

전문가 학습과정에 의한 얼굴과 대상 인식

김 정 훈 김 초 복 전 하 정 문 성 실

KAIST 인문사회과학부

충남대학교 심리학과

얼굴인식에서의 근본적인 논쟁점 중 하나는 얼굴인식에서 나타나는 전체적 처리특성과 배열 정보처리의 우세성이 생득적 능력인가 아니면 후천적 학습의 결과인가에 관한 것이다. 본 연구는 얼굴인식에만 나타난다고 여겨져 왔던 전체적 처리와 배열정보처리의 특성과 더불어 자동적 처리특성이 전문가적 학습과정을 통해 대상인식에서도 나타나는가를 확인하고(실험 1), fMRI를 이용하여 얼굴자극에 대하여 특수하게 관찰되는 것으로 알려진 FFA에서의 선택적 활성화가 학습의 결과로 그 강도가 변화하는가를 확인하고자 하였다(실험 2). 실험 1에서는 합성얼굴과 합성물고기 자극에 대하여 비전문가 학습 집단과는 달리 전문가 학습 집단에서만 전체적 처리와 배열정보처리 특성과 함께 자동적 처리 특성이 나타났고, 실험 2에서는 전문가 학습의 결과, 얼굴자극 뿐만 아니라 대상자극에 대한 FFA의 활성화가 증가하는 것을 확인하였다. 즉, 얼굴과 대상인식의 배후 뇌 기제에 대한 영역-일반성 특징을 보이는 결과를 얻었다. 이 실험 결과들은 얼굴인식에서 특징적으로 관찰되어지는 것으로 알려진 처리 과정들이 생득적인 능력에 기인하기보다는 전문가적 학습에 의한 결과임을 시사해준다.

주요어: 얼굴인식, 전문가 학습, 합성얼굴, fMRI, FFA, mFus

이 논문은 2003년 한국학술진흥재단의 지원에 의해 연구되었음 (KRF-2003-041-H00028)

교신저자: 김정훈, (305-701) 대전 유성구 구성동 373-1, KAIST 인문사회과학부

E-mail: miru@kaist.ac.kr

얼굴인식의 연구에서 근본적인 논쟁점은 얼굴인식이 선천적이며 생득적인 능력인가, 아니면 후천적이며 학습에 의한 것인가 하는 물음이다. 이와 더불어 얼굴자극의 정보처리과정의 코의 모양이나 눈의 색처럼 독립적인 조각세부특징(piecemeal-feature)에 기반을 두어 수행되는지, 아니면 눈, 코, 입 등 얼굴 구성요소의 결합된 정보나 이들 간의 공간적 관계인 배열정보(configural information)에 기반을 두어 수행되는지에 대한 물음이다¹⁾. 또한 이들 정보들이 인지부하가 요구되는 통제적 처리과정을 거치는지 아니면 자동적으로 처리되는지의 문제도 주요한 연구 논쟁점 이었다.

선천성과 후천성의 논쟁과 관련하여 여러 뇌영상 연구들(Puce, Allison, Gore, & McCarthy, 1995; Clark, Keil, Maisog, Courtney, Ungeleider, & Haxby, 1996)은 방추회(fusiform gyrus) 영역이 얼굴자극에 대하여 강한 활성화를 보이는 것을 밝힌 바 있고, Kanwisher와 동료들은 얼굴자극에 대한 반응특수성을 보이는 이 영역을 FFA(fusiform face area)라고 명명하였다(Kanwisher, McDermott, & Chun, 1997; Kanwisher, 2000). 이는 얼굴자극의 처리에 특수한 단원적 뇌 영역(modular cortical region)의 존재를 시사하는 것이다. 얼굴자극에 특수하게 반응하는 뇌 영역의 존재는 신생아의 경우 학습을 하지 않았음에도 얼굴자극에 대하여 시각적 선호를 보인다는 오랜 심리학 관찰과 함께 얼굴인식의 선

천성을 증명하는 것으로 보인다.

그러나 이들 주장에 반대하여 얼굴인식이 학습에 의거한다는 여러 증거들도 제시되고 있다. 얼굴이 아닌 대상의 경우에도 훈련에 의해 전문가가 되었을 때 얼굴인식에서 관찰되는 뇌활성화의 특징들이 나타난다는 점이다. 즉, 차량의 전문가는 차량에 대해, 새의 전문가는 새에 대해서 얼굴인식과 동일한 방식으로 대상을 인식하는 것으로 밝혀졌고(Diamond & Carey, 1986; Gauthier & Tarr, 1997, 2002; Gauthier, Williams, Tarr, & Tanaka, 1998), FFA는 얼굴에만 특수하게 반응하는 영역이 아니라 전문가 수준으로 학습된 대상의 인식에 관여하는 것으로 보인다(Gauthier, Tarr, Anderson, Skudlarski & Gore, 1999; Gauthier, Skudlarski, Gore, & Anderson, 2000). 이와 관련하여 Bartlett 등(Bartlett, Searcy, & Abdi, 2003)은 학습한 얼굴 자극세트와 그 얼굴의 요소들을 새롭게 결합하여 만든 결합얼굴자극세트를 이용하여 실행한 얼굴 재인과제에서 학습얼굴세트가 결합얼굴세트나 새 얼굴세트보다 FFA에서 강한 활성화를 야기시킴을 밝힌 바 있다. 이는 얼굴자극에 대한 FFA의 활성화가 학습에 의해 증가함을 의미한다.

얼굴자극의 정보처리과정과 관련하여 얼굴인식이 근본적으로 배열정보 처리특성을 갖는지, 아니면 조각세부특징 처리 특성을 갖는지를 연구한 실험들의 결과를 종합해 보면, 얼굴인식에서 나타나는 주요 처리특성은 배열정보의 전체적 처리(holistic processing)라는 많은 증거들이 있다²⁾. 배열정보 처리란 눈의 모양

1) 저자의 이전 논문에서는 얼굴구성요소들을 국소/전체정보로, 얼굴정보의 처리특성을 국소적 전체적 정보처리로 구분하고 의미를 분명히 한 바 있으나, 본 논문에서는 심사자의 의견을 좇아 전체정보를 배열정보로 용어를 바꾸어 썼음을 밝힌다(김정훈, 김초복, Wilson, Wilkinson, 2004 참조). 또한 본문에서, 배열정보와 구분되어야 할 용어인 배열정보처리는 배열정보에 기반한 정보처리 특성을 지칭한다.

2) 얼굴인식에서 국소정보처리는 연구자들에 따라 조각(piecemeal), 부분(part-based), 요소(componential), 그리고 분석 혹은 계열적 정보처리의 의미로 쓰이며, 전체정보처리는 총체(global), 배열(configural), 조

뿐만 아니라 눈 사이의 거리, 이마의 간격, 코와 입의 거리 등 배열적인 정보가 중요하다는 것으로, 얼굴인식이 얼굴을 구성하는 조각 세부 특징들의 전체적인 배열정보를 중시하기 때문에 나타나는 현상이다(Tanaka & Sengco, 1997). 전체적 처리는 얼굴인식이 다른 대상과 달리 세부특징에 근거하지 않고 전체적으로 부호화된다는 것으로, 얼굴의 경우 전체 얼굴을 부호화하기 때문에 코나 입의 부분 사진을 보고 이전에 보았던 얼굴인지를 재인하는 것은 어렵다. 반면 집과 같은 일반 대상은 대상의 부분을 부호화하기 때문에 문의 모습, 굴뚝의 모양 등 집의 부분 모습에 대해서도 우수한 수행을 보인다(Farah, 1992; Tanaka & Farah, 1993; Farah, Wilson, Drain & Tanaka, 1995). 얼굴인식에 있어 이 두 가지 처리 특성은 매우 보편적으로 확인된 바 있고, 지금까지 주로 얼굴인식은 대상의 인식(예를 들면 자동차나 새)과 달리 대단히 독특한 방식으로 처리된다는 주장이 뒷받침되었다.

전체적, 배열정보 처리특성과 더불어, 얼굴 인식은 익숙한 대상의 인식에서 나타나는 자동성(automaticity)을 가지고 있다. 자동성이란 주의가 분산될지라도 그 수행이 손상되지 않음을 의미한다. 예를 들어, 숙련된 운전자의 경우 차를 운전하면서 노래 테이프를 바꾸고, 노랫말을 따라 부르는 것은 운전자의 수행을 거의 방해하지 않는다. 반면 초보운전자의 경우 익숙하지 않은 운전과 테이프 바꿔 끼기는 양쪽 모두에 주의 분산이 요구되므로 수행이 급격히 저하되는 결과를 보인다(Boutet, Gentes-Hawn, & Chaudhuri, 2002). 얼굴인식의 자동성을 입증한 Young과 동료들(Young, Ellis, Flude, 약(coarse), 그리고 병렬적 혹은 자동적 정보처리의 의미로 쓰인다.

