

한국어-영어 이중언어 문장 의미처리의 신경적 기초: 기능적 자기공명 영상 연구

이 승 복 연 은 경 윤 효 운
충북대학교 심리학과 한국교육개발원 한국과학기술원 fMRI 연구동

본 연구에서는 한국어-영어 이중언어자가 문장을 처리할 때 활성화되는 뇌 영역을 검토해보고자, 문장의 의미판단과제를 하는 동안 기능적 자기공명영상을 촬영하였다. 실험과제에서의 활성화를 통제과제인 순서판단과제로 감산하여 문장의 의미처리에 관여하는 피질 영역만을 계산하고자 SPM 99를 사용하여 분석하였다. 한국어 문장을 처리하는 동안에는 좌반구 하전두회(left inferior frontal gyrus)와 좌반구 상측두회, 중측두회(left superior and middle temporal gyrus), 그리고 양반구 lingual gyrus, 좌반구 cuneus의 활성화가 관찰되었다. 영어 과제를 하는 동안에도 역시 좌반구 하전두회(left inferior frontal gyrus)가 활성화되었고, 좌반구 내전두회(left medial frontal gyrus), 좌반구 lingual gyrus와 좌반구 cuneus도 활성화되었다. 전두엽과 후두엽 영역에서는 두 언어과제에 공통부위의 활성화가 관찰되었다. 한국어(L1) 과제에서 측두엽의 활성화가 특히 주목되었는데, 이는 통사판단과제에서도 L1인 한국어 처리에서만 관찰된 부위이기 때문이다. 이 두 연구의 결과로 본다면, L1의 처리는 측두엽에서, L2의 처리는 전두엽에서 좀더 주관되는 것으로 시사된다. 이중언어에 대한 추후 연구에서는 이 두 영역에 초점을 맞추어 이러한 차이가 실재하는 것인지 좀더 분명히 살펴볼 필요가 있겠다.

주제어: 이중언어, 한국어(L1), 영어(L2), 의미처리, 통사처리, 뇌 활성화, 기능적 자기공명영상, 전두엽, 측두엽

본 연구는 2003년도 충북대학교 발전기금 재단의 지원을 받아 수행되었습니다.
본 실험은 한국과학기술원 뇌과학 연구센터 fMRI 연구실의 도움으로 수행되었습니다.
교신저자 : 이 승 복, (361-763) 충북 청주시 개신동, 충북대학교 심리학과
E-mail : lsbok@chungbuk.ac.kr

본 연구는 한국어-영어 이중언어자가 문장을 이해하는 과정에서 활성화되는 뇌 영역을 언어에 따라 검토해보고자 하는 것이다. 한국어-영어 이중언어자에 있어 언어처리의 기제를 두 언어의 뇌 표상 영역을 비교해봄으로써, 이중언어에서 가장 중심적인 주제인 두 언어의 처리 영역의 공유성 또는 분리성에 관한 논쟁을 해결하는데 하나의 실마리를 제공하는 것이 주요 목적이다. 이와 아울러, 언어심리학의 중심주제인 문장 처리의 두 가지 기제, 곧 통사처리와 의미처리 기제를 비교해보고자 하였다.

이중언어의 뇌 활성화 연구

이중언어에 관한 뇌 영상 연구는 선진국에서도 최근에서야 시작된 연구 주제이다. 언어나 이중언어라는 주제 자체는 오래된 주제이지만, 그 기제를 뇌 영상으로 검토하는 연구 방식은 최근에서야 발달했기 때문이다. 기능적 자기공명영상(functional magnetic resonance imaging) 등의 뇌 영상 기법으로 정상적으로 살아 활동하는 인간의 뇌를 영상화할 수 있게 되면서, 언어에 전문화된 뇌 영역에 관한 관심을 가지게 되었다. 두 가지 이상의 언어를 구사하는 이들에게서 이들 언어가 뇌에서 어떤 모습으로 구현되는지를 실제 영상으로 살펴보고자 하게 된 것이다.

뇌 영상 연구 이전의 이중언어 연구는 주로 이중언어자가 실어증이 생긴 경우, 이들에게서 보이는 언어 사이의 해리에 관한 임상적 연구와 이중언어자의 행동 지표(반응시간, 정확도)의 측정에서 추론하여 온 것이었다(Fabbro, 2001a).

뇌 영상 이중언어 연구의 기본 주제는 이중언어에서 각각의 언어를 처리할 때 활성화되는 영역이 어떤 부위이며, 각 언어에 따라 활성화되는 영역이 같은 곳인지, 별도의 부위인지 하는 것이

있다(Illes, Francis, Desmond, Gabrieli, Glover, Poldrack, Lee, & Wagner, 1999; Veltman, Fristo, Sanders, & Price, 2000). 곧, 이중언어자의 뇌에서 두 언어가 기능적 통합을 이루고 있는지, 그렇다면 어느 정도로 통합을 이루고 있는지, 아니면 두 언어가 서로 분리되어 있는지 하는 것이었다. 이 논의에서 연속선 한쪽 끝은 두 언어의 심적 표상이 공유되고 있다는 입장이고, 다른 쪽 끝은 각 언어가 별도로 표상 되어있다는 것이다.

임상적인 신경언어 연구에서는 이중언어자가 언어적 의사소통을 할 때 단어나 문장을 정확하게 선택하는데 관여하는 신경구조(substrates)가 잘 정리되어왔다. 이들 임상 연구들에서는 주로 다중언어 실어증 환자에게서 이들이 회복되는 형태와 속도가 서로 다른 사실에 대한 해석을 시도하였다(Paradis, 1989). Pitres 등의 초창기 연구자들은 중년이나 노년에 언어가 회복되지 않는 이유는 그 손실(loss) 때문이 아니라, 손상으로 인한 병리학적인 억제 효과 때문이라고 하였다. 이는 경험적 연구와 일반적 가정에 근거한 결론이라고 볼 수 있다. 말하자면, 언어를 담당하는 일정 부위가 일시적인 억제 현상을 보여, 특정 언어가 회복되지 않는 것이지만, 다른 언어는 계속 사용될 수 있는 것이라는 생각이다. 이러한 일반적인 가정은 일부 신경학자들에 의해 지지되고, 이중언어자, 또는 다중언어자의 모든 언어는 공통적인 언어 영역에 국재화되어 있다고 전제되어온 근거가 되었다. 경험적 관찰에 근거하여, Pitres는 언어는 사용할 수 없다고 해서 잃어버리는 것은 아니며, 단지 억제될 뿐이라는 결론을 내렸다. 다중언어 실어증 환자들은 처음 외국어를 학습하는 것보다 더 빠른 시간에 잃었던 언어를 회복하였는데, 이는 이 손상에 의한 장애가 언어의 손실을 초래한 것이 아니고, 단지 부분적으로 접근 불가능했던 것뿐이라고 본 것이다. 이

들 과거의 신경학자들과 함께, 요즘 학자들 중에도 이중언어자가 특정한 언어를 쓸 수 없게 되는 경우는 신경적 하위구조들이 생리적으로 파괴되었기 때문이 아니라, 그 체계가 약해진 것이라고(Fabbro, 1999) 주장하는 이들이 있다. 이들은 이렇게 약해지는 이유는 억제가 증가되거나, 억치 수준이 올라가거나, 또는 여러 언어들 사이의 자원 배분의 불균형 때문일 것이라고 설명한다.

