

인지뇌과학적 연구의 소개

고려대학교 | 김 학 진

1. 서론

“인지심리학은 뇌가 없었고(Brainless), 뇌과학은 마음이 없었다(Mindless).”

1980년 Mario Bunge박사가 주장한 위의 글은 인지 뇌과학이 나타나게 된 중요한 이유를 함축적으로 제시하고 있다. 인간의 심리과정을 컴퓨터의 정보처리 과정으로 비유해왔던 인지심리학은 인간뇌의 기능을 이해하기 위해 그 구조를 이해할 필요가 없다는 다소 역설적인 입장을 피력해왔다. 하지만, 주로 뇌손상 환자들을 통해 꾸준히 명맥을 유지해 온 뇌과학은 약 10년 전부터 본격적으로 심리학분야에 도입되기 시작한 뇌영상기법들에 힘입어 폭발적인 발전을 겪게 되었고 비로소 그 전성기를 맞이하게 되었다. 그로 인해, 동물들을 대상으로 하는 전통적인 신경과학적 연구들이 다루던 연구 질문들에서 벗어나 지각, 기억, 정서, 그리고 언어와 사고 등과 같이 좀 더 고등 인지수준에서의 정보처리과정을 알아보기 위한 연구들이 그 뒤를 잇게 되었다. 본 글에서는 이렇게 시작된 인지뇌과학에서 주로 사용되는 연구기법들에 대해 먼저 간단하게 알아보고 인지뇌과학 분야의 주요 연구성과들과 최근 연구 동향 등에 대해서 간략히 소개한다.

2. 인지뇌과학의 연구기법들

인지뇌과학에서는 비교적 역사가 오래된 EEG(Electroencephalogram) 측정법이나 뇌손상환자를 이용한 실험으로부터 최근에 큰 각광을 받고 있는 fMRI(Functional Magnetic Resonance Imaging)기법에 이르기까지 다양한 연구기법들을 사용하고 있다. 동물들을 이용한 보다 전통적인 신경과학실험기법들과 구분

하기 위해 인간의 인지기능을 연구하기 위해 사용되는 기법들만을 간략하게 소개하면 다음과 같다.

우선 가장 역사가 오래되었지만 여전히 널리 사용되고 있는 기법은 뇌손상기법(Brain Lesion Method)이라 할 수 있다. 말 그대로 사고를 당했거나 또는 특이 질환 등으로 인해 특정 뇌부위가 손상된 환자들의 행동방식을 측정하여 정상인들과 비교함으로써 손상된 뇌부위의 기능을 추론하는 방법이다. 이 기법이 손상된 뇌부위와 행동간의 인과관계를 이해하는데 큰 도움을 주는 방법이기에는 하나 정확히 원하는 부위만 손상된 환자를 구하는 것이 너무 어렵고 또 얻어진 행동 결과가 손상 후 적응과정을 통해 나타난 뇌의 가소성 때문일 가능성 또한 고려해야 한다는 단점을 가지고 있다.

뇌손상기법이 지닌 단점을 극복하기 위한 방법으로 TMS(Transcranial Magnetic Stimulation) 기법을 들 수 있다. 비교적 최근에 인지뇌과학 연구기법으로 사용되기 시작한 TMS는 강한 자기장을 짧은 시간동안 발생시키는 코일을 두피에 가깝게 위치시켜 뇌의 특정 부위에 전류를 유도시킴으로써 신경세포들의 활동을 일시적으로 방해하는 방법이다. 이렇게 원하는 시점에 그리고 원하는 위치의 기능을 조작하는 것이 가능하기 때문에 뇌손상기법에 비해 훨씬 활용도가 높은 기법이라고 할 수 있다. 하지만, 정확히 원하는 곳을 자극하는 정밀도가 아직은 낮은 편이고 또 근육의 자극가능성을 줄이기 위해 자극 부위를 근육에서 먼 부위들로 한정시킬 수밖에 없다는 단점을 가지고 있다.