McWeeny, & Hay, 1986)의 연구에서, 피험자들은 얼굴-이름 쌍으로 제시된 자극을 본 후, 얼굴은 무시하고 이름만을 범주화시키는 과제를 수행하였다. 이 때, 얼굴-이름 쌍이 잘못 짝지어진 경우에는 이름과 관련이 없는 얼굴자극이 이름 범주화 수행에 간섭을 일으켰다. 이와 같이 얼굴인식에서 나타나는 자동성은 주의를 기울이지 않은 얼굴이라고 할지라도 자동적으로 처리됨을 의미한다. 만일, 얼굴인식의 특성이 선천적인 것이 아니라 경험과 학습에 기인한 것이라면, 전문가적 학습이 이루어진 집단에게서는 주의가 분산된 조건에서도 전체적, 배열정보 처리특성이 관찰되어야 한다. 반면, 학습수준이 낮은 경우에는 주의를 기울인 경우에만 전체적, 배열정보 처리 효과가 나타나며, 주의를 기울이지 않았을 때에는 얼굴인식의 처리 특징들이 나타나지 않는다(Palermo & Rhodes, 2002).

본 연구는 이러한 얼굴의 처리특징들이 초기 연구자들의 가정과는 달리 얼굴자극에 대해서만 독특한 것이 아니라 다른 대상에 대해서도 관찰될 수 있다고 가정하였고, 이에 더해 주의와 관련하여 자동적 처리특성이 전문가적 학습을 통해 나타날 것으로 예상하였다. 전문가적 학습은 단순히 공통의 표면특성을 지닌 특정 범주의 대상들을 반복적으로 재인하여 각각의 대상을 구분하는 것으로 이루어지는 것이 아니라, 그 대상들을 지각적 특성을 바탕으로 분류(categorization)할 수 있어야 한다(Rosch, Mervis, Gray, Johnson, & Boyes-Braem, 1976; Tarr & Cheng, 2003). 예를 들어, 일반인들은 표면특성(기초수준)에 기반하여 양의 얼굴을 사자의 얼굴과 구분할 수 있지만 양의 얼굴들을 구분하기는 어렵다. 하지만 양에 대하여 전문가가 된 사람은 큰 어려움 없

이 양의 얼굴들을 구분할 수 있는데, 이것은 학습과 경험을 통해 양의 얼굴들의 특수한 지각적 특성(하위특수수준)을 바탕으로 자동적으로 분류할 수 있는 능력을 습득한 것을 의미하는 것이다(McNeil & Warrington, 1993). 물론, 각 수준의 분류에 영향을 미치는 표면특성과 지각적 특성 자체가 무엇인지, 어떻게 기술할 수 있는지의 문제는 오랜 논쟁점이다.

전문가 학습과정으로서의 얼굴인식 특성을 밝히는데 있어 전제되어야 할 것은 실무목적 학습과정인 통찰학습과는 달리 일정한 단계에 따라 수준별 향상을 기대하는 전문가 학습과정을 체계적으로 관찰하는데 적합한 자극의 구성과 측정방법이다. 우리는 매일의 생활에서 이미 얼굴인식에 아주 능숙한데, 연구에서 얼굴사진을 사용한다면 얼굴인식이 선천적 능력에서 나오는 것인지 아니면 전문가 학습의 결과인지를 가늠할 수가 없다. 그렇다고, 얼굴이 아닌 자극을 사용한다면 일반 대상자극에 대한 전문가 학습과정을 밝힐 수는 있을지 모르되, 당연히 얼굴인식의 특성을 밝힐 수가 없다. 따라서 자극의 경우, 얼굴자극과 일반 대상의 인식이 전문가 학습과정임을 보여주기 위해서는 관찰자에게 익숙하지 않은 형태이되, 얼굴정보와 특정 대상의 정보를 충분히 함유하고 있으며, 반복 경험을 통해 점진적으로 인식률이 증가해야 하고, 또한 한 차원의 공통적인 물리적 속성을 가지고 있어야 한다. 한편, 전문가 학습과정의 측정은 인식과 실패의 실무목적 반응의 측정보다는 인식에 이르는 배후의 학습과정을 지표화할 것이 요구된다. 이에 대해 최근 시각과학에 소개된 방사주파수(radial frequency)의 합성에 의한 새로운 얼굴형태패턴(Wilson, Wilkinson & Asaad, 1997)과 fMRI에 의한 특정 뇌영역의 활성화 측정은

이 요구들에 매우 적합하다.

방사주파수는 Gaussian의 4차 도함수(D4)로 구성된 기본 원의 반지름을 정현파 함수로 변조시켰을 때의 특정 주파수로 정의할 수 있는데, 이 방사주파수의 조합을 이용하여 자연에 존재하는 대상들의 윤곽과 매우 유사한 패턴들을 생성할 수 있다(Wilson, Loffler, & Wilkinson, 2002; 김정훈, 김초복, 2003). 이 형태패턴은 시각 정보처리의 특성을 밝히는데 특히 중요함이 입증된 바 있다. 시각과학은 지난 십여 년 동안 형태시각 경로인 복측 경로(V1→V2→V4→IT, "what pathway")의 각 단계에서의 정보처리 특성을 밝혀왔는데, 초기단계에서의 방위와 공간주파수에 동조된 선형필터의 작용(De Valois & De Valois, 1990)과 이 경로의 끝인 IT영역 세포들의 얼굴자극에 대한 반응특수성을 입증한 반면(Desimone, 1991; Gross, 1992), 중간 단계에서의 단순시각 세부특징에서 복잡한 일상 얼굴자극으로의 정보전환 특성에 대해서는 밝히지 못해왔다.

중간 단계인 V4영역의 세포들이 동심원이거나 방사형태 같은 non-Cartesian 패턴에 대해 반응특수성이 있음은 보고되어 왔으나(Gallant, Braun, & Van Essen, 1993), 최근의 연구들은 이 자극들의 곡선형태 특성을 갖는 방사주파수 합성패턴이 V4 세포의 반응특수성을 반영할 뿐 아니라(Wilkinson, Wilson, & Habak, 1998), 방사주파수의 조합으로 생성한 합성얼굴자극이 실제 개인 얼굴이 함유한 대부분의 중요한 정보를 상위단계로 전달함을 밝혀온 바 있다(Wilson, Loffler, & Wilkinson, 2002; Kim, Wilson & Wilkinson, 2002). 또한 여러 방사주파수의 조합으로 윤곽과 헤어라인을 중심으로 생성한 합성얼굴에 대한 정확인식률이 실제 사진얼굴에 대한 정확인식률과 차이가 거의 없음이 보

고되었다(김정훈, 김초복, 2003 참조). 이는 방사주파수 합성패턴에 대한 중간 단계 시각경로에서의 생리적 타당성을 시사하는 것으로, 이를 바탕으로 얼굴자극 뿐만 아니라 다양한 형태의 새로운 합성대상패턴을 구성한다면(예를 들어, 새나 과일), 이 패턴들이 형태인식의 전문가 학습과정을 연구하는데 있어 위에 기술한 자극의 기준을 만족시킬 수 있다. 즉, 방사주파수 합성얼굴은 얼굴의 기하학적 정보를 충분히 함유하고 있는 “얼굴자극”이지만 익숙하지 않은 자극이며, 반복 경험을 통해 점진적으로 인식이 증가하고, 얼굴의 각 지각속성을 수리적으로 기술할 수 있는 자극이다. 방사주파수 합성대상도 위의 설명이 그대로 적용될 수 있음은 과일을 사용한 기존의 연구에서 시사된 바 있다(Wilkinson, Shahjahan, & Wilson, 2004).

따라서 본 연구에서는 전문가 학습과정으로서의 얼굴인식 특성을 밝히고자 관찰자에게 익숙하지 않은 방사주파수 합성얼굴과 합성대상을 이용하여 전문가 학습을 실행하고 얼굴인식의 특징으로 간주되어 온 전체적 처리와 배열정보 처리특성이 얼굴과 대상인식에서 공통적으로 나타나는가를 확인하고, 이와 더불어 전문가 학습의 결과 나타날 것으로 예상되는 자동적 처리 특성을 검증하고자 하였다. 또한 얼굴자극에 대해 선택적인 FFA의 활성화가 전문가 학습과정을 통해 형성될 수 있음을 증명하기 위해, fMRI 측정을 이용하여 합성얼굴과 합성대상에 대한 FFA의 점진적인 뇌활성화 증가를 관찰하고자 하였다. 즉, FFA가 얼굴인식에 대하여 영역-특수적인 속성을 갖는지, 아니면 얼굴과 대상인식 모두에 대하여 전문가 학습과정을 반영하는 영역-일반성 특징을 보이는지를 검증하고자 하였다.

실험 1

실험 1에서는 얼굴인식에서 나타나는 전체적 처리와 배열정보 처리 특성이 낮은 자극으로 구성된 합성얼굴과 합성대상에 대한 전문가 학습과정을 통해 나타날 수 있음을 검증하고자 하였다. 이를 위해 합성얼굴과 합성대상에 대한 전문가적 학습을 받은 집단과 비전문가적 학습을 받은 집단을 구성하고, 두 집단의 전체적 처리와 배열정보 처리를 측정하는 과제에서의 수행 수준을 비교하고, 각 과제에서 주의의 효과를 검증하였다. 얼굴인식의 특성인 전체적 처리와 배열정보 처리 특성이 전문가적 학습에 의한 것이라면, 전문가적 학습을 받은 집단의 수행이 비전문가적 학습을 받은 집단보다 높게 나타날 뿐만 아니라, 전문가적 학습을 받은 집단은 주의를 기울이지 않은 경우에도 수행이 높을 것으로 예상된다.