반면에, 일부 사례에서는 신경기능적 손상만으로는 설명할 수 없고 피질 또는 피질하 신경 구조의 파괴에 따른 결과일 수도 있다는 사실이 관찰되고 있다. 손상이 일어나고 나서 1, 2년 후면, 회복 형태는 병리학적 현상의 결과로 안정되는데, 이는 일부는 신경기능적 손상 때문이고, 일부는 언어 기능의 조직화에 포함된 원래 뇌 조직의 손실 때문이다(Fabbro, 2001a).

다중언어 실어증에 전형적인 언어장애로는, 두 언어 사이를 왔다 갔다 바꾸어가면서 말하거나 (switching), 한 문장 안에서 여러 언어의 언어요소들을 섞어 말하는(mixing) 경우를 들 수 있다. 이들은 어느 한 언어로만 말하라고 반복해서 요구해도 이러한 mixing이나 switching을 계속하는 현상을 보인다. 이들에 대한 병리학적 진단은, switching은 전두엽(좌, 우 양쪽)의 손상과 관련된 의사소통의 화용론적 장애이며, mixing은 실어증적 장애로, 유창성 실어증(fluent aphasia; Fabbro, 2001b)과 연관되어있고, 좌반구 후롤랜드열(left postrolandic) 손상과 상관이 있다는 것이다. 또한 치매가 있는 이중언어 실어증에서도 이러한 현상이 자주 보인다고 한다.

이중언어 실어증은 번역 장애에서도 보인다. 번역 장애를 몇 가지 유형으로 나누어 보면, 번역 불능증(inability to translate)는 L1, L2 양방향 모두 옹기지 못한다. 자발적 번역(spontaneous translation)은 자기자신이나 다른 이가 하는 모든

말을 번역하고자 하는 강박적인 욕구(need)가 있는 경우를 말한다. 이해불능 번역(translation without comprehension)은 주어진 명령을 이해하지 못하면서 이 명령을 하는 이의 발화 문장을 정확하게 번역하는 현상이다. 마지막으로, 역설적 번역(paradoxical translation)은 자발적으로 말하는 한쪽 언어로만 번역을 하고 거꾸로는 하지 못한다. 이러한 번역장애의 경우, 이해불능 번역과 역설적 번역 현상은 일련의 신경기능적 분리, 독립 요소들의 존재를 전제하는 것이다.

하지만, 이러한 임상 연구에서는 두 언어에서 공유되는 요소는 무엇이고, 별도로 표상되는 요소는 어떤 것인지 분명하지 않다. 반면, 최근 환자가 아닌 이중언어자들을 대상으로 하는 뇌 영상 연구들에서는 두 언어에서 활성화되는 영역이 공통적이라는 연구 결과가 압도적으로 많다 (Perani, 1996, 1998; Klein, Milner, Zatorre, Meyer, & Evans, 1995; Chee, Tan, & Thiel, 1999).

이중언어자가 사용하는 두 언어의 뇌 활성화 영역에 대한 연구는 주로 두 가지 이상의 인도 유럽어를 사용하는 이들에게서, 단어 자극을 사용하거나, 수동적인 이야기 듣기 등의 과제를 이용하여왔다. Perani(1996, 1998)은 영어-불어나 영어-이태리어, 또는 스페인어와 Catalan어를 사용하는 이중언어자들에게서 수동적인 이야기 듣기 과제를 시행하여 본 결과, 두 언어 사이에 활성화되는 영역에는 차이가 없다고 하였다. 단어 말하기 또는 단어 재인 과제로 이중언어 뇌 활성화를 비교한 연구들로 불어-영어 이중언어를 연구한 Klein과 동료들(1999)이나 스페인어-영어를 연구한 많은 연구들(Illes et al., 1999; Hernandez et al., 2000; Rodriguez-Fornells et al., 2002) 등도 두 언어 사이의 분리를 관찰할 수 없고, 통합된 영역이 관여하고 있다는 결론을 내리고 있다. 만다린 중국어와 영어의 이중언어자를 대상으로 한

연구(Chee et al., 1999)에서도 마찬가지로 두 언어 사이의 공통된 영역의 활성화를 보고하고 있다.

그러나 이중언어에 대한 이들 선행 연구들에서는 주로 단어 자극을 사용하여 실험하였다는 한계점이 있다. 진정한 언어의 특징이 그 구조적 측면이 반영되는 문장에 있는 만큼, 이중언어의 연구도 문장을 포함한 연구로 확대되어야 할 것이다. 본 연구에서는 문장의 처리에서 의미론적인 측면(통사론, 의미론)을 고려한 과제를 사용하여, 이중언어의 특징을 분명히 밝혀보고자 한다. 이는 이미 통사론적인 과제를 이용한 선행연구(이승복, 연은경, 이다미, 정관진, 2002)와 비교해 볼 수 있다는 장점이 있다. 이들은 한국어-영어 이중언어자들의 뇌 활성화 영역을 fMRI를 사용하여 검토한 결과, 모국어인 한국어에 비해 영어 문장을 문법 판단할 때는 전두엽의 몇 가지 영역이 좀더 활성화되는 반면, 한국어 과제에서는 측두엽 영역이 좀더 활성화된다고 하였다. 이러한 결과는 통사적인 구조에서 가장 다른 두 언어의 문장처리에 대한 비교였다는 점에서 의미가 있지만, 과연 문장처리 전반에서 관찰되는 결과인지는 통사과제만으로는 확신할 수가 없다. 문장 처리에 포함되는 하위 기제로는 통사론적 처리와 의미론적 처리, 화용론적 처리를 들 수 있다. 이러한 하위 기제에 따른 이중언어 처리과정을 밝힐 수 있어야 이중언어 문장처리에 관한 모형을 논의해볼 수 있을 것이다.