EEG 측정법은 비교적 오랜 역사를 가진 뇌신호 측정기법으로서 최근에도 활발히 이용되고 있는 연구기법이다. 두피에 부착하는 전극들을 통해 신경세포들로부터 발생하는 전기적 신호를 측정하는 방법으로 밀리초 이하의 높은 시간적 해상도를 가지고 있다. 주로 심리적 상태변화에 따른 주파수의 변화를 측정하는 전통적인 연구방법이외에도 여러 시행(trial)들에 대한 반응을 통합하여 특정 사건(event)에 반응하는 뇌

† 본 연구는 한국과학재단을 통해 교육과학기술부의 세계수준의 연구중심대학육성사업(WCU)으로부터 지원받아 수행되었습니다(R31-2008-000-10008-0).

반응을 알아보는 ERP(Event-related Potential) 기법도 최근에 많이 사용되고 있다. 우수한 시간적 해상도에 비해서 공간적 해상도는 많이 떨어지는 편이지만 최근에는 256개의 전극을 사용하는 기기가 개발되어 단점을 극복하려는 노력이 뒤따르고 있다. 또한, 변연계 등과 같이 뇌의 깊은 곳에서 발생하는 전기적 신호들을 탐지하는 데에는 취약하다는 단점 또한 많은 연구자들의 접근을 가로막는 요인이 되기도 한다.

뇌의 특정부위에 위치한 신경세포들이 활성화될 경우 해당 부위로 혈류량이 증가한다는 단순하고도 복잡한 원리를 이용한 방법들 중 하나인 PET(Positron Emission Tomography)가 있다. PET는 주사나 호흡을 통해 체내로 주입된 소량의 방사선 표시자를 뇌주위에 위치한 센서들을 통해 탐지함으로써 뇌의 활동을 간접적으로 추론하는 방법이다. 다양한 표시자를 통해 분자수준에서의 뇌활동까지 시각적으로 표현할 수 있다는 강점을 가진 방법이지만 FMRI에 비해 낮은 공간적 해상도 수준과 방사능 물질을 체내에 주입시켜야 한다는 침습적(Invasive) 요소 때문에 FMRI에 비해 호응도가 떨어지는 실정이다.

PET와 마찬가지로 뇌혈류량의 변화를 이용하는 기법인 FMRI(Functional Magnetic Resonance Imaging)은 활동하는 신경세포들이 위치한 부위로 산소를 함유하고 있는 적혈구들이 대량으로 몰려오에 따라 국소적인 자기장이 변화되는 현상을 이용해 해당부위 신경세포들의 활동을 간접적으로 추론하는 방법이라 할 수 있다. PET가 지니는 단점들을 대부분 극복한 기법으로서 높은 수준의 시간적, 그리고 공간적 해상도를 자랑하는 FMRI는 최근에 나타난 갑작스런 인지뇌과학의 인지도 상승에 큰 몫을 담당한 장본인이기도 하다. 최근에 개발된 다양한 측정기법들과 분석방법들은 FMRI의 응용가능성을 더욱 높여주고 있지만 여전히 신경세포의 활동과 FMRI로 측정되는 신호간의 관계를 명확히 규명하지 못하고 있다는 단점을 가지고 있다.

위에 소개에서 알 수 있듯이, 각각의 연구기법들은 고유의 장점과 단점들을 지니고 있는 것을 알 수 있다. 따라서 어느 하나의 방법이 가장 최선이라는 생각은 옳지 않으며 원하는 연구질문에 따라 적절한 연구기법을 선택하는 것이 바람직하다. 또한, 하나의 연구질문에 대한 해답을 얻기 위해 하나이상의 기법을 사용하는 것도 최근에 실시되는 인지뇌과학적 연구들의 새로운 추세라 할 수 있다.

3. 인지뇌과학의 성과들

우리는 일상생활 속에서 여러 가지 사물들을 별다른 노력없이 쉽게 지각하고 인식하게 된다. 그 중에서도 다른 어떤 시각자극들보다도 복잡한 자극인 얼굴들을 지각하는 능력은 놀라울 정도로 정교하고 빠른 것으로 잘 알려져 있으며 다른 시각자극들과는 다른 처리 경로와 과정을 거치는 것으로 믿어지고 있다. 약 10년전쯤 McCarthy박사와 그 동료들은 이러한 얼굴 인식 과정의 핵심을 밝힌 연구를 발표하였다. 이 연구에서 이후 Fusiform Face Area(FFA)라는 이름으로 알려지게 된 특정 뇌부위가 사람들이 얼굴자극을 볼 때만 특별히 반응한다는 사실을 발견하였다[1]. 또한 이후 연구들에서, FFA에서 멀지 않은 다른 부위는 얼굴보다는 장소, 특히 집모양의 사물을 볼 때 많은 반응을 보이는 것으로 밝혀져 Parahippocampal Place Area(PPA)라는 이름이 붙여지게 되었다[2]. 보다 최근에 발표된 여러 연구들은 도구에 반응하는 뇌영역, 몸의 신체에 반응하는 영역 등 각각 다른 범주의 시각자극들에만 특정적으로 반응하는 뇌영역들을 밝히고 있다. 이러한 연구들은 인간의 지각능력의 생물학적 기제를 밝히는데 중요한 기초를 마련할 것으로 보이지만, 100년전 두개골의 형태로 뇌기능을 추정하던 골상학(Phrenology)의 현대판이 아니냐는 비판도 없지 않은 상황이다.