방 법

실험참여자 KAIST에 재학 중인 48명의 대학생이 참여하였다. 이 중 전문가 학습과정에 실패한 4명을 제외한 44명(남 26명, 여 18명, 평균연령 21.5세)이 실험 1에 참여하였다. 참여자들은 실험에 참여하는 조건으로 참여 수당을 지급받았다.

자극 재료 전문가 학습을 위한 얼굴 자극은 익숙하지 않은 자극이되 학습가능성이 있고, 얼굴과 대상에서 공통적으로 기술될 수 있는 물리적 속성이 있으며, 또한 생태학적 타당성이 있는 방사주파수 합성 얼굴을 사용하였다(김정훈, 김초복, 2003 참조). 본 실험에서는 방사주파수 합성얼굴을 성별과 인종의 2가지

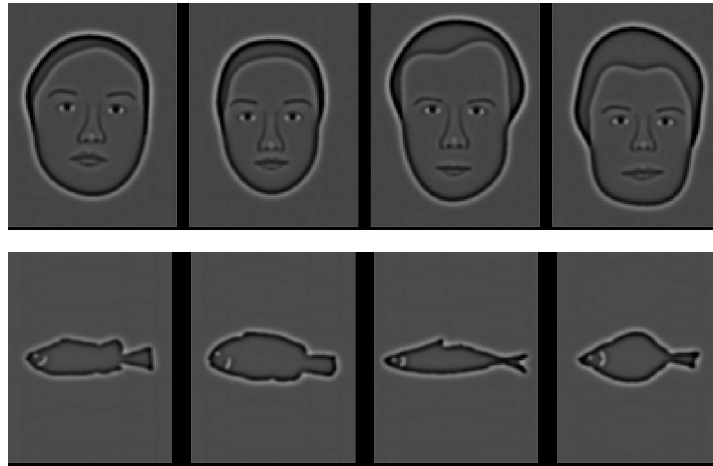


그림 1. 실험 1에 사용된 합성얼굴과 합성물고기 자극 재료의 예. 얼굴 자극은 성별과 인종, 2개 차원으로 분류하였다(위). 왼쪽부터 동양인 남자, 동양인 여자, 서양인 남자, 서양인 여자의 얼굴. 물고기 자극은 꼬리 모양과 몸통의 굵기, 2개 차원에 따라 분류하였다(아래). 왼쪽부터 편평한 꼬리와 가는 몸통, 편평한 꼬리와 굵은 몸통, 갈라진 꼬리와 가는 몸통, 갈라진 꼬리와 굵은 몸통 물고기.

차원으로 분류하여 40개의 자극을 사용하였다(그림 1). 학습동안에는 전체 얼굴 중 20개의 얼굴이 사용되었으며, 본실험에서는 40개가 모두 사용되었다. 본실험에 사용된 얼굴 자극 중 부분얼굴은 전체 얼굴에서 얼굴의 윤곽(contour)과 헤어라인을 제거하여 눈, 눈썹, 코, 입만이 포함된 부분 얼굴을 사용하였다(김정훈 등, 2004 참조). 배열변형 얼굴은 원래의 전체얼굴 자극에서 눈썹간 간격을 넓게 변형하여 사용하였다(그림 3 참조).

합성얼굴과 대응되는 대상자극으로는 실제 물고기 사진을 바탕으로 방사주파수를 이용하여 재구성한 자극을 사용하였다. 합성물고기 자극은 꼬리모양과 몸통 굵기의 2가지 차원으로 분류하였는데, 꼬리모양이 편평한 것과 갈라진 것, 몸통의 굵기가 굵은 것과 상대적으로 가는 것으로 분류되었다(그림 1). 학습동안

에는 20개의 물고기 자극만을 사용했으며, 본 실험에서는 전체 자극 40개를 모두 사용하였다. 본실험에 사용된 배열변형 물고기 자극은 원래의 물고기 자극에서 눈과 아가미의 간격을 넓게 조작하여 사용하였다(그림 3 참조).

설계 실험은 학습 수준(전문가 학습과 비전문가 학습)과 주의 조건(얼굴 및 물고기 주의와 글자 주의)의 2*2 혼합설계를 적용하였다.

학습 절차 모든 참여자들은 본실험을 수행하기 전 학습과제를 수행하였다. 실험 참여자들은 무선화된 순서로 전문가 학습조건과 비전문가 학습조건에 할당되었다. 전문가 학습조건에 할당된 참여자들은 합성얼굴에 대해 재인과제와 성별, 인종(동양인과 서양인), 그리고 성별과 인종을 판별하는 학습과제를 수행하였

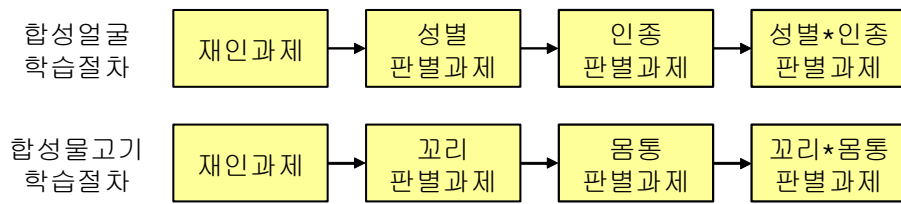


그림 2. 전문가 학습과정. 전문가 학습과정은 합성얼굴 위 과 합성물고기 아래 각각에 대해 하나의 재인과제와 세 수준의 판별과제로 이루어졌다. 비전문가들은 이 중 재인과제만 수행하였다.

고, 각 과제에서 90% 이상의 정확반응을 보일 때까지 학습을 반복하였다. 합성물고기에 대해서도 재인과제와 꼬리(갈라진 꼬리와 편평한 꼬리), 몸통(가는 몸통과 굵은 몸통), 그리고 꼬리와 몸통 판별과제를 순서대로 수행하였다(그림 2). 비전문가 학습과정에 할당된 참여자들은 합성얼굴과 합성물고기에 대한 재인 과제만을 수행하였고, 마찬가지로 90% 이상 정확반응할 때까지 학습을 반복하였다.

각 학습과제는 4개의 대안 강제선택과제(4AFC: 4 alternative forced choice)로, 먼저 화면 중앙에 제시되는 하나의 합성얼굴을 기억한 후, 이후에 화면의 사분면에 제시되는 4개의 합성자극들 중 이전의 얼굴과 동일한 얼굴을 찾거나(재인과제), 동일한 성별, 인종, 그리고 성별과 인종을 찾는 것(차례대로 성별 판별과제, 인종 판별과제, 성별*인종 판별과제)으로 구성되었다. 합성물고기에 대해서도 마찬가지로의 절차로 재인과제, 꼬리 판별과제, 몸통 판별과제, 그리고 꼬리*몸통 판별과제를 통해 학습이 이루어졌다. 모든 반응은 마우스를 통해 이루어졌고, 오반응을 한 경우에는 경고음이 제시되었다. 전문가 학습에 걸린 시간은 평균 112분(합성얼굴 87분, 합성물고기 25분)이었고, 비전문가 학습에 걸린 시간은 평균 18

분(합성얼굴 10분, 합성물고기 8분)이었다. 전문가 학습량에 일치하는 시간 혹은 그 이상(2일)동안의 학습은 사전조사와 이전의 비전문가 학습과정에 해당하는 얼굴변별역치 측정실험에서 정확률이 더 이상 증가하지 않음을 확인한 바 있다(Kim, Wilson & Wilkinson, 2002).

본실험 절차 본실험은 얼굴(혹은 물고기)주의 조건과 글자주의 조건으로 구성되었고, 참여자들은 모든 과제에 대해 각 주의조건을 반복하여 수행하였다(그림 3). 합성얼굴의 경우 전체-부분 재인과제와 배열변형 재인과제로 구성되었고, 합성 물고기의 경우 재인과제와 배열변형 재인과제로 구성되었다. 모든 과제는 40 시행으로 이루어졌다. 참여자들은 글자주의조건에서 합성얼굴 및 합성물고기의 내부 혹은 윤곽에 제시되는 4 개의 알파벳을 소리내어 읽어야 했고, 얼굴(혹은 물고기)주의조건에서는 제시된 알파벳들을 무시하고 기억해야 할 자극에 대해 주의를 기울였다.

