시사하였다(박민 등, 2007). 그 연구의 참가자들은 자폐증이 없는 정상 성인이었고, 심리학과 공학 전공자의 성별과 연령을 대응시켰으므로 참가자의 전공이나 성별 요인이 아니라 공감 능력의 개인차가 작용하였을 가능성이 큰 것으로 생각되었다. 마음읽기와 공감 간의 관계는 아직 분명하지 않으나, 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 마음읽기 능력의 일부를 구성한다고 할 수 있다(Baron-Cohen & Sally, 2004).

최근 들어, 공감 능력은 여성이 더 뛰어나고(Chakrabarti & Baron-Cohen, 2006), 과학 분야, 특히 공학과 물리학 전공 학생들보다 인문학 분야 학생들의 공감 능력이 더 뛰어나다는 결과

(Focquaert et al., 2007)가 보고되고 있고, 마음읽기 능력은 측두엽과 전전두 피질 구조에 의존하지만, 공감은 타인의 감정을 공유하는 능력 이므로 감각운동 피질, 변연 및 부변연 구조에 의존하고, 공감은 개체 발생의 초기에 발달하는 변연 구조에 의지하는데 비하여 마음읽기는 맨 마지막으로 완전하게 성숙하는 외측 측두엽과 전전두 구조에 의지하기 때문에 공감 능력이 훨씬 더 일찍 발달한다는 주장도 제기되었다(Singer, 2006). 실제 연구에서 마음읽기와 공감 능력은 둘 다 타인의 마음상태 추론에 관여하는 뇌 영역들에 의존하지만 공감 능력은 대상 및 부대상 피질과 편도체와 같은 뇌 영역이 더 필요한 것으로 나타났다(Völlm et al., 2006).

앞으로의 연구에서는 참가자들에게 사전에 공감지수와 같은 자기-보고형 질문지를 실시하여 성별이나 전공과는 별도로 참가자들의 공감 능력에 차이가 있는지를 미리 확인하는 절차를 수행하고, 다른 사람들의 마음상태를 이해하는데 있어서 공감과 마음읽기 능력이 상대적으로 기여하는 정도를 알아보아야 할 것이다.

결론

이 논문에서는 뇌 손상 환자를 대상으로 한 신경심리학적 연구와 건강한 정상 성인을 대상으로 한 뇌 기능 영상 연구에 초점을 맞추어 마음읽기와 관련된 뇌 영역을 개관하였다. 뇌 손상 사례를 대상으로 한 신경심리학적 연구에서는 우반구, 전두엽의 안와전두피질과 복내측 영역, 편도체 등이 마음읽기 능력의 결함과 관련이 있는 것으로 나타났고, 뇌 기능 영상 연구에서는 내측 전전두피질, 전측 대상회, 후측 상측두구, 측두두정 연결부 등의 영역이 마음

읽기에 관여하는 뇌 영역으로 확인되었다. 그러나, 마음읽기와 관련하여 전두엽 내부 영역과 측두두정 연결부의 상대적 관여 정도, 편도체의 관여 정도, 좌우 반구간의 기능 차이의 유무나 정도, 참가자 특성에 따른 ToM 과제 수행 차이 등의 문제에 관해서는 아직까지 확실하지 않은 부분이 많이 있다.

추후에 더욱 다양한 연령과 심리적 특성의 개인차가 있는 참가자 집단을 대상으로 연구가 이루어지면 전 생애 걸친 마음읽기 및 관련된 능력의 기저에 있는 뇌 영역들을 더 잘 이해할 수 있게 될 것이다. 또한 이론적 관심이 있는 영역을 중심으로 한 관심영역 분석과 여러 가지 마음읽기 과제를 수행할 때 활성화되는 뇌 영역들 간의 기능적 연결성 등을 더욱 정밀하게 밝혀보는 마음읽기 능력에 대한 신경영상 연구들이 축적되면 마음상태를 표상하고 읽어내는 인간의 능력에 대한 신경생물학적 기초의 이해와 자폐증, 정신분열 등과 같은 병리적 문제에 대한 이해도 증진될 것이다.