인간의 인지능력 중 기억은 빼놓을 수 없는 요소이다. 인간의 기억이 어떻게 뇌에서 저장되는지에 대한 질문은 오랜 역사를 가지고 있지만 그 비밀은 비교적 최근에 밝혀졌다. 심각한 수준의 간질발작의 치료를 위해 해마(hippocampus)를 포함하는 양쪽 medial temporal cortex를 제거하는 수술을 받은 H.M.은 단기기억이 장기기억으로 변환되는 과정에서 심각한 손상을 보이는 것으로 밝혀졌다[3]. 이후 연구들을 통해 해마가 기억능력 중에서도 특히 개인적 경험들에 대한 내용들을 저장하는 삽화적 기억으로 알려진 기억능력을 위해 중요한 역할을 한다는 사실이 알려지게 되었다. 기억에는 삽화적 기억이외에도 여러 가지 다른 종류의 기억들이 존재하는 것으로 알려져 있다. 예를 들어, 자전거 타는 법이나 운전 등과 같이 의식적으로 설명할 수 없는 절차적 기억과 뱀이나 쥐를 보았을 때 반응하는 자율신경계의 반응등과 같은 정서적 기억 등이 있다. 인지뇌과학 연구 결과들에 의하면 앞에 나온 예들 중에 절차적 기억에는 기저핵(Basal ganglia)이라는 뇌부위가, 그리고 정서적 기억에는 편도체(Amygdala)라는 부위가 중요한 기능을 담당하고 있으며, 따라서 각각 다른 종류의 기억들에 대해 다른 뇌부위들이 관련되어 있음을 밝히고 있다.

편도체는 사람에게서 관자놀이 부분 깊숙한 곳에 위치해 있으며 아몬드 크기와 형태를 닮은 작은 뇌 구조물이다. 이 편도체가 정서적 정보처리에 중요한 역할을 한다는 사실은 주로 쥐를 대상으로 한 공포조건화 실험들을 통해 알려지게 되었다. 편도체는 주로 일차 시각 피질과 청각 피질 등을 통해서 각각 시각 정보와 청각 정보들을 받게 되는데, 이러한 통상적인 정보통로 이외에도 시상(Thalamus)을 거쳐 직접 편도체로 유입되는 정보의 지름길이 존재한다는 가설을 입증하는 여러 연구들이 LeDoux와 동료들에 의해서 밝혀지게 되었다[4]. 편도체의 빠른 정보처리 능력은 사람연구에서도 밝혀진 바 있다. 편도체가 양쪽 모두 손상된 환자의 경우 얼굴에서 정서적 신호를 읽어내는 데 큰 어려움을 겪는다는 사실이 발견되었다. 여러가지 얼굴 표정들 중에서도 특히 공포표정을 인식하는데 보다 큰 어려움을 겪는데 fMRI를 이용한 최근 연구들에서는 공포표정, 심지어 공포표정의 눈 흰자위 부분만을 의식적으로 인식할 수 없을 정도로 짧은 시간동안 제시했을 경우에도 편도체가 반응한다는 사실이 밝혀졌다[5,6]. 우리가 산길을 가다가 우연히 뱀을 보게 될 때 뱀이라는 의식적인 지각과 판단과정이 일어나기 이전에 이러한 정서적 신호의 지름길을 통해서 편도체는 이미 위협을 탐지하게 되고, 따라서 거의 반사적으로 몸을 움츠리는 반응을 만들어낼 수 있게 되는 것이다.