전체얼굴 재인과제는 먼저 제시되는 얼굴(탐사자극)과 이후 제시되는 얼굴(검사자극)이 동일한지 여부를 판단하는 과제였다. 탐사자극이 800ms 동안 제시되고 나면, 실험참여자들은 알파벳을 소리내어 읽거나(글자주의 조

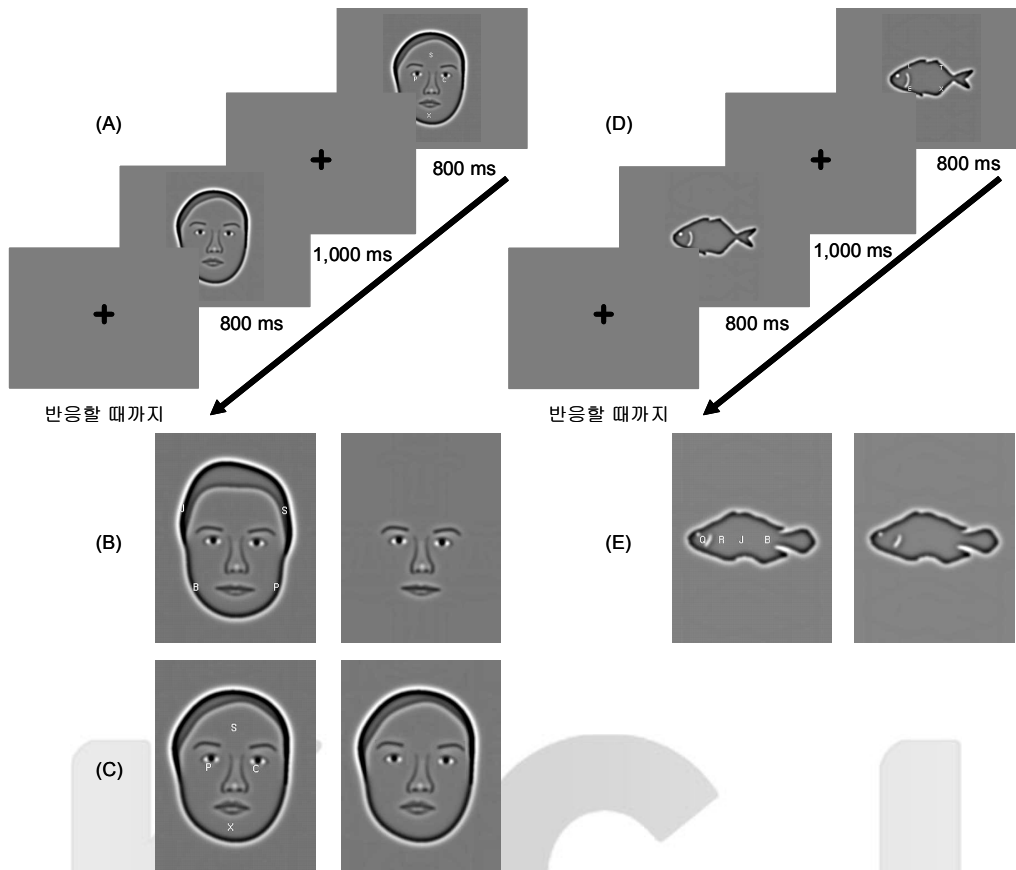


그림 3. 실험 1의 절차 및 자극재료. 얼굴(물고기)주의 조건에서는 제시된 알파벳을 무시하고 탐사자극에 주의를 기울였고, 글자주의 조건에서는 제시된 알파벳을 읽어야 했다. (A) 전체얼굴 재인과제의 절차, (B)부분얼굴의 예, (C)배열변형얼굴의 예, (D)물고기 재인과제의 절차, (E)배열변형 물고기의 예.

건), 알파벳은 무시하고 얼굴에 주의를 기울여 기억한 다음(얼굴주의 조건), 1,000ms의 고정점 이후에 800ms 동안 제시되는 검사자극을 보고 검사자극과 동일한 얼굴인지를 판단하였다. 검사자극 이후에 다시 고정점이 제시되었고, 참여자들이 반응하면 다음 시행으로 넘어갔다. 부분얼굴 재인과제는 전체얼굴 재인과제와 무선화되어 한 블록으로 제시되었고, 검사자극에서만 부분얼굴이 제시되었다. 배열변형얼굴 재인과제는 탐사자극과 검사자극의 제

시시간을 2,000ms으로 하였고 검사자극은 탐사자극과 동일한 자극이거나 동일한 얼굴을 배열변형한 얼굴이 제시되었다. 참여자들은 검사자극에 대해 완전히 동일한 얼굴인지 아니면 변형이 있는 얼굴인지를 판단하였다. 물고기 재인과제는 제시되는 자극이 합성물고기인 점을 제외하면 전체얼굴 재인과제와 동일한 방식으로 제시되었다. 배열변형물고기 재인과제 역시 배열변형얼굴 재인과제와 동일한 방식으로 제시되었다.

결과 및 논의

합성얼굴과 합성물고기에 대한 전문가 집단과 비전문가 집단의 주의조건에 따른 정확반응률과 반응시간을 분석하였다. 먼저, 전체얼굴 재인과제의 정확반응률을 분석한 결과, 전문가의 정확률(91.48%)이 비전문가(86.99%)보다 유의하게 높은 것으로 나타났다, $F(1,42)=6.307$, $MSE=70.282$, $p<.05$. 또한 얼굴주의 조건의 정확률(93.01%)이 글자주의(85.45%)보다 높게 나타났다, $F(1,42)=38.119$, $MSE=32.958$, $p<.001$. 또한 학습수준과 주의조건의 상호작용 효과가 유의하여, 전문가는 얼굴에 주의를 기울이지 않더라도 수행의 저하가 크게 나타나지 않았지만, 비전문가는 주의를 기울이지 않을 경우 수행이 더 크게 낮아졌다, $F(1,42)=4.364$, $MSE=32.958$, $p<.05$ (그림 4의 좌측. 반응시간의 경우 평균 914.68ms 였고, 집단 및

주의조건에 따른 차이는 없었다. 학습수준과 주의조건간 상호작용을 보인 이 결과는 전문가 집단에게서는 자동성의 특성이 나타난 반면, 비전문가 집단에게서는 나타나지 않았음을 의미하는 것으로, 서론에서 기술한 바와 같이 얼굴인식은 선천적인 특성을 갖는 것이 아니라, 전문가적 재인과정의 특성을 갖고 있음을 시사한다.

부분얼굴에 대한 정확반응률을 분석한 결과는 그림 4의 우측에 제시하였는데, 얼굴주의 조건(75.97%)에서의 수행이 글자주의 조건(69.66%)보다 높은 것으로 나타났다, $F(1,42)=18.715$, $MSE=46.757$, $p<.001$. 그러나, 전문가(73.86%)와 비전문가(71.76%)의 차이는 나타나지 않았고, $F(1,42)=1.428$, $MSE=68.091$, $p=.239$, 상호작용효과 역시 나타나지 않았다, $F(1,42)=1.107$, $MSE=46.757$, $p=.299$ (그림 4). 반응시간의 경우 평균 967.49ms 였고, 집단 및 주의조

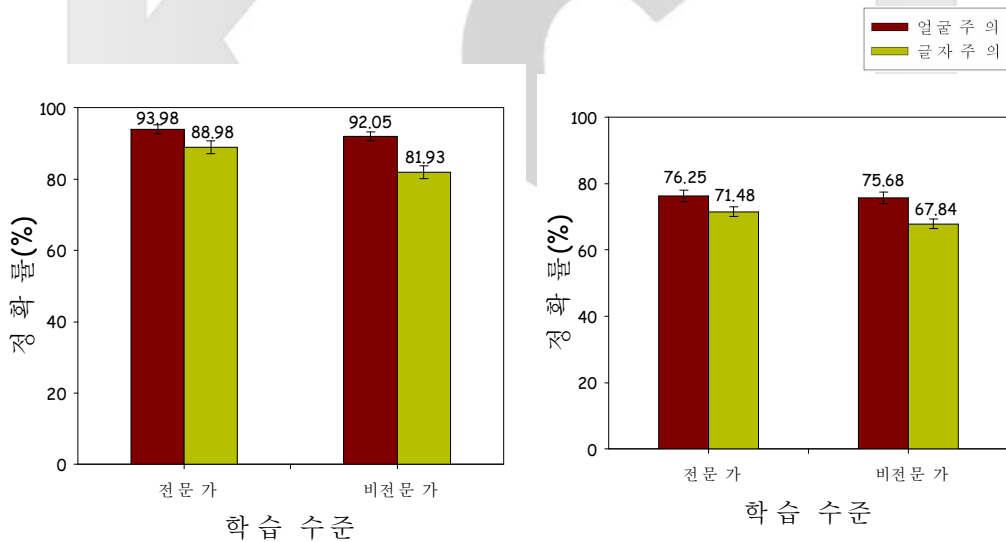


그림 4. 전체얼굴과 부분얼굴에 대한 정확률. 전체얼굴의 경우 학습수준의 주효과 주의조건의 주효과 학습수준과 주의의 상호작용효과가 유의하였다(좌). 부분얼굴의 경우 주의의 주효과만 유의하였다(우).

건에 따른 차이는 없었다. 부분얼굴 재인과제 결과를 전체얼굴 재인과제와 비교해 보면, 전문가 집단의 수행 감소가 비전문가보다 더 크게 나타났음을 알 수 있다. 이는 얼굴인식의 특징인 전체적 처리특성이 대상인식의 전문가들에게서만 나타나는 학습의 결과임을 보여주는 결과이다.