참고문헌

- 박민, 이승복, 윤효운, 김소영, 김혜리 (2006). 지향성 탐지기: 과제에 따른 뇌 활성화 영역 차이. *한국심리학회지: 실험*, 18(2), 127-138.
- 박민, 이승복, 윤효운, 정우림, 김혜리 (2007). 지향성 탐지 기저에서의 개인차: 전공에 따른 뇌 활성화 영역. *인지과학*, 18(2), 49-67.
- 이승복, 박민, 윤효운, 김혜리 (2006). 지향성 탐지 과정의 뇌 활성화: 기능적 자기공명 영상 연구. *인지과학*, 17(1), 1-13.
- Abu-Akel, A. (2003). A neurobiological mapping of theory of mind. *Brain Research Reviews*, 43(1), 29-40.
- Amodio, D. M., & Frith, C. D. (2006). Meeting of minds: The medial frontal cortex and social cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(4), 268-277.
- Astington, J. W., Pelletier, J., & Homer, B. (2002). Theory of mind and epistemological development: The relation between children's second-order false-belief understanding and their ability to reason about evidence. *New Ideas in Psychology*, 20(2), 131-144.
- 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., & 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., O'Riordan, M., Stone, V., Jones, R., & Plaisted, K. (1999). Recognition of faux pas by normally developing children and children with Asperger syndrome or high-functioning autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 29(5), 407-418.
- Baron-Cohen, S., Ring, H., Moriarty, J., Schmitz, B., Costa, D., & Ell, P. (1994). Recognition of mental state terms: Clinical findings in children with autism and a functional neuroimaging study of normal adults. *The British Journal of Psychiatry*, 165(5), 640-649.

- Baron-Cohen, S., Ring, H., Wheelwright, S., Bullmore, E., Brammer, M., Simmons, A., & Williams, S. (1999). Social intelligence in the normal and autistic brain: An fMRI study. *European Journal of Neuroscience*, 11(6), 1891-1898.
- 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., Hill, J., Raste, Y., & Plumb, I. (2001). The “Reading the Mind in the Eyes” test revised version: A study with normal adults, and adults with Asperger syndrome or high-functioning autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 42(2), 241-251.
- 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.
- Brüne, M., & Brüne-Cohrs, U. (2006). Theory of mind—Evolution, ontogeny, brain mechanisms and psychopathology. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 30(4), 437-455.
- Brunet, E., Sarfati, Y., Hardy-Bayle, M. C., & Decety, J. (2000). A PET investigation of the attribution of intentions with a nonverbal task. *NeuroImage*, 11(2), 157-166.
- Calarge, C., Andreasen, N. C., O’Leary, D. S. (2003). Visualizing how one brain understands another: A PET study of theory of mind. *American Journal of Psychiatry*, 160(11), 1954-1964.
- 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.
- Chakrabarti, B., & Baron-Cohen, S. (2006). Empathizing: Neurocognitive developmental mechanisms and individual differences. In S. Anders, G. Ende, M. Junghofer, J. Kissler & Wildgruber, D (Eds.), *Progress in brain research: Vol. 156. Understanding emotions* (pp. 403-418). Amsterdam: Elsevier.
- Channon, S., & Crawford, S. (2000). The effects of anterior lesions on performance on a story comprehension test: Left anterior impairment on a theory of mind-type task. *Neuropsychologia*, 38(7), 1006-1017.
- Cuerva, A. G., Sabe, L., Kuzis, G., Tiberti, C., Dorrego, F., Starkstein, S. E. (2001). Theory of mind and pragmatic abilities in dementia. *Neuropsychiatry, Neuropsychology, & Behavioral Neurology*, 14(3), 153-158.

- den Ouden, H., Frith, U., Frith, C., Blakemore, S. J. (2005). Thinking about intentions. *NeuroImage*, 28(4), 787-796.
- Emery, N. J. (2000). The eyes have it: The neuroethology, function and evolution of social gaze. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 24(6), 581-604.
- Ferstl, E. C., & von Cramon, D. Y. (2002). What does the frontomedian cortex contribute to language processing: Coherence or theory of mind. *NeuroImage*, 17(3), 1599-1612.
- Fine, C., Lumsden, J., & Blair, R. J. R. (2001). Dissociation between 'theory of mind' and executive functions in a patient with early left amygdala damage. *Brain*, 124(2), 287-298.
- 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.
- Focquaert, F., Steven, M.S., Wolford, G.L., Colden, A., & Gazzaniga, M. S. (2007). Empathizing and systemizing cognitive traits in the sciences and humanities. *Personality and Individual Differences*, 43(3), 619-625.
- 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.
- Gregory, C., Lough, S., Stone, V., Erzinclioglu, S., Martin, L., Baron-Cohen, S., & Hodges, J. R. (2002). Theory of mind in patients with frontal variant frontotemporal dementia and Alzheimer's disease: Theoretical and practical implications. *Brain*, 125(4), 752-764.
- Griffin, R., Friedman, O., Ween, J., Winner, E., Happé, F., & Brownell, H. (2006). Theory of mind and the right cerebral hemisphere: Refining the scope of impairment. *Laterality*, 11(3), 195-225.
- Happé, F. G. E. (1994). An advanced test of theory of mind: Understanding of story characters' thoughts and feelings by able autistic, mentally handicapped and normal children and adults. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 24(2), 129-154.
- Happé, F., Brownell, H., & Winner, E. (1999). Acquired 'theory of mind' impairments following stroke. *Cognition*, 70(3), 211-240.
- 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.
- Kampe, K. K., Frith, C. D., & Frith, U. (2003). "Hey John": Signals conveying communicative