본 연구에서는 이중언어자 중에서도 순차적 후기 습득자를 대상으로 하였다. 이중언어자는 두 가지의 언어를 일상적으로 사용할 수 있는 사람을 뜻한다(Owens, 2001). 이중언어의 습득 시기와 방식에 따라 동시적/순차적(simultaneous/successive) 습득, 또는 조기/후기(early/late) 습득자를 대상으로 구분한다. 이중언어에 대한 교육 측면의 연구에서는 두 유형의 이중언어자에 대한

비교가 중요한 주제이지만, 본 연구와 같은 이중 언어의 분리 또는 통합이라는 신경영상적인 연구의 주제를 위해서는 순차적 후기 습득자에 대한 연구가 선행되어야 한다고 보았기 때문이다.

언어의 분석처리 하위기제와 처리과정 가설

본 연구에서는 이중 언어의 처리와 그 신경적 기초에 대한 중심적 주제로서 언어의 처리 기제를 비교해보고자 한다. 곧, 인간의 문장 처리 기제에서 문장의 형식(언어구조)과 언어 내용(언어의 의미)에 대한 접근이 이루어지는 기제가 별도의 기제인지, 상호작용하는 통합적인 기제인지 하는 문제이다. 언어심리학에서 이루어진 많은 연구들은 이러한 문장 분석이 아주 급속히 이루어지는 과정임을 보여주고 있다. 이 급속한 처리에서 이루어지는 구조와 의미에 대한 분석처리의 과정에 대한 이론은 상호작용 가설과 단원성 가설로 요약할 수 있다.

분석처리의 한 가지 해석인 상호작용 가설(Taraban, & McClelland, 1988; Trueswell, Tanenhaus, & Garnesey, 1994)에 따르면, 분석처리와 의미 해석 사이에 원칙적인 분업이 없다고 가정한다. 그 보다는, 듣는 이가 지닌 세상사 지식과 구조 사이의 지속적인 상호작용이 있어, 듣는 이가 분석처리를 하면서 만들어가는 과정이 언어처리 과정이라는 것이다. 이보다 좀더 많은 지지를 얻고 있는 견해인 단원성 가설(Fodor, 1983)에서는, 분석처리가 빠르게 일어나는 것은 이것이 배경 지식과는 따로 처음부터 봉합되고 캡슐화되어 있기 때문이라고 본다. 분석기의 구조 형성적인 통사 작용은 따라서, 필수적이며 반사적인 것이어서, 의식적 주의를 하든 안 하든 진행이 되는 것이다. 반면에 의미-해석, 의미론 작용은 그럴듯함

(plausibility) 검사가 세상에 대한 지식의 특정 조각을 인출하도록 하는 것이므로 주의와 기억에 대한 요구가 크다(Crain, Ni, Shankweiler, Conway, & Braze, 1996).

본 연구에서는, 기능적 자기공명 영상(functional MRI, fMRI)를 사용하여 이중언어자들의 언어처리의 피질 구조(substrates)에 초점을 맞추어 보고자 한다. 본 연구에서는 언어 처리의 가장 기본적인 단위로 단어의 처리에서부터 시작하여, 좀더 본연적인 언어과정인 문장처리까지를 다룬다. 문장 처리는 언어의 통사론, 의미론적 요소가 모두 포함되는 복합적인 과정이다. 문장 처리의 이러한 측면들을 따로 보기 위해서는 위반문장(violation)을 사용하여 두 측면을 분리해 보는 방식이 일반적이다. 곧, 통사적 위반문장을 판단해 내는 피질 부위와 의미론적 위반문장을 판단하는 부위를 비교하여 보면, 문장 처리의 두 측면을 비교해 볼 수 있다. 기존 연구들에서는 영어(단일 언어) 사용자들에게서 언어의 이 두 측면을 비교하여 왔다(Ni, Constable, Mencl, Pugh, Fulbright, Shaywitz, Shaywitz, Gore, & Shankweiler, 2000; Kuperberg, McGuire, Bullmore, Brammer, Rabe-Hesketh, Wright, Lythogoe, Williams, & David, 2000). 이중언어 연구에서는 우선 단어 수준의 연구가 주로 다루어져 왔으므로(Chen & Leung, 1989; Kroll, & Stewart, 1994; Dufour & Kroll, 1995), 언어처리에 기본적인 문장 처리에 대한 연구는 아주 드물다(Keller, Carpenter, & Just, 2001).

본 연구에서는 한국어-영어 이중언어에서 문장처리가 이루어지는 뇌 활성화 영역을 확인하고자 의미론적 판단과제를 실시하여 이 결과를 통사론적 판단과제의 결과와 비교하고자 하였다. 본 연구에서는 이중언어의 특성이 비교적 잘 드러난다고 알려진 후기습득자들을 대상으로 의미 판단 과제를 실시하여 문장처리의 주요 요인인

의미처리가 이루어지는 기제를 살펴보고, 단어와 문장의 처리에 관여하는 뇌 피질 부위를 확인해 보고자 하였다.

방 법

본 연구는 한국어-영어 이중언어 실험참가자를 대상으로 자기 공명영상 장치를 이용하여 이중언어를 처리하는 뇌 활성화 영역을 살펴보고자 하였다. 두 언어의 의미처리 과정을 비교해 보고자, 관계절 문장의 의미판단 과제를 실시하였다. 관계절 문장은 한국어와 영어, 두 언어의 비교를 위한 가장 좋은 구조의 문장이 될 수 있다. 우선, 두 언어에서 모두 사용되는 구조이며, 그 통사 구조의 위계성을 지닌 구조이므로, 통사처리와 의미처리가 모두 포함되는 문장처리 과정을 보기에 가장 적합하다. 또한 한국어(L1)와 영어(L2)에서 관계절 문장의 처리에 관한 반응시간을 이용한 선행연구가 축적되어 있으므로, 그 기본 과정에 대한 비교를 하기에 적당한 과제이다. 과제로 주어지는 문장의 의미처리 과정을 일반적인 문장 처리과정에서 분리하는 감산법을 사용하고자, 통제 과제를 제시하였다. 통제 과제는 문장의 위계적 구조와 언어적인 의미가 덜 들어간 문장으로 제시하고자, 직선적으로 읽힐 수 있는 실험과제와 비슷한 길이의 순서판단 과제로 하였다.

실험 참가자 실험참가자는 한국과학 기술원에 재학 중인 학생 중에서 한국어를 모국어로 하는 후기 이중언어 습득자 14명을 대상으로 하였다. 실험참가자는 모두 오른손잡이였으며, 고등학교까지 한국에서 졸업한 후기 습득자이었다. 영어 유창성을 통제하기 위하여 공인 영어성적을 제한하여, TOEFL이나 TOEIC의 성적이 일정 수준

(TOEFL 550; TOEIC 800)이상인 학생들에게서 자
원자를 모집하였다. 실험 참가자에게는 일정액의
사례금이 지급되었다.