배열변형얼굴 재인과제에 대한 정확반응률을 분석한 결과, 전문가(77.27%)가 비전문가(64.99%)보다 더 높은 정확률을 나타냈다, $F(1,42)=10.759$, $MSE=307.982$, $p<.01$ (그림 5). 또한 얼굴주의 조건(72.95%)이 글자주의(69.31%) 조건보다 높게 나타나, $F(1,42)=5.164$, $MSE=56.331$, $p<.05$, 얼굴에 주의를 기울인 경우 수행이 더 향상되는 것으로 나타났다. 학습수준과 주의조건의 상호작용효과 역시 유의한 것으로 나타났다, $F(1,42)=4.539$, $MSE=56.331$, $p<.05$. 즉, 비전문가의 정확률은 주의조건에 따른 차이가 없이 수행이 저조하였으나, 전문가 집단은 주의를 기울인 경우 수행이 더 향상되는 것으로 나타났다. 반응시간은 평균

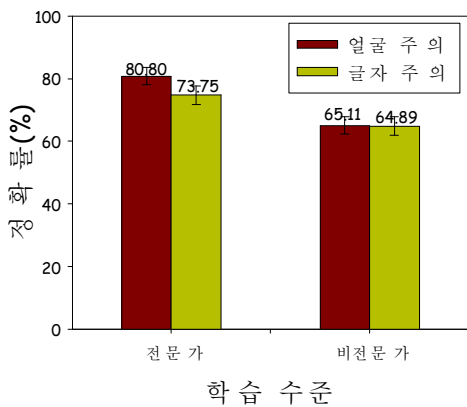


그림 5. 배열변형얼굴에 대한 정확률. 학습수준의 주효과, 주의조건의 주효과, 학습수준과 주의의 상호작용효과가 유의하였다.

2055.82ms 였고 집단 및 주의조건에 따른 차이는 관찰되지 않았다. 이 결과는 얼굴인식의 배열처리특성 또한 학습에 의해 획득된 것임을 시사한다. 또한 대상에 주의를 기울이지 않은 경우 전문가 집단에서 수행 감소가 나타나 자동성을 보이지는 않았지만, 전문가 집단이 주의를 기울이지 않을 때조차 비전문가 집단이 주의를 기울인 경우보다도 매우 높은 수행을 보여 전문가 집단에게서 학습의 효과가 매우 컸음을 알 수 있다.

다음은 합성물고기에 대한 재인과제와 배열변형물고기 재인과제 결과를 분석하였다(그림 6). 물고기 재인과제의 정확률은 전체얼굴에 대한 결과와 마찬가지로, 전문가 집단(88.63%)이 비전문가 집단(85.67%)보다 수행이 우수한 것으로 나타났다, $F(1,42)=4.566$, $MSE=42.059$, $p<.05$. 또한, 물고기주의 조건에서의 수행(92.10%)이 글자주의 조건(82.21%)에서보다 유의미하게 높은 것으로 나타났다, $F(1,42)=47.419$, $MSE=45.346$, $p<.001$. 그러나 학습수준과 주의조건에 따른 상호작용효과는 나타나지 않았다, $F(1,42)=1.410$, $MSE=45.346$, $p=.242$. 반응시간의 경우 평균 897.22ms 였고, 집단 및 주의조건에 따른 차이는 없었다.

배열변형 물고기 재인과제에 대한 정확반응률을 분석한 결과, 학습 수준에서는 전문가(66.18%)가 비전문가(55.67%)보다 유의미하게 높은 것으로 나타났다, $F(1,42)=11.366$, $MSE=213.870$, $p<.01$. 이는 배열변형얼굴 재인과제의 결과와 동일한 결과이다. 또한, 물고기주의 조건(63.52%)의 정확률이 글자주의 조건(58.35%)보다 높게 나타났다, $F(1,42)=6.880$, $MSE=85.488$, $p<.05$. 또한 학습수준과 주의조건에 따른 상호작용효과도 유의미하게 나타났다, $F(1,42)=4.673$, $MSE=85.488$, $p<.05$. 즉, 주의조건에 따라 비전

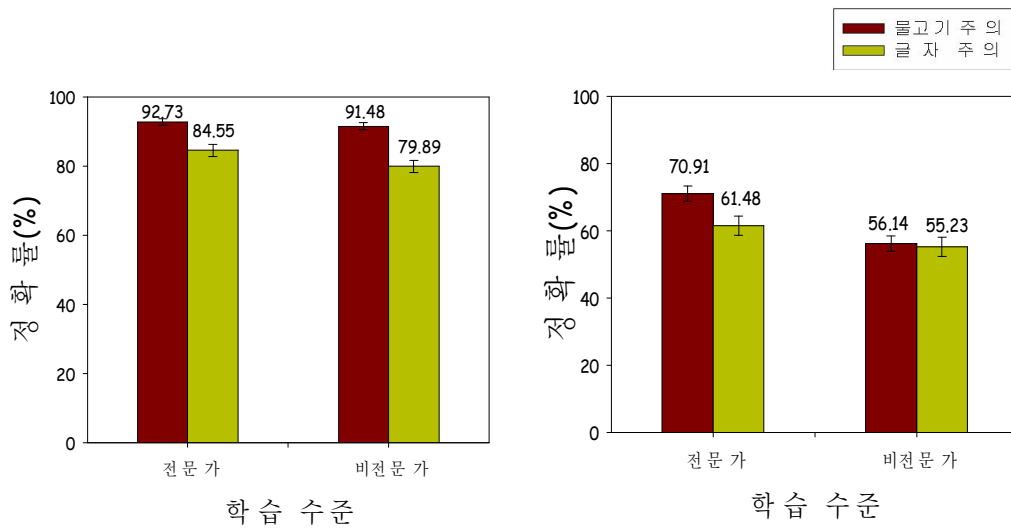


그림 6. 합성물고기에 대한 재인과제와 배열변형물고기 재인과제의 정확률. 합성물고기 재인과제의 경우 학습수준의 주효과, 주의조건의 주효과가 유의하였다(좌). 배열변형물고기의 경우 학습수준 주의조건의 주효과와 상호작용효과가 유의하였다(우).

문가는 수행률 차이를 보이지 않고 우연수준에 가까운 저조한 수행을 보였지만, 전문가의 경우에는 글자주의 조건보다 물고기주의 조건에서 정확률이 향상되었다. 평균 반응시간은 2046.83ms 였고 집단 및 주의조건에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다.

실험 1의 결과가 시사하는 바는 다음과 같다. 첫째, 전체얼굴 재인과제에서 나타난 전문가 집단의 우수한 수행은 주의에 의해서 크게 영향을 받지 않았다. 즉, 전문가의 경우 주의의 영향을 덜 받는 자동적 처리를 보이는 반면 비전문가의 경우 주의의 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 물고기 재인과제의 경우에도 전문가의 수행이 비전문가에 비해 우수하였다. 그러나, 전문가(8.18%)에 비해 비전문가의 수행 감소(11.59%)가 유의하게 크지는 않았다. 이는 전문가 학습과정에서 합성얼굴에 대한 학습시간보다 합성물고기에 대한 학습시간

이 더 짧기 때문인 것으로 볼 수 있다.

둘째, 부분얼굴 재인과제에서 전문가와 비전문가의 수행 수준의 차이가 나타나지 않았다. 이는 전체얼굴 재인과제에서 전문가 집단에게 나타난 우수한 수행능력이 사라진 것을 의미한다. 전문가들은 학습한 자극에 대한 전체적 처리를 통해 전체얼굴에 대한 재인과제에서는 더 높은 정확률을 보였지만, 얼굴의 윤곽이 제거된 부분얼굴에 대해서는 이러한 전체적 처리의 이점이 수행 향상에 기여하지 못하여 비전문가와 동일한 정도의 수행 수준을 보였을 뿐이다. 이 결과는 Farah와 동료들 (Farah, 1992; Tanaka & Farah, 1993; Farah 등 1995)이 주장한 전체적 처리특성, 즉 부분얼굴을 재인할 때 나타나는 수행의 저하가 선천적인 것이 아니라, 전문가적 학습의 결과에서 비롯되는 것임을 시사한다.

셋째, 배열변형얼굴 재인과제의 수행 결과,

전문가가 비전문가보다 더 우수한 것으로 나타났다. 이는 전문가의 경우 얼굴의 세부특징을 기반으로 처리하는 것이 아니라 세부특징들간의 관계에 대한 배열정보를 바탕으로 처리함으로써 배열변형 얼굴을 보다 정확하게 판별해 낼 수 있었던 것으로 해석할 수 있다. 특히 이러한 양상은 얼굴주의 조건에서 더욱 두드러졌다. 즉, 비전문가의 경우 얼굴에 주의를 기울인 경우 수행수준이 향상하지 못한 반면, 전문가의 경우는 얼굴에 주의를 기울인 경우 그렇지 않은 경우보다 매우 높은 수행수준을 보였다. 이러한 결과는 합성얼굴 뿐만 아니라, 합성물고기에 대해서도 동일하게 나타났다. 배열변형 합성물고기에 대한 재인과제에서도 전문가는 주의를 기울이지 않았을 때뿐만 아니라, 주의를 기울인 경우 매우 향상된 수행수준을 보였지만, 비전문가들에 있어서는 주의조건에 관계없이 우연수준을 조금 넘는 저조한 수행을 보였다. 이 결과 역시 대상의 배열적 변형에 대해서는 그 판별 정확도가 떨어지는 반면, 얼굴에 대해서는 배열적 변형을 보다 잘 판별해 내는 배열정보 처리특성이 전문가적 학습의 결과로 나타날 수 있음을 보여준다.

이들 결과를 종합하면, 얼굴인식과 대상인식이 서로 다른 정보처리과정임을 시사하는 증거로 받아들여져 왔던 전체적 처리와 배열정보 처리의 특성은 얼굴인식이 선천적 과정이 아니라, 전문가 학습과정의 결과로 나타나는 것을 설명하는 증거로 해석해야 함을 시사한다.