- intention toward the self activate brain regions associated with “mentalizing,” regardless of modality. *Journal of Neuroscience*, 23(12), 5258-5263.
- Kobayashi, C., Glover, G. H., & Temple, E. (2006). Cultural and linguistic influence on neural bases of ‘Theory of Mind’: An fMRI study with Japanese bilinguals. *Brain and Language*, 98(2), 210-220.
- Kobayashi, C., Glover, G. H., & Temple, E. (2007a). Children’s and adults’ neural bases of verbal and nonverbal ‘theory of mind’. *Neuropsychologia*, 45(7), 1522-1532.
- Kobayashi, C., Glover, G. H., & Temple, E. (2007b). Cultural and linguistic effects on neural bases of ‘Theory of Mind’ in American and Japanese children. *Brain Research*, 1164, 95-107.
- Leekam, S. (1993). Children’s understanding of mind. In M. Bennett (Ed.), *The development of social cognition: The child as psychologist* (pp. 26-61). New York: The Guilford Press.
- Lough, S., & Hodges, J. R. (2002). Measuring and modifying abnormal social cognition in frontal variant frontotemporal dementia. *Journal of Psychosomatic Research*, 53(2), 639-646.
- Lough, S., Gregory, C., & Hodges, J. R. (2001). Dissociation of social cognition and executive function in frontal variant frontotemporal dementia. *Neurocase*, 7(2), 123-130.
- Moriguchi, Y., Ohnishi, T., Mori, T., Matsuda, H., & Komaki, G. (2007). Changes of brain activity in the neural substrates for theory of mind during childhood and adolescence. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 61(4), 355-363.
- Perner, J., & Lang, B. (1999). Development of theory of mind and executive control. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(9), 337-344.
- Premack, D., & Woodruff, G. (1978). Does the chimpanzee have a ‘theory of mind’? *Behavioral and Brain Sciences*, 1(4), 515-526.
- Rowe, A. D., Bullock, P. R., Polkey, C. E., & Morris, R. G. (2001). ‘Theory of mind’ impairments and their relationship to executive functioning following frontal lobe excisions. *Brain*, 124(3), 600-616.
- Ruby, P., & Decety, J. (2003). What do you believe versus what do you think they believe: A neuroimaging study of conceptual perspective-taking. *European Journal of Neuroscience*, 17(11), 2475-2480.
- Saltzman, J., Strauss, E., Hunter, M., & Archibald, S. (2000). Theory of mind and executive functions in normal human aging and Parkinson’s disease. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 6(7), 781-788.
- Saxe, R. (2006). Why and how to study theory of mind with fMRI. *Brain Research*, 1079(1), 57-65.
- Saxe, R., & Kanwisher, N. (2003). People thinking about thinking people: The role of the temporo-parietal junction in “theory of mind”. *NeuroImage*, 19(4), 1835-1842.
- Saxe, R., & Wexler, A. (2005). Making sense of another mind: The role of the right temporo-parietal junction. *Neuropsychologia*, 43(10), 1391 - 1399.
- Saxe, R., Carey, S., & Kanwisher, N. (2004).