실험 설계 실험의 독립변인은 크게 두 가지로
제시된 언어(한국어(L1)/영어(L2))와 과제의 종류
(문장판단, 통제과제, 시선고정)이다. 세 과제의
처리를 일정시간 동안에 활성화되는 뇌 영역을
EPI 영상으로 처리할 수 있는 블록 디자인
(Box-car design)으로 설계하였다. 실험 과제는
E-prime 프로그램으로 작성하여 fMRI system과 연
결된 컴퓨터(IFIS)로 제시하였다.

실험 재료¹⁾ 문장판단 조건의 한국어(L1) 문장
과 영어(L2) 문장은 모두 8가지 유형의 관계절
문장이다. 정상문과 함께 제시되는 의미위반문장
은 의미제한규칙(semantic restriction rules)을 위반
한 문장들로 만들었다. 실험에 사용할 한국어(L1)
와 영어(L2) 문장 예는 다음과 같다:

한국어 정상문: 과장을 포함한 사원이 자전거
를 샀다.

한국어 의미위반문: *주민을 채운 경찰이 도둑
을 잡았다.

영어 정상문: The stairs that lead to the cellar
are rather slippery.

영어 의미위반문: *The athlete who wrote the
race loved all kinds of sports.

실험에 제시된 정상 문장과 위반 문장의 비율
은 1:1로 한다. 문장이 제시되는 동안 제시된
문장이 의미적으로 맞는지 틀리는지를 판단하였

1) 실험재료 문장은 한양대학교 영미언어학부 이다미
교수님과 충북대학교 영문과 한기선 선생님께서 검토
해주셨다. 꼼꼼한 검토에 감사드립니다.

다. 통제조건은 순서의 서열을 판단하는 과제로
제시된 기수와 서수의 서열이 맞는지 틀리는지
를 판단하는 과제였다.

한국어 긍정 문장: 일, 오, 팔은 점점 커진다.

한국어 부정 문장: 칠, 구, 사는 점점 커진다.

영어 긍정 문장: Two, four, and six are getting
bigger.

영어 부정 문장: Five, seven, and six are getting
bigger.

시선고정조건은 기저상태로, 두 가지 역할을
한다. 한가지는 뇌의 반응에 휴식시간을 주어,
과제의 처리에 적합한 hemodynamic 반응을 측정
하기 위한 조건이다. 또 하나는 문장처리조건 또
는 통제 조건 같이 뇌가 활성화 된 상태에서 활
성화되지 않은 상태를 빼어 문장의 처리와 통제
조건에서 과제에 특정하게 활성화되는 영역을
알아보기 위한 조건으로 시행되었다.

실험 절차 자기공명영상 장치에 들어가서 하는
본 실험을 시작하기 전에 모든 참가자들은 실험
에 대한 지시와 함께, 컴퓨터 모니터를 보면서
연습과제를 수행하였다. 과제를 충분히 숙지한
후에, fMRI 영상장치에 들어가 본 실험을 수행하
였다. 실험에 사용된 모든 과제는 LCD 프로젝터
로 MR 스캐너 안에 위치한 거울을 통해 제시되
며, 모든 반응은 마우스를 통해 받았다. 한국어
(L1)와 영어(L2)의 제시 순서는 역균형화하였다.
한 언어에 제시되는 과제는 5번의 회기로 반복
되었는데, 한 번의 회기에는 문장 의미판단과제
36초, 통제과제(순서판단 과제) 36초, 휴식(시선고
정) 36초가 제시되었다. 문장판단과제와 통제과
제의 순서도 역균형화 하였다. 실험 과제는
E-prime으로 프로그램 하였으며, 판단 반응의 시

간과 그 정확도가 프로그램의 데이터로 기록되었다.

fMRI 데이터 획득과 분석 방법²⁾ MR 영상은 ISOL forte 3.0 T 스캐너에서 birdcage head coil을 사용하여 EPI gradient echo sequence로 얻는다. MR parameter는 TR 3000 msec, TE 35 msec, flip angle 80 degrees, matrix size 64×64, FOV 220×220 mm, 30 slices, 4 mm thickness, 0 mm gap으로 하였다. 모든 영상 자료는 재구성(reconstruction) 과정을 통해 SPM99(Institute of Neurology, Wellcome Department of Cognitive Neurology)를 이용하여 촬영된 뇌의 3차원적 위치를 정렬시킨 후 (realignment), 표준공간좌표(Talairach)로 평균화시키고(normalization), 신호-잡음비(signal to noise ratio)를 높이기 위해 spatial smoothing을 하였다. 이렇게 얻어진 영상을 7mm full-width, half-maximum(FWHM) gaussian filter로 분석하였다. 각 조건과 피험자 효과는 각 뇌 공간에 분포된 voxel에서 general linear model로 측정되었다. 각 조건과 피험자에게서 hemodynamic 반응에서의 신호 변화가 t-검정으로 평가되었다. 단일 피험자와 조건을 무선 효과 모형(random effect model)에 따라 집단 분석하였다. 한 voxel 수준에서 uncorrected $p < 0.001$ 의 역치를 넘고, 10개 voxels의 범위를 넘는 활성화 영역(cluster)을 결과로 분석하였다.

이렇게 처리된 영상 데이터를 실험참가자 개인에게서 실험과제와 통제과제, 또 기저상태의 활성화를 비교하였다. 개인 데이터를 함께 집단 분석(random effect analysis)한 후, 주요 부위의 신

호 강도 차이를 통계적으로 비교 분석하여, Z score에 따라 색채부호화(color coding)하여 개인별 및 집단별로 뇌 지도를 얻었다. 집단별 뇌 지도는 SPM99에서 제공하는 T1 image와 rendering image를 이용하였다. 감산법(subtraction)을 통하여 실험과제의 수행에서 통제과제 수행을 감산하여 실험과제에 사용된 뇌 활성화 영역을 표시하였다.

결 과

행동측정 자료분석 행동측정 자료는 14명의 자료 중에서 마우스의 오작동으로 반응시간이 받아지지 않은 3명의 자료를 제외하고, 11명의 자료를 분석하였다. 한국어(L1)와 영어(L2) 문장과제에 대한 평균 반응시간은 한국어인 경우 3033 ms였고, 영어인 경우 6116 ms로 한국어 과제에 대한 평균 문장판단 시간이 더 빨랐다. 정확률은 한국어인 경우가 88%였고, 영어인 경우 83%로, 한국어 문장에 대한 판단 정확률이 영어문장에 비해 더 높았다(그림 1 참조).

한국어와 영어 통제과제에 대한 평균 반응시간은 한국어(L1)인 경우 2406 ms였고, 영어인 경우 3314 ms로 한국어 과제에 대한 문장판단 시간이 평균 반응시간이 더 빨랐다. 정확률은 한국어(L1)인 경우가 96%였고, 영어(L2)인 경우 94%로, 두 언어에서 모두 판단 정확률이 상당히 높았다.