실험 2

실험 2는 실험 1의 행동실험 결과를 바탕으

로, 합성얼굴과 합성물고기에 대한 전문가적 학습을 수행하기 전과 후에 실제 뇌활성화의 차이가 있는가를 조사하기 위해 수행하였다. 이를 위해 전문가 학습 전과 후, 얼굴자극에 선택적으로 반응하는 것으로 보고되어온 FFA의 활성화 크기 변화를 관찰하였다. 만일, 얼굴인식이 선천적이라면 FFA의 활성화는 학습 전과 후에 차이가 없겠지만, 실험 1에서 나타난 바와 같이 전문가 학습에 의한 것이라면 FFA의 활성화가 증가할 것이다. FFA와 더불어 얼굴보다 일반 대상에 더 큰 활성화를 나타내는 중방추회(middle fusiform gyrus, mFus; Grill-Spector, 2003) 영역의 활성화 크기 변화도 관찰하였다. mFus 영역은 일반대상에 대해서만 선택적인 LOC(lateral occipital complex; Malach 등, 1995)와 장면에 대해 선택적인 PPA(parahippocampal place area; Epstein, Harris, Stanley, & Kanwisher, 1999)와 달리 일반대상과 공간적 장면(place)에 대해 유사하게 강한 활성화를 나타내는 영역으로, 얼굴자극에 대해서도 활성화가 나타나는 영역이다. 실험 2에서 사용된 합성얼굴은 실제얼굴의 형태정보를 그대로 유지하고 있기 때문에 LOC와 PPA보다는 mFus를 ROI(region of interest)로 정하는 것이 더 타당하다고 판단하였다. 실험 2에서는 전문적인 학습을 받은 집단의 경우 합성얼굴 뿐 아니라 합성물고기에 대하여 얼굴인식의 특징인 FFA의 활성화가 증가하고, 반대로 mFUS의 활성화는 감소될 것으로 예상하였다.

방 법

실험참여자 KAIST에 재학 중인 16명의 대학생이 자원하였다. 이 중 전문가 학습을 성공적으로 수행하지 못한 4명을 제외한 12명(남 7

명, 여 5명, 평균연령 21.3세)이 분석에 포함되었다. 모든 참여자들은 오른손잡이였고, 정상 교정시력을 보유하고 있었으며, fMRI 실험에 적절하지 않은 정신과적 병력이 없었다.

자극재료 실험에 사용된 자극은 실제 사진 얼굴과 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 일반대상(예를 들면, 시계, 의자, 전화기 등), 그리고 실험 1에 사용된 합성얼굴과 합성물고기였다.

절차 전문가 학습절차는 실험 1과 동일하였다. 모든 참여자들은 전문가 학습 전과 전문가 학습 이후에 한번씩 fMRI 실험에 참여하였다. fMRI 실험에서는 참여자들이 MRI 기기에 누워 영사기로 제시되는 자극을 거울을 통해 보면서 두 가지 실험을 수행하였다. fMRI 실험 절차는 그림 7에 제시하였다. 첫 번째 실험

은 실제얼굴과 실제대상, 그리고, 합성얼굴을 자극으로 구성된 재인과제로, 1초간 제시되는 자극을 기억한 후, 2초 후에 1초 동안 제시되는 자극에 대해 이전과 동일한 자극인가를 판단하는 것이었고, 5초간의 고정점이 제시된 이후 다음 시행이 진행되었다. 5회의 시행으로 하나의 블록을 구성하였고, 각 블록은 2회 반복되었다. 실제얼굴이 제시되는 과제와 실제대상이 제시되는 과제는 서로 다른 블록으로 구성되었고, 각 블록사이에는 고정점을 제시한 기저선 조건이 제시되었다. 두 번째 실험은 합성얼굴 대신 합성물고기를 제시한 점을 제외하고는 첫 번째 실험과 동일하였다. 두 실험의 순서는 참여자간 무선화하여 제시하였다. 참여자들은 모든 과제에 대해 마우스를 이용하여 빠르고 정확하게 반응하였다. 실험에 포함된 실제얼굴과 실제대상은

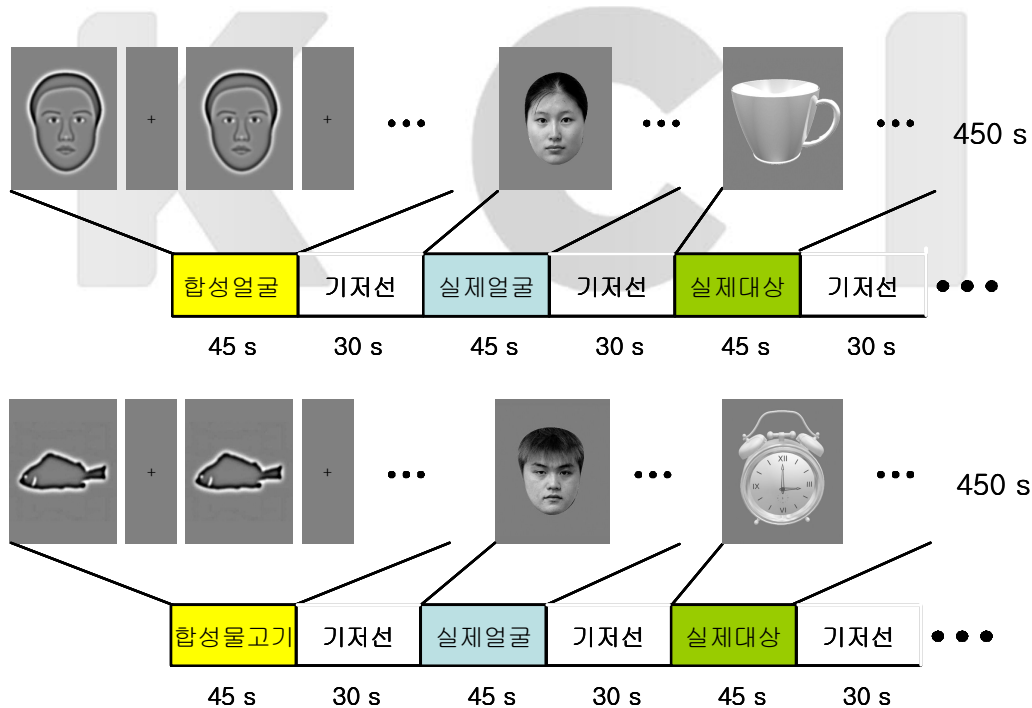


그림 7. fMRI 실험 절차. fMRI 실험은 총 2회기로 구성되었고 각 회기의 블록은 재인과제로 구성되었다

FFA와 mFus 영역을 측정(localization)하는 일반적인 절차를 따르기 위해 사용되었다(Kanwisher, McDermott & Chun, 1997; Grill-Spector, 2003).

fMRI 영상획득 및 분석 fMRI 실험을 위해 KAIST fMRI 센터에 있는 3.0T 기기를 사용하였다. 기능적 영상(EPI, echo-planer image)은 30장의 절편(slices)을 획득하였다(4mm, no gap). EPI 획득에 사용된 파라미터들은 TR=3,000ms, TE=35ms, Flip angle=85°, Matrix size=64×64, FOV=220mm×220mm 였다 또한 해부학적 영상인 T1 강조영상을 획득하였다.

획득된 영상의 분석을 위해 SPM99를 이용하였다. 통계적 분석 이전에 개인의 EPI 불일치를 보정한 후(realign), 신호대 잡음비를 높이기 위해 smoothing(FWHM=8mm) 하였다. 각 개인의 영상자료들은 MNI 좌표체계에 의한 T1 형편에 표준화하였고, 활성화된 뇌 영역의 좌표는 mni2tal 알고리즘(M. Brett, Cambridge, Massachusetts)을 적용하여 Talairach 좌표(Talairach & Tournoux, 1988)로 변환하였다.

통계 분석은 각 재인과제(실제얼굴 실제대상, 합성얼굴, 합성물고기)를 수행하는 블록이 기저선 블록보다 활성화되는 영역을 정의하기 위해 감산법을 이용하였다. 이 감산법 결과들을 이용하여 실제얼굴이 실제대상보다 활성화되는 영역(FFA, Kanwisher 등, 1997과, 실제 대상과 실제얼굴에 모두 활성화되는 영역(mFus, Grill-Spector, 2003)을 ROI로 정하여 이 영역에서 전문가 학습 이전과 이후의 합성얼굴과 합성물고기의 활성화를 관찰하였다. 최소 활성화 영역의 크기는 8mm로 하였고, 통계적 유의수준은 $p < .001$ 로 하였다.

결과 및 논의

실험 2에서는 인간의 얼굴인식 특성이 학습에 의한 전문가적 특성에 의한 것인지 그렇지 않으면 선천적인 패턴을 보이는지 여부를 살펴보기 위해 전문가 학습절차를 이용하여 전문가적 학습 전과 후의 FFA와 mFus에서의 활성화 변화를 관찰하였다. fMRI 실험에서 획득한 참여자들의 행동측정치를 분석한 결과, 정확반응률은 전문가 학습 전후의 모든 조건에서 97% 이상이었고, 조건별 반응시간은 최소 784ms 에서 882ms 이내에 분포하였다. 이러한 행동측정치들은 전문가 학습에 따른 차이가 없었다.