- Understanding other minds: Linking developmental psychology and functional neuroimaging. *Annual Review of Psychology*, 55, 87 - 124.
- Saxe, R., Xiao, D. K., Kovacs, G., Perrett, D. I., & Kanwisher, N. (2004). A region of right posterior superior temporal sulcus responds to observed intentional actions. *Neuropsychologia*, 42(11), 1435 - 1446.
- Shamay-Tsoory, S. G., Tomer R., Berger, B. D., & Aharon-Peretz, J. (2003). Characterization of empathy deficits following prefrontal brain damage: The role of the right ventromedial prefrontal cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(3), 324-337.
- Siegal, M., & Varley, R. (2002). Neural systems involved in 'theory of mind'. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(6), 463-471.
- Siegal, M., Carrington, J., & Radel, M. (1996). Theory of mind and pragmatic understanding following: Right hemisphere damage. *Brain and Language*, 53(1), 40-50.
- Singer, T. (2006). The neural basis and ontogeny of empathy and mind reading: Review of literature and implications for future research. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 30(6), 855-863.
- Snowden, J. S., Gibbons, Z. C., Blackshaw, A., Doubleday, E., Thompson, J., Craufurd, D., Foster, J., Happé, F., & Neary, D. (2003). Social cognition in frontotemporal dementia and Huntington's disease. *Neuropsychologia*, 41(6), 688-701.
- Stone, V. E., Baron-Cohen, S., & Knight, R. T. (1998). Frontal lobe contributions to theory of mind. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10(5), 640-656.
- Stone, V. E., Baron-Cohen, S., Calder, A., Keane, J., & Young, A. W. (2003). Acquired theory of mind impairments in individuals with bilateral amygdala lesions. *Neuropsychologia*, 41(2), 209-220.
- Stuss, D. T., Gallup, G. G., & Alexander, M. P. (2001). The frontal lobes are necessary for 'theory of mind'. *Brain*, 124(2), 279-286.
- Surian, L., & Siegal, M. (2001). Sources of performance on theory of mind tasks in right hemisphere-damaged patients. *Brain and Language*, 78(2), 224-232.
- Tompkins, C. A., Scharp, V. L., Fassbinder, W., Meigh, K., & Armstrong, E. M. (2006). 'Theory of mind' in adults with right hemisphere brain damage. *Brain and Language*, 99(1-2), 57-58.
- Varley, R., & Siegal, M. (2000). Evidence for cognition without grammar from causal reasoning and 'theory of mind' in an agrammatic aphasic patient. *Current Biology*, 10(12), 723-726.
- Vogele, K., Bussfeld, S. P., Newen, A., Herrmann, S., Happé, F., Falkai, P., Maier, W., Shah, N. J., Fink, G. R., & Zilles, K. (2001). Mind reading: Neural mechanisms of theory of mind and self-perspective. *NeuroImage*, 14(1), 170-181.
- Völlm, B. A., Taylor, A. N. W., Richardson, P., Corcoran, R., Stirling, J., McKie, S., Deakin, J. F. W., & Elliott, R. (2006). Neuronal correlates of theory of mind and empathy: A functional magnetic resonance imaging study in a nonverbal task. *NeuroImage*, 29(1),

90-98.

- Wicker, B., Ruby, P., Royet, J. P., & Fonlupt, P. (2003). A relation between rest and the self in the brain? *Brain Research Reviews*, 43(2), 224-230.
- Winner, E., Brownell, H., Happé, F., Blum, A., & Pincus, D. (1998). Distinguishing lies from jokes: Theory of mind deficits and discourse interpretation in right hemisphere brain-damaged patients. *Brain and Language*, 62(1), 89-106.

1 차원고접수 : 2007. 10. 25.
수정원고접수 : 2007. 11. 28.
최종게재결정 : 2007. 12. 3.

The Neural Bases of Theory of Mind

Min Park Seung-Bok Lee Hei-Rhee Ghim

Hyo-Woon Yoon

Department of Psychology
Chungbuk National University

Neuroscience Research Institute
Gachon University of Medicine and Science

Theory of mind (ToM) refers to the knowledge about the mind that we have mental states—such as intention, desire and belief—and our mental states cause our action is recognized as theory of mind. A person with theory of mind comes to read people's actions in terms of their mental states, that is, mindreading. In this review, we summarize recent work that has illuminated the neural bases of mindreading. Lesion studies has suggested that damage to brain areas such as right hemisphere, orbitofrontal cortex, amygdala were correlated with ToM deficits. Neuroimaging studies of normal adults have consistently demonstrated the importance of particular brain regions for ToM, the superior temporal sulcus (STS), temporal pole (TP) and the medial prefrontal cortex (MPFC). Findings from brain imaging and lesion studies indicate that ToM ability is supported by a widely distributed neural system. The theoretical importance of ToM for everyday life requires further studies in more various populations.

Key words: Theory of Mind, brain imaging study, medial prefrontal cortex, superior temporal sulcus, temporal pole