4. 인지뇌과학의 최근 연구동향

4.1 사회신경과학(Social neuroscience)

사회신경과학은 다양한 인간의 사회적 행동과 심리적 현상들의 생물학적 기제를 신경과학적 연구방법들을 사용하여 밝히고자 시작된 새로운 학문분야를 가리킨다. 전통적인 사회심리학에 비해 사회신경과학의 분야는 현재 다소 제한적이기는 하지만 그 범위는 해가 거듭될수록 확장되고 있는 중이다.

사회적 편견은 미국을 포함하는 다인종 다민족 국가들에서 끊이지 않는 중요한 정치적 그리고 사회적 문제라고 할 수 있으며 국제화 속도가 증가함에 따라 빠른 속도로 함께 증가해 가고 있는 문제들 중 하나이다. 사회적 편견과 관련한 심리적 기제에 대한 연구는 심리학에서 이미 오랜 역사를 가지고 있지만 이와 관련한 뇌기제를 밝히려는 첫 번째 시도는 2000년에 NYU대학에 있는 Phelps교수가 이끄는 그룹에 의해 이루어 졌다[7]. 이 실험에서 우선 암묵적 연합과제(IAT: Implicit Association Task)라는 과제를 이용해서

피험자들의 무의식적인 인종적 편견성 정도를 테스트 하였다. 이 과제에서는 흑인 또는 백인의 사진과 “폭력적인” 그리고 “상냥한” 등과 같은 형용사를 빠른 속도로 판단하는 과제를 주고 이에 대한 반응시간의 차이로 피험자의 숨겨진 편견성을 알아 볼 수 있다. 예를 들어, 흑인들에 대해 무의식적 편견이 있는 사람은 흑인의 사진과 “폭력적인”이라는 단어가 짝지어져 있을 경우보다 “상냥한”이라는 단어가 짝지어져 있을 경우에 판단시간이 오래 걸리는 것으로 나타난다. 이 과제를 수행한 뒤에 직접 피험자 자신이 느끼는 편견성 정도를 물어보는 질문지가 제공되었다. 위의 과제들을 끝낸 뒤에 피험자들은 MRI측정실로 옮겨져 2초 동안 제시되는 흑인의 얼굴과 백인의 얼굴사진들을 수동적으로 주시하도록 지시받았고 그동안 Functional MRI를 이용해 뇌반응을 측정하는 실험을 수행했다. 피험자들의 뇌반응을 분석한 결과 IAT를 통해 무의식적 편견정도가 높은 것으로 나타난 피험자들의 경우 흑인들의 얼굴사진들을 볼 때 백인들의 얼굴사진들을 볼 때보다 편도체의 반응이 증가하는 것을 관찰할 수 있었다. 같은 피험자들의 뇌반응을 설문지로 얻은 편견 수준들과 비교했을 경우는 전혀 상관관계가 나타나지 않았다. 특정 사회집단에 대한 무의식적 평가가 편도체에 의해서 이루어진다는 사실은 이러한 편견으로 야기된 행동이 인과관계에 대한 의식적 인식 없이도 나타날 수 있다는 가능성을 시사한다.

4.2 신경경제학(Neuroeconomics)

전통적인 미시경제학에서 인간은 정확하고 충분한 정보가 주어졌을 경우 자신의 이익을 최대화할 수 있는 방향으로 가장 효과적이고 합리적인 의사결정을 만들어 내는 존재임을 가정하고 있다. 이에 반해, 심리학자들은 인간에게 정확하고 충분한 정보가 주어지는 경우 자체가 비현실적임을 인정하고, 실수투성이고 편향적인 비합리적 의사결정자로서의 인간을 가정하고 있다. 이러한 근본적인 견해의 차이로 심리학과 경제학은 오랜기간 동안 다른 길들을 걸어 왔으나 최근에 노벨상을 수상한 Kahneman와 Tversky가 개척한 행동경제학이라는 새로운 학제간 연구의 발전으로 인해 다시한번 융합학문으로 거듭날 발판이 마련되고 있는 중이다[8]. 심리학과 경제학간의 공동관심사를 중심으로 한 연합은 최근 심리학분야에서 급속히 발전된 인지뇌과학적 연구방법론을 자연스럽게 흡수하게 되었고 이로 인해 새롭게 신경경제학이라는 학문이 탄생하게 되었다.