합성얼굴과 합성물고기에 대한 전문가 학습 전후 FFA와 mFus 영역에서의 활성화 크기 변화를 분석한 결과, 합성얼굴의 경우 FFA에서는 학습 전과 후 모두 활성화가 관찰되었다. 이는 합성얼굴이 낯선 자극속성을 지녔지만 실제얼굴의 형태정보를 포함하고 있기 때문에, 실제얼굴에 대한 경험들이 합성얼굴에 대한 뇌 활성화에 영향을 준 것으로 볼 수 있다. 그러나 전문가 학습 후의 활성화 크기가 더 큰 것으로 나타났다. 반면, mFus영역에서는 학습전과 후의 차이가 없었다. 합성물고기의 경우에도 FFA에서는 학습이전보다 학습 이후 더 큰 활성화가 나타났다. 그러나 mFus 영역에서는 FFA의 변화와 반대로 학습 전보다 학습 후에 큰 감소를 나타냈다. 합성얼굴과 합성물고기에 대한 FFA와 mFus 영역에서의 학습 전후 활성화를 그림 8에 제시하였고, 모든 참여자의 평균 Talairach 공간좌표와 활성화 변화에 대한 t-검증 결과를 표 1에 제시하였다 또한 각 ROI에서의 신호강도 변화를 그림 9에 제시하였다.

실험 2의 결과는 얼굴에 대해 선택적인 활성화를 나타내는 FFA가 얼굴자극에 대해서만

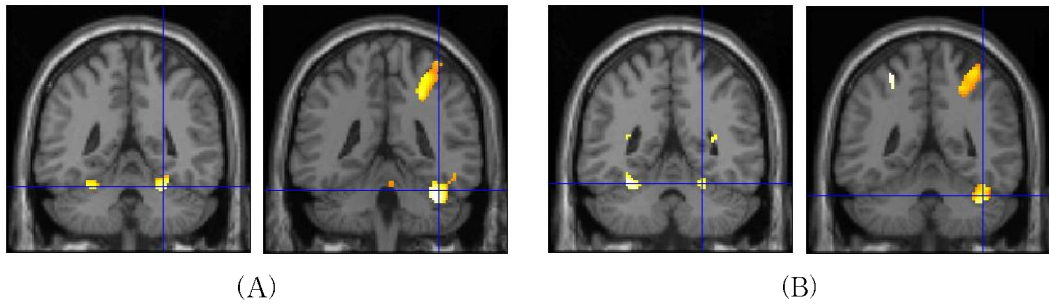


그림 8. 학습 전과 학습 후의 선택적 뇌활성화 영역. (A)합성얼굴에 대한 학습전(좌)과 학습후(우)의 뇌활성화영역, (B)합성물고기에 대한 학습전(좌)과 학습후(우)의 뇌활성화영역.

표 1. FFA와 mFus 영역의 평균좌표와 전문가 학습 전후의 활성화 변화

	Talairach 좌표			t	
	x	y	z	합성얼굴	합성물고기
FFA	-41±5	-53±7	-17±3	2.48*	7.02**
	42±4	-50±6	-18±5	2.63*	7.36**
mFus	-29±7	-54±5	-12±5	0.82	5.24**
	28±5	-53±6	-13±3	1.26	5.55**

* p<.05, ** p<.01

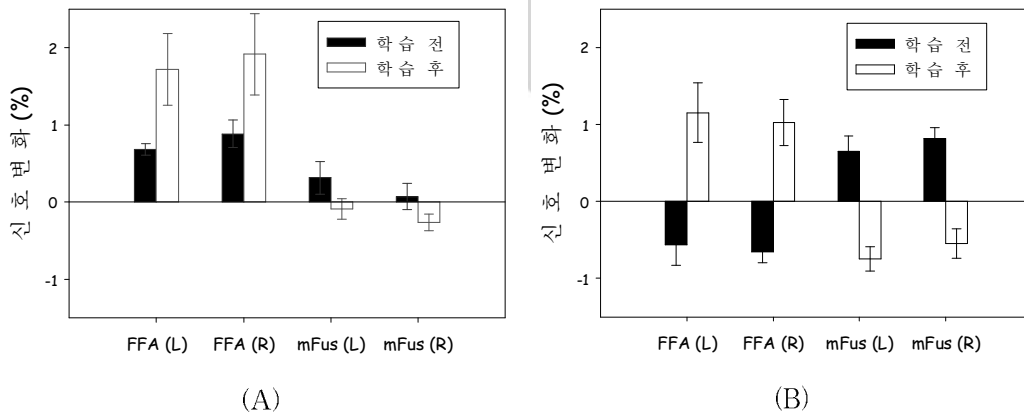


그림 9. 학습전과 학습후의 FFA와 mFus 영역에서의 활성화 변화. (A)합성얼굴에 대한 학습 전후의 FFA, mFus 영역에서의 신호강도변화, (B)합성물고기에 대한 학습 전후의 FFA, mFus 영역에서의 신호강도 변화

처리하도록 작용하는 선천적인 영역이 아니라 고차 수준의 형태 시각정보처리의 보편적인 속성으로서 학습과 경험에 의해 선택적인 처리장소로 작용함을 시사하고, 이는 얼굴뿐만 아니라 일반 대상에 대해서도 전문적인 훈련을 통해 친숙한 대상이 된다면 얼굴인식에서 나타나는 특징적인 뇌활성화 패턴이 동일하게 나타남을 의미한다. 특히 합성물고기에 대해 학습 전 mFus 영역에서 나타났던 강한 활성화는 학습 후 FFA로 이동하는 것으로 나타났다. 이는 FFA가 얼굴에 대해 선택적인 영역이라고 주장한 Kanwisher 등(Kanwisher, McDermott & Chun, 1997)의 견해와 달리, 친숙한 대상에 대한 정보처리를 담당하는 영역이라고 보는 Gauthier 등(1999)의 주장을 지지하는 강력한 증거로 해석될 수 있다.

종합 논의

본 연구는 인간의 얼굴과 대상 인식과정의 특성이 오랜 경험에 기인한 전문가 학습과정에 의하여 나타나는 것인지 그렇지 않으면 선천적으로 얼굴자극과 대상자극에 각각 특수한 인식과정에 의한 것인지를 여부를 살펴보기 위한 것이다. 근본적인 논쟁점 중 하나는 선천성과 학습에 관한 것으로, 그 중 한 견해는 얼굴인식이 선천적이며 태어날 때부터 생득적인 능력이라는 주장이고, 반대의 견해는 후천적이며 학습에 의한 것이라는 주장이다. 본 연구에서는 얼굴자극의 특징을 포함하고 있지만, 이전에 학습한 적이 없는 새로운 자극인 방사주파수 합성얼굴과 일반대상 중 물고기를 바탕으로 재구성한 합성물고기를 이용하여 이 자극재료들에 대한 전문가적 학습의 효과가 얼굴인식에서 나타나는 특수적인 현상들을 설

명할 수 있는가를 검증해 보았다.

실험 1의 결과들은 전문가의 경우 합성얼굴과 합성물고기 모두에 대해 얼굴인식 방식과 동일하며, 비전문가의 경우 대상의 인식 방식과 동일하다고 해석할 수 있다. 이는 전체적 처리와 배열정보 처리가 얼굴에서만 일어나는 독특한 특징이 아니라 전문가적 학습을 통해 다른 대상에서도 나타날 수 있는 대상인식의 한 형태임을 시사하는 결과이다. Farah 등(1992, 1995)은 얼굴인식에서 나타나는 전체적 처리와 배열정보 처리가 선천적인 특징이 아니라 학습에 의거한다고 주장한 바 있다. 이러한 특징들이 사람의 얼굴 뿐 아니라 전문가 학습을 통한 일반 대상에 대해서도 동일한 방식으로 나타난다는 것이다(Diamond & Carey, 1986; Gauthier & Tarr, 1997, 2002; Gauthier, Williams, Tarr, & Tanaka, 1998).

또한 전문가적 학습을 수행한 집단의 경우 주의가 덜 주어지는 경우에도 전체적 처리와 배열정보 처리의 특성을 보일 것이라는 예상은 부분적으로 확인되었다. 즉, 전체합성얼굴과 합성물고기 재인과제에서는 비전문가들이 전문가보다 수행이 더 많이 감소되어, 전문가들의 자동적 처리특성이 나타났다. 그러나, 배열변형얼굴과 물고기 재인과제에서는 주의가 주어진 조건에서 전문가들의 수행이 향상되었다. 이는 과제의 수행 정확률을 통해 알 수 있듯이, 배열변형 재인과제의 경우 과제 난이도가 높기 때문에 나타난 결과로 볼 수 있다. 실험 1의 결과들을 종합적으로 해석하면 얼굴인식의 특수성이 전문가적 학습에 의한 결과라는 주장들을 지지하는 증거로 볼 수 있다. 이는 얼굴자극이라 하더라도 전체윤곽정보와 국소세부특징정보가 뇌의 다른 영역에서 처리되며(이중처리경로), 얼굴의 윤곽정보는 자동

적 처리, 즉 전체적 처리를 통해 지각되지만, 국소특징정보는 통제적 과정을 수반하는 국소적 처리를 통해 지각되는 것을 보인 이전의 연구결과와 밀접한 관계가 있다(김정훈 등, 2004).