영상 자료분석 실험에 참가한 14명의 영상자료를 집단으로 분석하였다. 한국어(L1) 의미조건(문장판단과제)에서 한국어 통제조건(순서판단과제)은 결과를 의미처리에 사용된 활성화 영역으로 보고, 마찬가지로 영어(L2)에서도 의미조건과 통제조건 간 차이를 대비분석 하였다. 한국어(L1)

2) fMRI 영상 결과의 분석은 충북대학교 심리학과 윤소정 학생이 맡아주었다. SPM을 익히고 공부하여, 엄청난 시간을 들이면서 분석해준 노고에 감사드립니다.

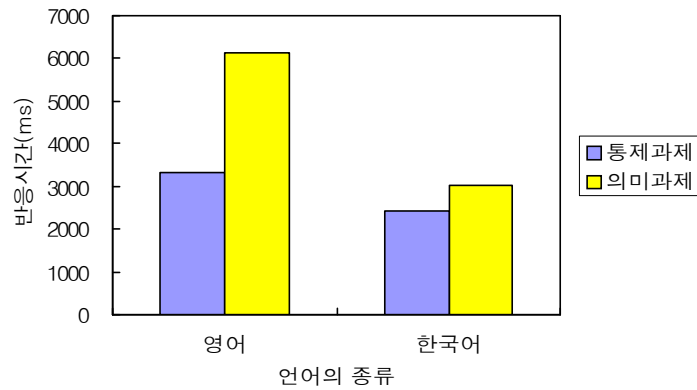


그림 1. 두 언어 과제의 의미판단 반응시간

의미처리에는 좌반구 하전두엽(inferior frontal gyrus) gyrus), 그리고 양측 lingual gyrus의 활성화가 보
 과 좌반구 상, 중측두엽(superior, middle temporal gyrus)였다. 영어(L2) 의미처리에는 좌반구 하전두엽

표 3. 한국어(L1)와 영어(L2) 의미판단을 할 때 활성화되는 뇌 영역

언어	좌/우	활성화영역	BA	좌표(x, y, z)(mm)			Z value
한국어(L1)	좌반구	inferior frontal gyrus	47	-42,	19,	1	4.76
		inferior frontal gyrus	47	-53,	19,	1	4.27
		superior temporal gyrus	39	-48,	-54,	12	4.39
		middle temporal gyrus	39	-50,	-69,	11	3.77
	우반구	cuneus	18	-16,	-100,	11	3.91
		lingual gyrus	18	-16,	-78,	-5	3.5
		lingual gyrus	18	-4,	-66,	3	3.68
		lingual gyrus	17	12,	91,	1	5.26
		middle occipital gyrus	18	22,	-101,	5	4.71
영어(L2)	좌반구	inferior frontal gyrus(45)	45	-51,	18,	16	5.33
		lingual gyrus(18)	18	-12,	-97,	-4	4.14
		medial frontal gyrus(6)	6	-2,	31,	35	3.93
		anterior cingulate(32)	32	-6,	36,	24	3.16
	우반구	inferior occipital gyrus(18)	18	28,	-92,	-6	5.04
		lentiform nucleus(putamen)	-	14,	8,	-4	3.72

(inferior frontal gyrus)의 활성화는 보였으나, 측두엽의 활성화는 나타나지 않았고, 대신 좌반구 내 전두엽(medial frontal gyrus)의 활성화가 보였다. 또한 영어(L2)의 경우 대상회(cingulate gyrus)와 lentiform, putamen에서의 활성화도 관찰되었다(표 1, 그림 2, 3 참조). 그밖에 활성화된 부위로는, 시각과 관련된 것으로 보이는 후두엽(occipital cortex)의 일부가 관찰되었을 뿐이었다.

전반적으로, 한국어(L1)와 영어(L2) 모두 우반구보다는 좌반구에 편향된 활성화를 보였으며, 특히 언어처리와 관련된 Broca 영역으로 알려진

부위를 중심으로 가장 큰 활성화가 관찰되었다.

논 의

본 연구는 한국어(L1)를 먼저 모국어로 습득한 후, 12세 전후로 학교에서 영어(L2)를 습득한 후기 이중언어자를 대상으로, 두 가지 언어를 처리하는 뇌 영역을 검토해보고자 한 것이다. 한국어(L1) 문장의 처리에 관여하는 영역이 영어(L2)의 처리 영역과 공유되는 것인지, 아니면 분리되어 있는 과정인지를 알아보려고 하는 것이 하나의

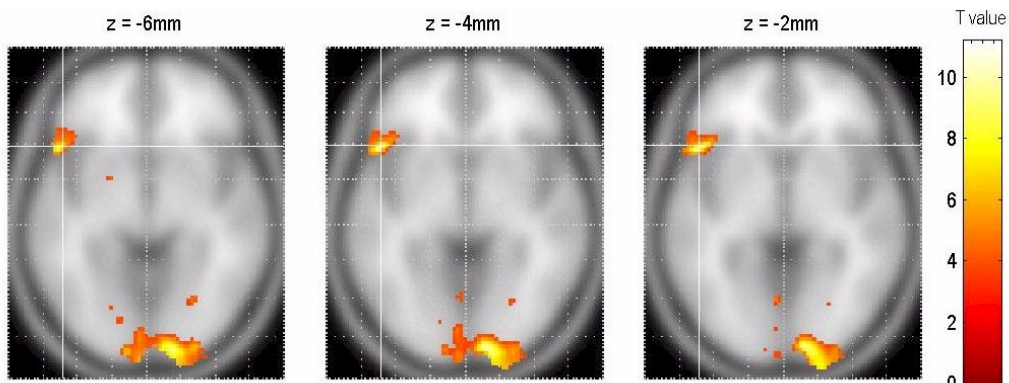


그림 2. 한국어-영어 이중언어자의 한국어(L1) 의미처리에서 활성화된 뇌 영역

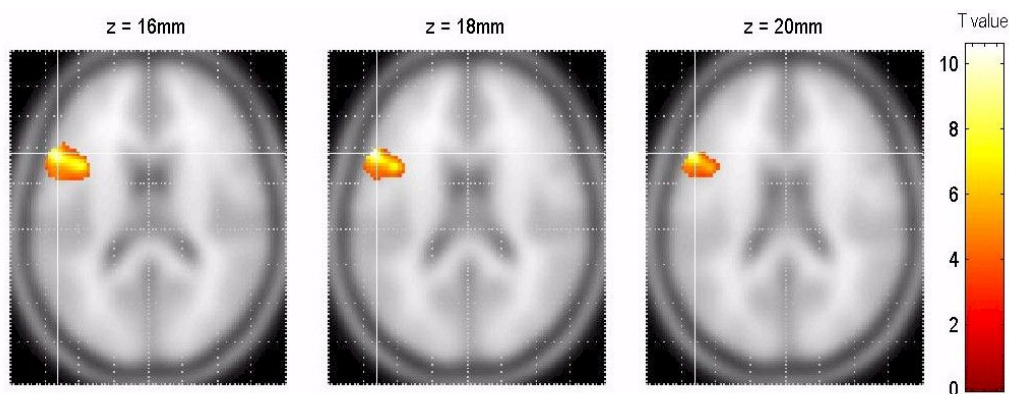


그림 3. 한국어-영어 이중언어자의 영어(L2) 의미처리에서 활성화된 뇌 영역

목적이었다. 동시에, 문장처리의 두 가지 기제인 통사처리와 의미처리 기제를 비교해보고자 한 것이었다.