짧은 역사에도 불구하고 신경경제학은 이미 여러

가지 크고 작은 성과들을 보였는데 이 중에 자신의 이익추구와 반대되는 의사결정들의 원인이 되는 정서적 그리고 사회적 정보처리와 관련된 뇌기제를 밝히기 위하여 고안되었던 연구들에 주목할 필요가 있다. 특히, 주관적으로 지각된 공정성(perceived fairness)이 뇌에서 어떻게 표상되고 이러한 표상이 의사결정 행동과 어떠한 관련성을 가지는지에 관한 실험들은 신경경제학의 역사와 함께한다고 해도 과언이 아니다. 신경경제학 분야의 첫 번째 논문인 것으로 알려져 있는 2003년에 발표된 Sanfey와 동료들의 연구에서는 피험자들이 사진으로 제시되는 다른 피험자와 Ultimatum game이라 불리는 과제를 수행하는 동안 부당성(unfairness)의 지각과 관련한 뇌기제를 fMRI기법을 이용해 알아보았다[9]. 이 게임에서 피험자(응답자)는 일정 금액(\$10)을 먼저 받은 다른 피험자(제안자)가 제안하는 분배를 받아들일 것인지 아니면 거절할 것인지를 선택하도록 지시받았다. 제안되는 액수는 공평한 분배(\$5 : \$5)이거나 불공평한 분배(\$9 : \$1)가 되도록 만들어 졌고 응답자가 제안을 거절할 경우 응답자와 제안자 모두 \$0을 받게 되도록 설정되었다. 그 결과 응답자들의 제안 거절 비율은 불공평한 정도가 증가할수록 커지는 것을 관찰할 수 있었고 이와 함께 불공평한 제안을 받았을 경우 응답자들의 주로 혐오스런 자극이나 불쾌한 자극을 볼 때 높은 활동을 보이는 것으로 알려진 Insula의 활동이 증가하는 것을 볼 수 있었다. 또한, Insula활동이 컸던 피험자는 제안자의 제안을 거절하는 비율이 컸다는 사실을 보여줌으로써 응답자들이 제안자의 불공평한 제안에 부정적인 감정으로 대응한다는 사실을 가리키며 이러한 부정적인 감정이 응답자의 의사결정에 영향을 미친다는 점을 강하게 시사하고 있다.

최근 실험경제학 연구들은 처벌 또는 보상과 같은 제도를 통해서 사회적 공정성을 수립하는 것이 사회의 발전과 유지를 위해 필수적임을 재확인하고 있다 [10]. 개인이 기업이나 정부에 대하여 갖게 되는 공정성 또는 불공정성 여부에 관한 편향된 주관적 지각은 상품이나 정책 등에 관한 객관적 분석을 시도하려는 노력없이 비이성적인 선호도와 편향된 의사결정으로 이어질 우려가 있으며 이는 개인과 기업 모두에게 불이익을 초래하여 사회전반의 발전을 저해할 수 있다. 불공정성에 대한 주관적 지각이 의사결정과 연결되는 생물학적 기제에 대한 보다 깊은 이해는 기업이나 정부의 이미지 개선을 위한 노력에 적지 않은 기여를 할 수 있을 것이다.

4.3 뉴로마케팅(Neuromarketing)

소비자들의 심리를 파악하여 상품판매를 극대화하는 것은 대부분의 기업들이 가진 궁극적인 목표라 할 수 있다. 소비자들의 숨은 동기를 파악하는데 있어서 설문지방식이 지닌 치명적인 한계점을 극복하기 위해 노력해온 기업들에게 있어서 뇌반응을 읽어내는 fMRI는 당연히 커다란 매력을 가지게 되었다. 선호 판단과 관련된 뇌부위를 발견한 최근에 발표된 몇몇 논문들은 이러한 기대를 부추기는데 큰 역할을 담당했다. 예를 들어, 모의 구매 상황을 구현해서 피험자들이 물건을 구매하는 시점에 관련된 뇌반응을 알아본 실험에서는 측핵(Nucleus accumbens)이라는 뇌속 깊숙히 위치한 부위의 반응이 선호하는 상품의 사진을 볼 때 높은 반응을 보인다는 사실을 밝혔다[11]. 또한, 보다 최근의 한 연구에서는 와인을 마시기 직전 가격표를 보여주면서 뇌반응을 측정하였는데 똑같은 종류의 마시더라도 좀더 비싼 가격표를 보여줄 경우 복내측 전전두엽(ventromedial prefrontal cortex)이라는 부위의 반응이 높아지는 것을 관찰하였다[12].