이러한 행동실험 결과를 바탕으로 fMRI를 이용하여 전문가 학습 전후에 FFA와 mFus 영역의 활성화 변화를 관찰한 실험 2에 의하면 얼굴자극에 선택적으로 반응하는 것으로 알려진 뇌 영역인 FFA는 얼굴인식을 위한 특정 뇌영역으로서 선천적으로 존재한다기보다는, 고차 수준의 형태 시각정보처리의 한 특성이 학습과 경험에 의해 보다 보편적인 계산 장소로 마련되었을 가능성을 시사하는 것이다. 즉, FFA에서의 얼굴에 대한 선택적 반응은 생득적이고 배타적인 독특성이 아니라 학습과 경험에 의해서 습득된 전문가 학습의 결과임을 보여주는 것이다. 따라서 FFA는 얼굴인식의 영역-특수성보다는 얼굴과 대상인식의 영역-일반성을 보인다고 할 수 있다.

본 연구는 이미 전문적으로 학습되어있기 때문에 실제 얼굴에 대한 전문성 획득과정을 설명하기가 매우 어려운 문제점을, 방사주파수 합성패턴을 이용하여 해결할 수 있었다는데 그 의의가 매우 크다고 할 수 있다. 또한 본 연구에서 일반대상의 자극재료로 사용하였던 물고기 자극뿐만 아니라, 다른 대상들을 이용하여 이러한 전문가적 학습과정을 적용할 수 있음을 시사한다. 결론적으로, 본 연구의 결과는 얼굴 인식에서 특수하게 나타나는 인식 특성들이 선천적으로 나타나는 현상들이 아니라, 학습과 경험에 의해 나타나는 전문가적 대상인식의 특성임을 직접적으로 지지하는 증거로 해석된다.

참고문헌

- 김정훈, 김초복 (2003). 얼굴인식에 있어 방사주파수 정보의 뇌 실재성. *한국실험심리학회지*, 15(4), 337-352.
- 김정훈, 김초복, Wilson, H. R., Wilkinson, F. (2004). 얼굴인식에서 전체윤곽 국소특징에 대한 선택적 뇌 활성화: fMRI 연구. *한국실험심리학회지*, 16(3), 561-577.
- Bartlett, J. C., Searcy, J. H., & Abdi, H. (2003). What are the routes to face recognition? In M. A. Peterson, G. Rhodes (Eds.), *Perception of faces, objects, and scenes*, NY: Oxford University Press.
- Boutet, I., Gentes-Hawn A., & Chaudhuri A. (2002). The influence of attention on holistic face encoding. *Cognition*, 84, 321-341.
- Clark, V. P., Keil, K., Maisog, J. M., Courtney, S., Ungeleider, L. G., & Haxby, J. V. (1996). Functional magnetic resonance imaging of human visual cortex during face matching: A comparison with positron emission tomography. *NeuroImage*, 4, 1-15.
- De Valois, R. L. & De Valois, K. K. (1990). *Spatial Vision*. Oxford: Oxford University Press.
- Desimone, R. (1991). Face selective cells in the temporal cortex of monkeys. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3, 1-8.
- Diamond, R., & Carey, S. (1986). Why faces are and are not special: an effect of expertise. *Journal of Experimental Psychology: General*, 115, 107-117.
- Epstein, R., Harris, A., Stanley, D., & Kanwisher, N. (1999). The parahippocampal place area:

- Recognition, navigation, or encoding? *Neuron*, 23, 115-125.
- Farah, M. J. (1992). Is an object an object an object? Cognitive and neuropsychological investigations of domain specificity in visual object recognition. *Current Directions in Psychological Science*, 1, 164-169.
- Farah, M. J., Wilson, K. D., Drain, M., & Tanaka, J. N. (1998). What is "special" about face perception? *Psychological Review*, 105, 482-498.
- Farah, M. J., Wilson, K. D., Drain, M., & Tanaka, J. R. (1995). The inverted face inversion effect in prosopagnosia: evidence for mandatory, face-specific perceptual mechanisms. *Vision Research*, 35, 2089-2093.
- Gallant, J. L., Braun, J., & Van Essen, D. C. (1993). Selectivity for polar, hyperbolic, and Cartesian gratings in macaque visual cortex. *Science*, 259, 100-103.
- Gauthier, I., & Tarr, M. J. (1997). Becoming a "Greeble" expert: Exploring mechanisms for face recognition. *Vision Research*, 37(12), 1673-1682.
- Gauthier, I., & Tarr, M. J. (2002). Unraveling mechanisms for expert object recognition: Bridging brain activity and behavior. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28(2), 431-446.
- Gauthier, I., Skudlarski, P., Gore, J. C., & Anderson, A. W. (2000). Expertise for cars and birds recruits brain areas involved in face recognition. *Nature Neuroscience*, 3(2), 191-197.
- Gauthier, I., Tarr, M. J., Anderson, A. W., Skudlarski, P., & Gore, J. C. (1999). Activation of the middle fusiform "face area" increases with expertise in recognizing novel objects. *Nature Neuroscience*, 2(6), 568-573.
- Gauthier, I., Williams, P., Tarr, M. J., & Tanaka, J. (1998). Training "Greeble" experts: A framework for studying expert object recognition processes. *Vision Research, Special issue on "Models of Recognition"*, 38, 2401-2428.
- Grill-Spector, K. (2003). The neural basis of object perception. *Current Opinion in Neurobiology*, 13, 1-8.
- Gross, C. G. (1992). Representation of visual stimuli in inferior temporal cortex. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. B*, 335, 3-10.
- Kanwisher, N. (2000). Domain specificity in face perception. *Nature Neuroscience*, 3(8), 759-763.
- Kanwisher, N., McDermott, J., & Chun, M. M. (1997). The fusiform face area: A module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *Journal of Neuroscience*, 17, 4302-4311.
- Kim, J., Wilson, H. R., & Wilkinson, F. (2002). Discrimination of familiar and unfamiliar synthetic faces by North Americans and Koreans. *Perception Suppl.*, 31, 21.
- Malach, R., Reppas, J. B., Benson, R. R., Kwong, K. K., Jiang, H., Kennedy, W. A., Ledden, P. J., Brady, T. J., Rosen, B. R., & Tootell, R. B. H. (1995). Object-related activity revealed by functional magnetic resonance imaging in human occipital cortex. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 92(18), 8135-8139.

- McNeil, J. E., Warrington, E. K. (1993). Prosopagnosia: A face-specific disorder. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 45A, 615-632.
- Palermo, R., & Rhodes, G. (2002). The influence of divided attention on holistic face perception. *Cognition*, 82(3), 225-257.
- Puce, A., Allison, T., Gore, J. C., & McCarthy, G. (1995). Face-sensitive regions in human extrastriate cortex studied by functional MRI. *Journal of Neuroscience*, 18, 2188-2199.
- Rosch, E., Mervis, C. B., Gray, W., Johnson, D., & Boyes-Braem, P. (1976). Basic objects in natural categories. *Cognitive Psychology*, 8, 382-439.
- Talairach, J. & Tournoux, O. (1988). *Co-planar stereotaxic atlas of the human brain*, New York: Thieme.
- Tanaka, J. W., & Farah, M. J. (1993). Parts and wholes in face recognition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46A, 225-245.
- Tanaka, J. W., & Sengco, J. A. (1997). Features and their configuration in face recognition. *Memory & Cognition*, 25, 583-592.
- Tarr, J. J., & Cheng, Y. D. (2003). Learning to see faces and objects. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(1), 23-29.
- Wilkinson, F., Wilson, H. R., & Habak, C. (1998). Detection and recognition of Radial Frequency Patterns. *Vision Research*, 38, 3555-3568.
- Wilkinson, F., Shahjahan, S., & Wilson, H. R. (2004). Contour discrimination with biologically meaningful shapes. ECVF 2004 abstract, Budapest, Hungary.
- Wilson, H. R., Loffler, G., & Wilkinson, F. (2002). Synthetic faces, face cubes, and the geometry of face space. *Vision Research*, 42, 2909-2923.
- Wilson, H. R., Wilkinson, F. & Asaad, W. (1997). Concentric orientation summation in human form vision. *Vision Research*, 37, 2325-2330.
- Young, A. W., Ellis, A. W., Flude, B. M., McWeeny, K. H., & Hay, D. C. (1986). Face-name interference. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 12, 466-475.

1차원고 접수: 2005. 7. 28
 최종게재결정: 2005. 9. 22

Face and Object Recognition by an Expert Learning Process

Jeounghoon Kim

Chobok Kim

Hajung Jeon

Seong-Sill Moon

School of Humanities & Social Sciences
KAIST

Department of Psychology
Chungnam National University

One of the basic controversial issues on face recognition differing from object recognition is whether the holistic and configural processing are natural ability or the result of postnatal learning. We examined that the holistic, configural, and automatic processing regarded as the face-specific characteristics could be observed in the object recognition through the expert learning process(experiment 1). We also measured the intensity of selective activation in FFA to the synthetic face and object using fMRI(experiment 2). In experiment 1, we found that the holistic, configural, and automatic processing were observed by the expert group both in face and object recognition. In experiment 2, we found the activation of FFA to synthetic face and object increased after expert learning. FFA might be therefore not face-specific but have domain-general characteristics. These results lend direct evidence that the characteristics of face information processing is not given by natural ability but by the result of expert learning.

Keywords: face recognition, expert learning, synthetic face, fMRI, FFA, mFus