본 연구에서 자기공명영상 장치에서 수행한 과정은 한국어(L1), 영어(L2)로 제시되는 문장을 보고, 그 문장이 의미론적으로 정상적인 것인지, 이상한 문장인지를 판단하게 하는 의미제약(semantic restriction) 규칙의 위반 여부를 판단하는 과제였다.

결과, L1인 한국어 의미처리에는 일반적으로 언어처리 중추로 알려진 좌반구 하전두엽(inferior frontal gyrus)과 좌반구 상, 중측두엽(superior, middle temporal gyrus)의 활성화가 관찰되었다. 그러나 L2인 영어 의미처리에는 좌반구 하전두엽(inferior frontal gyrus)의 활성화는 보였으나, 측두엽의 활성화는 나타나지 않았고, 대신 좌반구 내 전두엽(medial frontal gyrus)의 활성화가 보였다. 요약한다면, L1의 의미처리에는 측두엽의 활성화가 특징적이며, L2의 의미처리에는 전두엽에서 좀더 광범한 영역이 활성화된 것이라 볼 수 있다.

이 결과를 같은 문장의 통사위반 여부의 판단으로 통사처리 기제를 연구한 이승복 등(2002)의 결과를 보면, 한국어와 영어의 처리에 모두 좌반구의 전두엽의 활성화가 관찰되었으며, 한국어의 경우에는 좌반구 중측두엽 영역 활성화가 특징적이었다. 이 결과와 비교해보면, L1인 한국어의 처리에는 두 연구 모두 측두엽의 활성화가 특징적으로 관찰되었으며, L2인 영어의 처리에는 전두엽이 좀더 많이 관여하고 있다고 할 수 있다.

또한 L2인 영어 문장의 통사처리에서 특징적으로 관찰되었던 우반구 전두엽의 활성화는 의미처리 과제인 본 연구에서는 관찰되지 않았다. 본 연구의 결과로 보면, 의미처리에는 한국어(L1)와 영어(L2) 모두 우반구보다는 좌반구에 편향된

활성화를 보였다.

본 연구의 결과로 보면, 한국어-영어 이중언어자는 L1과 L2의 문장처리에 관여하는 부위는 하전두회(inferior frontal gyrus)를 중심으로 하고 있는 것으로 보인다. 이 부위가 통사과제를 처리하는 주요부위라는 사실은 최근의 다른 fMRI 연구에서도 수렴되게 보고되어왔다(Homae et al., 2002; Keller et al., 2001; Ni et al., 2000). 본 연구에서는 이 영역이 문장의 통사처리뿐만이 아니라, 의미처리에도 관여하고 있음을 보여주었다.

또한 L2의 문장처리와는 달리, L1의 문장처리에서는 의미처리나 통사처리에서 모두 측두엽이 활성화되어, 이 부위가 모국어의 처리에서 특정 역할을 할 것으로 보여진다. 이 문제는 문장의 통사처리와 의미처리가 별도의 영역에서 이루어지는 것인지에 관한 논의와 연결이 되는 주제이다. 청각적으로 제시한 단문으로 문법성, 의미성 판단과제를 시행한 선행 연구를 보면, 문장 처리가 전두엽에서 주로 일어난다는 결과(Ni et al., 2000)도 보고되고, 측두엽이 관여하고 있다는 결과(Kuperberg, 2000)도 있어 상반된 입장을 보인다. 또한 Keller와 동료들(2001)은 관계절 문장의 처리에서 측두엽 피질(middle and superior temporal cortex)이 문장의 해석, 정교화 기능에 봉사한다고 논의한 바 있다.

본 연구의 결과를 이 주제와 연관지어 본다면, 문장의 처리에는 통사처리든 의미처리든 모두 전두엽이 일정부분 관여되고 있으며, 모국어 문장의 처리에는 측두엽의 관여도 보이는 것으로 보아, 전반적으로 통사처리와 의미처리가 별도의 영역에서 이루어지는 것으로 보기는 힘들다. 다만, L2의 통사처리에는 좀더 광범한 영역의 전두엽과 우반구까지도 활성화된 것으로 보아, 처리 부담이 더 컸던 것으로 해석할 수 있다. 오히려 L2의 의미처리에서는 통사처리 보다 활성화 영

역이 적었으며, 우반구의 활성화도 관찰되지 않았던 점으로 미루어보아, 통사처리의 부담이 더욱 컸던 것으로 보인다. 이는 L1인 한국어와 L2인 영어의 특성에 기인한 것이라 볼 수 있다. 실험참가자들은 모두 후기 습득자로, 모국어인 한국어와 통사구조가 전혀 다른 영어의 통사구조 판단에 의미판단보다 좀더 큰 인지적인 부담을 지녔으리라 보인다. 이러한 인지적인 부담이 L2 처리에서, 전두엽의 광범한 활성화, 또 우반구 전두엽의 활성화로 나타났을 것이라 해석할 수 있겠다. 따라서, L2 문장 처리에는 전두엽이, L1의 문장 처리에는 측두엽이 좀더 관여되어있으며, 통사처리와 의미처리가 서로 다른 영역에서 이루어진다고 볼 수는 없다는 것이 본 연구에서 시사할 수 있는 결론이다. 다시 말한다면, 이는 통사처리의 단원성을 지지할 수 없다는 결과로 조심스럽게 해석할 수 있겠다.

또 다른 해석을 시도한다면, L1인 한국어에 대한 처리에는 통사처리 과제에서도 처리 부담이 비교적 적어 의미처리까지 하여 측두엽이 활성화된 것이라 볼 수도 있겠다. 이는 본 연구의 의미처리 과제에서 측두엽 활성화가 좀더 광범위하게 관찰된 점을 강조한다면 좀더 주장할 수 있는 해석이다. 그렇다면 단원성 편을 지지하는 결과로 해석할 수도 있겠다.