뉴로마케팅의 효과와 윤리적 문제점들을 검토하는 과학적 절차들은 시간적으로 오래 걸리게 마련인데 비해 신기술을 수용하려는 기업들의 움직임은 이보다 훨씬 앞설 가능성이 크다. 실제로 국외는 물론 국내에도 이미 뉴로마케팅을 사업 아이템으로 내세운 기업들이 생겨났다. 이렇듯 뇌과학이 과학적 울타리를 벗어나 일상생활 속으로 들어오게 됨에 따라 일반인들을 대상으로 하는 뇌과학 교육의 필요성뿐 아니라 인지뇌과학자들의 비판적인 시각과 책임의식은 갈수록 커지게 될 것이다.

4.4 신경윤리학(Neuroethics)

인지뇌과학은 최근 근본적인 인간의 자유의지 또는 도덕적 판단등과 같이 다소 철학적인 질문들에게 그 범위를 확장시켜가고 있다. 예를 들어, 수십번의 살인을 저지르고도 전혀 양심의 가책을 느끼지 못하는 사람을 볼 때 우리는 사이코패쓰라는 이름을 붙이며 도덕적 판단능력의 극단적인 개인차의 존재를 실감하곤 한다. 그렇다면 우리뇌의 어느 부분에서 이러한 도덕적 판단능력의 개인차를 가능하게 만드는 것인가? 2001년에 발표된 한 연구에서 피험자들은 여러개의 도덕적 딜레마상황들을 읽고 보다 도덕적이라 판단되는 선택을 하도록 요구받았다[13]. 실험에 사용된 하나의 예로써, “달려오는 기차를 그냥 두면 5명의 목숨을 잃게 될 수 있으나 당신 옆에 있는 몸집이 큰 사람을 선로를 향해 밀어 버릴 경우 기차를 멈출 수

있고 따라서 1명의 목숨을 희생시켜 5명을 구할 수 있다는 상황에 놓였을 경우 당신은 어떠한 선택을 할 것인가?”와 같은 시나리오를 들 수 있다. 이렇듯 실용주의적인 선택(보다 많은 생명을 구할 수 있음)이 정서적인 반응(사람을 밀어 살인을 저지르는 일)과 상충될 수 있는 상황에서 선택을 해야만 할 경우 실험참가자들의 내측 전두엽(medial prefrontal cortex) 반응이 크게 상승하는 것을 발견되었다. 내측 전두엽은 논리적 사고가 요구되는 과제수행시 정서적 정보의 침투에 의해 야기되는 상충효과가 감지되는 뇌부위인 것으로 알려져 있다[14]. 이는 도덕적 판단 기준의 근원이, Kant나 Mill이 주장하는 엄격한 이성적 잣대에 의해서라기보다는, 진화적으로 오랜 세월동안 직관적 판단을 유지, 발달시켜온 정서적 뇌기제와 연결될 수 있음을 강조하는 견해와 많은 부분 일치한다고 볼 수 있다. 최근에 발표된 뇌손상환자들을 대상으로 한 연구에서 내측 전두엽을 포함하는 부위가 손상된 환자들이 정상인들에 비해 정서적 편향성을 덜 경험하게 되고 따라서 보다 실용주의적 선택을 할 수 있다는 발견은 도덕적 판단의 근간에 정서가 존재할 수 있다는 위의 주장에 더욱 힘을 실어 주고 있다[15].

위에 소개된 도덕적 판단 관련된 뇌기제를 밝히려는 연구들 이외에도 신경윤리학은 신경과학적 연구의 발전과 함께 나타날 수 있는 다양한 윤리적 문제들을 사회에 알리고 효율적인 해결책들을 찾는 새로운 연구분야들을 모두 포함한다. 소비자의 무의식적 구매 욕구를 자극시켜 행동을 변화시키려는 시도의 등장에서부터 뇌영상기법을 통해 얻어진 특정인의 숨겨진 의도, 성향, 그리고 능력 등에 관한 사적인 정보들의 유출위험에 이르기까지 뇌과학의 발달로 인해 새롭게 대두되기 시작한 다양한 사회적 문제점들을 고려할 때, 신경윤리학은 점차 그 비중이 커져가고 있는 새로운 학문분야임은 의심의 여지가 없을 것이다.

5. 맺는말

지금까지 알아 본 바와 같이 인지뇌과학은 이제 겨우 30년이 채 안되는 짧은 역사에도 불구하고 지각, 기억, 정서 등과 같이 오랜 역사를 가진 질문들에 대해 기대 이상의 해답들을 제시해왔다. 이미 심리학의 주요 분야로서 자리매김을 확고히 한 인지뇌과학은 앞으로 인간심리의 비밀들을 밝히는 과정에 많은 공헌을 할 것으로 기대된다. 또한, 다양한 사회과학 분야들과 접목을 시도한 인지뇌과학은 인문학과 자연과학의 연결을 지향하는 융합학문을 주도하는 핵심적인 연결고리의 역할을 담당할 것으로 보인다.

참고문헌

- [1] McCarthy G, Puce A, Gore J, Allison T. Face-Specific Processing in the Human Fusiform Gyrus. *Journal of cognitive neuroscience* 1997; 9: 605-610.
- [2] Epstein R, Kanwisher N. A cortical representation of the local visual environment. *Nature* 1998; 392: 598-601.
- [3] Scoville W, Milner B. Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci* 2000; 12: 103-113.
- [4] LeDoux JE. Emotion circuits in the brain. *Annu Rev Neurosci* 2000; 23: 155-184.
- [5] Whalen PJ, Kagan J, Cook RG, Davis FC, Kim H, Polis S et al. Human amygdala responsivity to masked fearful eye whites. *Science* 2004; 306: 2061.
- [6] Whalen PJ, Rauch SL, Etkoff NL, McInerney SC, Lee MB, Jenike MA. Masked presentations of emotional facial expressions modulate amygdala activity without explicit knowledge. *J Neurosci* 1998; 18: 411-418.
- [7] Phelps E, O'Connor K, Cunningham W, Funayama E, Gatenby J, Gore J et al. Performance on indirect measures of race evaluation predicts amygdala activation. *Journal of cognitive neuroscience* 2000; 12: 729-738.
- [8] Kahneman D, Tversky A (eds). *Choices, values, and frames*. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 2000.
- [9] Sanfey A, Rilling J, Aronson J, Nystrom L, Cohen J. The neural basis of economic decision-making in the Ultimatum Game. *Science* 2003; 300: 1755-1758.
- [10] Gurerk O, Iriembusch B, Rockenbach B. The competitive advantage of sanctioning institutions. *Science* 2006; 312: 108-111.
- [11] Knutson B, Rick S, Wimmer G, Prelec D, Loewenstein G. Neural predictors of purchases. *Neuron* 2007; 53: 147-156.
- [12] Plassmann H, O'Doherty J, Shiv B, Rangel A. Marketing actions can modulate neural representations of experienced pleasantness. *Proc Natl Acad Sci USA* 2008; 105: 1050-1054.
- [13] Greene JD, Sommerville RB, Nystrom JE, Darley JM, Cohen JD. An fMRI investigation of emotional engagement in moral judgment. *Science* 2001; 293: 2105-2108.

- [14] Whalen PJ, Bush G, McNally RJ, Wilhelm S, McInerney SC, Jenike MA et al. The emotional counting Stroop paradigm: a functional magnetic resonance imaging probe of the anterior cingulate affective division. *Biol Psychiatry* 1998; 44: 1219-1228.
- [15] Koenigs M, Young L, Adolphs R, Tranel D, Cushman F, Hauser M et al. Damage to the prefrontal cortex increases utilitarian moral judgements. *Nature* 2007; 446: 908-911.



김학진

1995 고려대학교 심리학 학사
 1998 보스턴 대학교 신경과학 석사
 2004 위스콘신 주립대 생물심리학 박사
 2007 9월부터 고려대학교 심리학과 조교수 재직중
 관심분야 : 정서와 의사결정의 신경과학, 사회신경과학, 신경경제학

E-mail : hackjinkim@gmail.com

정보통신소사이어티 춘계 단기강좌

- 일 자 : 2009년 4월 30일~5월 1일
- 장 소 : 건국대학교 새천년관
- 주 최 : 정보통신소사이어티
- 문 의 : 소사이어티회장 최종원 교수 02-710-9445