본 연구의 결과로 두 가지 해석 중의 어떤 편이 옳다고 주장하기에는 아직 무리라고 생각된다. 단원성인지 상호작용성인지에 관한 논의는 이중언어보다는 하나의 언어를 대상으로 통사처리와 의미처리를 비교한 연구들에서 다루어지고 있으며, 후속 연구도 한국어만을 대상으로 두 가지 과제처리를 비교해 보아야 좀더 자신있게 논의할 수 있을 것이다.

마지막으로 본 연구에서는 L2인 영어를 사춘기 이후에 습득한 순차적, 후기습득자만을 대상

으로 하였다. 실험에 참가자로 구하기는 어렵지만, 동시적, 조기습득자도 이러한 활성화 양상을 보이는지를 비교해보는다면, 두 언어에 따른 통사처리와 의미처리 영역을 확인해보는데 도움이 될 것이다. 이는 언어의 보편성이라는 언어학의 주제에 가장 민감한 검증이 될 수 있을 뿐만 아니라, 영어의 조기교육에 대한 논란이 뜨거운 우리의 현실에서 두 유형의 이중언어자에 대한 비교는 많은 점을 시사해줄 수 있을 것으로 보인다. 또한 본 연구에서는 L2 유창성이 높은 후기 습득 이중언어자만을 대상으로 하였으나, 유창성이 상대적으로 낮은 이중언어자의 경우에는 활성화 부위나 방식이 다른 지도 검토해볼 필요가 있을 것이다.

참고문헌

- 이승복, 연은경, 이다미, 정관진. (2002). 통사 처리과정에서 한국어-영어 이중언어자의 뇌 활성화. *한국 뇌학회지*, 2(2), 147-153.
- Bely-Vroman, R. (1990). The Logical Problem of Foreign Language Learning. *Linguistic Analysis*, 20 (1-2), 3-49.
- Braver, T. S., Cohen, J. D., Nystrom, L. E., Jonides, J., Smith, E. E., and Noll, D. C. (1997). A Parametric Study of Prefrontal Cortex Involvement in Human Working Memory. *NeuroImage*, 5, 49-62.
- Caramazza, A., & Brones, I. (1980). Semantic Classification by Bilinguals. *Canadian Journal of Psychology*, 34, 77-81.
- Chee, M. W. L., Hon, N., Lee, H. L., and Soon, C. S. (2001). Relative Language Proficiency Modulates BOLD Signal Change when Bilinguals Perform Semantic Judgments. *NeuroImage*, 13, 1155-1163.
- Chee, M. W. L., Tan, E. W. L., & Thiel, T. (1999).

- Mandarin and English Single Word Processing studied with functional magnetic resonance imaging. *Journal of Neuroscience*, 19, 3050-3056.
- Chen, H. C. (1990). Lexical Processing in a Nonnative Language: Effects of Language Proficiency and Learning Strategy. *Memory and Cognition*, 18, 279-288.
- Chen, H. C., & Leung, Y. S. (1989). Patterns of Lexical Processing in a Nonnative Language. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 316-325.
- Chen, H. C., & Ng, N. L. (1989). Semantic Facilitation and Translation Priming Effects in Chinese-English Bilinguals. *Memory and Cognition*, 17, 454-462.
- Clahsen, H. & Muysken, P. (1986). The Availability of Universal Grammar to Adult and Child Learners: A Study of the Acquisition of German Word Order. *Second Language Research*, 2, 93-119.
- Clahsen, H. & Muysken, P. (1989). The UG Paradox in L2 Acquisition. *Second Language Research*, 5, 1-29.
- Crain, S., Ni, W., Shankweiler, D., Conway, L., & Braze, D. (1996). Meaning, memory, and modularity. In C.Schutze(Ed.), *Proceedings of the NELS 26 Sentence Processing Workshop, MIT Occasional Papers in Linguistics*, 9, 27-44.
- de Groot, A. M. B., & Nas, G. L. J. (1991). Lexical Representation of Cognates and Noncognates in Compound Bilinguals. *Journal of Memory and Language*, 30, 90-123.
- Dehaene, S., Dupoux, E., Mehler, J., Cohen, L., Paulsesu, E., Perani, D., van de Moortele, P. F., Lehericy, S., & Le Bihan, D. (1997). Anatomical Variability in the Cortical Representation of First and Second Language. *NeuroReport*, 8, 3809-3815.
- Dufour, R., & Kroll, J. F. (1995). Matching Words to Concepts in Two Languages: A Test of the Concept Mediation Model of Bilingual Representation. *Memory and Cognition*, 23, 166-180.
- Ehri, L. C., & Ryan, E. B. (1980). Performance of Bilinguals in a Picture-Word interference task. *Journal of Psycholinguistic Research*, 9(3), 285-302.
- Fabbro, F. (2001a). The Bilingual Brain: Cerebral Representation of Languages. *Brain and Language*, 79, 211-222.
- Fabbro, F. (2001b). The Bilingual Brain: Bilingual Aphasia. *Brain and Language*, 79, 201-210.
- Fodor, J.A. (1983). *Modularity of mind*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Francis, W. S. (1999). Analogical Transfer of Problem Solutions within and between Languages in Spanish-English Bilinguals. *Journal of Memory and Language*, 40, 301-329.
- Francis, W. S. (1999). Cognitive Integration of Language and Memory in Bilinguals: Semantic Representation. *Psychological Bulletin*, 125, 193-222.
- Greenfield, S. (1997). *The Human Brain: A Guide Tour*. London: Weidenfeld and Nicolson.
- Hernandez, A. E., Martinez, A., & Kohnert, K. (2000). In search of the language switch: An fMRI study of picture naming in Spanish- English bilinguals. *Brain and Language*, 73, 421-431.
- Homae, F., Hashimoto, R., Nakjima, K., Miyashita, Y., & Sakai, K.L. (2002). From Perception to Sentence Comprehension: The Convergence of Auditory and Visual Information of Language in the Left Inferior Frontal Cortex. *NeuroImage*, 16, 883-900.
- Illes, J., Francis, W. S., Desmond, J.E., Gabrieli, J. D., Glover, G. H., Poldrack, R., Lee, C. J., & Wagner, A. D. (1999). Convergent cortical representation of semantic processing in bilinguals. *Brain and Language*, 70, 347-363.
- Johnson, J., Newport, E. (1989). Critical period effects

- in second language learning: the influence of maturational state on the acquisition of English as a second language. *Cognitive Phonology*, 21, 60-99.
- Just, M. A., Carpenter, P. A., Keller, T. A., Eddy, W. F., & Thulborn, K. R. (1996). Brain Activation Modulated by Sentence Comprehension. *Science*, 274, 114-116.
- Keller, T. A., Carpenter, P. A., & Just, M. A. (2001). The Neural Basis of Sentence Comprehension: A fMRI Examination of Syntactic and Lexical Processing. *Cerebral Cortex*, 11, 223-237.
- Kim, K. S., Relken, N. R., Lee, K. M., & Hirsch, J. (1997). Distinct cortical areas associated with native and second languages. *Nature*, 388(10), 171-174.
- Klein, D., Milner, B., Zatorre, R. J., Meyer, E., & Evans, A. C. (1995). The Neural Substrates Underlying Word Generation: A Bilingual Functional-imaging Study. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 92, 2899- 2903.
- Klein, D., Zatorre, R. J., Milner, B., & Meyer, E. (1994). Left Putaminal Activation When Speaking a Second Language: Evidence from PET. *NeuroReport*, 5(17), 2295-2297.
- Kroll, J. F., & Stewart, E. (1994). Category Interference in Translation and Picture Naming: Evidence for Asymmetric Connections between Bilingual Memory Representations. *Journal of Memory and Language*, 33, 149-174.
- Kuperberg, G. R., McGuire, P. K., Bullmore, E. T., Brammer, M. J., Rabe-Hesketh, S., Wright, I. C., Lythogoe, D. J., Williams, S. C. R., and David A. S. (2000). Common and Distinct Neural Substrates for Pragmatic, Semantic, and Syntactic Processing of Spoken Sentences: An fMRI Study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(1), 321-341.
- MacLeod, C. M. (1991). Half a Century of Research on the Stroop effect: An Integrative Review. *Psychological Bulletin*, 109, 163-203.
- Mendelsohn, S. (1988). Language Lateralization in Bilinguals: Facts and Fantasy. *Journal of Neurolinguistics*, 3, 261-292.
- Newman, S. D., Just, M. A., Keller, T. A., Roth, J., and Carpenter, P. A. (2003). Differential effects of Syntactic and Semantic Processing on the Subregions of Broca's Area. *Cognitive Brain Research*, 16, 297-307.
- Ni, W., Constable, R. T., Mencl, W. E., Pugh, K. R., Fulbright, R. K., Shaywitz, S. E., Shaywitz, B. A., Gore, J. C., and Shankweiler, D. (2000). An Event-related Neuroimaging Study Distinguishing Form and Content in Sentence Processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(1), 120-133.
- Owens, R. E. (2001). *Language Development: An Introduction*. 이승복 옮김, 언어발달, 시그마프레스.
- Paradis, M. (1990). Language Lateralization in Bilinguals: Enough Already! *Brain and Language*, 39, 576-586.
- Perani, D., Paulesu, E., Galles, N. S., Dupoux, E., Dehaene, S., Bettinardi, V., Cappa, S. F., Fazio, F., & Mehler, J. (1998). The Bilingual Brain: Proficiency and Age of Acquisition of the Second Language. *Brain*, 121, 1841-1852.
- Rodriguez-Fornells, A., Rotte, M., Heinze, H., Nosselt, T., Munte, T. (2002). Brain Potential and Functional MRI Evidence for How to Handle Two Languages with One Brain. *Nature*, 415, 1026-1029.
- Sakai, K. L. & Homae, F. (2003). Sentence Processing is Uniquely Human. *Neuroscience Research*, 46, 273-279.
- Schwartz, B. & Sprouse, R. (1996). L2 cognitive states and the 'full transfer/full access' model. *Second Language*

- Research*, 12, 40-72.
- Taraban, R., & McClelland, J. L. (1988). Constituent Attachment and Thematic Role Assignment in Sentence Processing: Influences of Content-based Expectations. *Journal of Memory and Language*, 27, 597-632.
- Trueswell, J. C., Tanenhaus, M., & Garnesey, S. (1994). Semantic Influences on Parsing: Use of Thematic Role Information on Syntactic Ambiguity Resolution. *Journal of Memory and Language*, 33, 285-318.
- Vaid, J. (1983). Bilingualism and Brain Lateralization. In S. Segalowitz(Ed.), *Language Function with Brain Organization* (pp. 315-339). New York: Academic Press.
- Veltman, D. J., Fristo, K. J., Sanders, G., & Price, C. J. (2000). Regionally Specific Sensitivity differences in fMRI and PET: Where do they come from? *NeuroImage*, 11, 575-588.
- White, L. (1989). *Universal Grammar and Second Language Acquisition*. Amsterdam: John Benjamins.
- White, L. (1991). Adverb Placement in Second Language Acquisition: Some Effects of Negative Evidence in the Classroom. *Second Language Research* 7, 133-161.
- White, L. & Genesee, F. (1996). How Native is Near-native? The Issue of Ultimate Attainment in Adult Second Language Acquisition. *Second Language Research*, 27, 233-265.
- Whitney, P. (1998). *The Psychology of Language*. New York: Houghton Mifflin Company. 이승복, 한기선 옮김, 언어심리학, 시그마프레스.
- 1 차원고접수 : 2004. 1. 24
2 차원고접수 : 2004. 3. 11
최종게재결정 : 2004. 3. 17

The Neural Basis of Bilingual Sentence Comprehension in Korean-English Late Bilinguals

Seungbok Lee	Eun-Kyoung Yeon	Hyo-Woon Yoon
Department of Psychology,	Korean Educational	KAIST
Chungbuk National University	Development Institute	Brain Research Center

We applied fMRI to examine the bilingual brain activation at semantic aspects of sentence processing, in order to compare our previous study on syntactic processing(Lee et al. 2002). In semantic decision task, the visually presented sentences were judged based on the semantic appropriateness. The cortical activations were compared with the control task, which was ordering judgment task with the sentences of the same length. The SPM99 was employed to analyze the results obtained. The activated areas were calculated by the subtraction method. While processing the Korean sentences, the left inferior frontal gyrus, the bilateral lingual gyrus, the left cuneus, and the left superior and middle temporal gyrus were activated. While doing the tasks in English, the areas were the left inferior frontal gyrus, the left medial frontal gyrus, the left lingual gyrus and the left cuneus. There were some overlapping regions in frontal and occipital regions. However, it was noted that the superior and middle temporal gyrus were activated in Korean(L1). The frontal region was more activated in English(L2). We(Lee et al, 2002) have found the same result in the syntactic judgment task. Both of the previous and present results suggest that the L1 processing was more involved in the temporal region and L2 in frontal region. Further studies on bilingualism would be focused on these two regions to examine whether the acquisition age difference really exists or not.

Keywords: bilingualism, Korean(L1), English(L2), semantic processing, syntactic processing, cortical activation, functional MRI, frontal lobe, temporal lobe