

## 인간 언어정보처리와 관련된 대뇌 영역

남 기 춘<sup>†</sup>

고려대학교 심리학과

김 동 휘

고려대학교 의과대학 재활의학과

언어를 사용할 수 있는 능력은 인간의 고유한 능력이다. 언어 사용 능력은 인간이 태어나면서부터 가지고 있는 것처럼 보이며 언어를 배우는 환경에 따라 특정 유전적 자질이 발현되는 것처럼 보인다. 본 논문에서는 인간의 언어 사용 능력과 대뇌 영역간의 관련성을 논하였다. 인간의 뇌는 언어를 적절히 사용할 수 있도록 언어자료와 지식을 저장하는 부분과 이들을 이용하여 언어를 이해하기도 하고 만들어내기도 하는 체계로 구성되어 있는 듯하다. 주로 뇌의 앞부분은 언어정보를 가공하여 산출하거나 화자의 의도를 파악하는데 관여하는 것처럼 보이며 뇌의 뒷부분은 주로 언어 정보저장과 부분적인 정보처리과정을 담당하는 것 같다. 뇌에서 언어를 어떤 방법으로 정보처리 하는지를 밝히는 것은 관련 기초 학문의 발전과 인류의 복지를 위해 매우 중요하다고 생각된다.

주제어 언어정보처리, 대뇌 영역, 언어 이해, 언어 산출

언어를 사용할 수 있는 능력은 인간을 다른 동물들과 구분 짓는 고유한 능력이다. 잘 알려진 사실이지만 인간과 유사한 진화 단계를 밟아 왔

고 다른 여러 인지 기능에서도 유사한 원숭이를 대상으로 언어를 가르치려고 시도한 연구의 결과를 보면 원숭이는 단지 단어 2개 혹은 3개 정도

\* 본 연구는 한국과학기술부 특정 연구 개발 사업(M1-0107-00-0013) 지원으로 수행되었음

† 교신저자 : 남 기 춘, (136-701) 서울시 성북구 안암동 5-1, 고려대 인지신경과학연구소,

를 늘어놓을 수 있었고 언어 규칙을 사용하여 다양한 문장을 산출(sentence production)하지는 못하였다. 그러나 인간 언어학습자는 일정한 시기가 되면 폭발적으로 문장을 산출하며 이미 어린 나이에 성인의 언어 사용 능력과 유사한 정도의 언어 사용능력을 보였다. 이런 결과는 인간의 언어 획득 능력이 거의 유전적으로 결정되어 있는 것이 아닌가하는 생각을 하게 한다. 근래의 연구 결과를 보면 인간의 언어 능력은 상당한 정도로 생물학적으로 결정되어 있고 생물학적으로 결정되어 있는 속성이 발현되는가 아닌가는 적용해야 하는 환경이 무엇인가에 의해 선택되는 것 같다 (Diamond & Hopson, 1998; Newport, 1990; Pinker, 1994).

언어의 기능은 다양하다. 언어를 통해 의사소통을 하기도 하고 언어를 통해 밖에 존재하는 사물을 나타내고 학습하기도 하며 언어를 이용해 인간만의 고등한 사고를 전개하기도 한다. 언어의 여러 기능 중에서도 특히 의사소통 기능이 매우 중요하다. 인간은 언어 외에도 다른 종류의 상징체계를 통해 의사소통을 하지만 언어를 이용한 의사소통만큼 효율적이지도 못하고 정교한 의미를 표현하지도 못한다. 언어는 다른 상징체계와는 구분되는 몇 가지 속성을 가지고 있다. 예를 들어 언어에는 일정한 규칙이 있으며 인간은 이런 규칙을 이용해 거의 무한대에 가까운 의미를 산출해 낼 수 있다. 또한 언어는 형식을 나타내는 음성학과 음운론, 형태론, 통사론 등과 의미를 나타내는 의미론 그리고 사용과 관련된 화용론으로 구성되어 있고 각 영역은 나름대로의 규칙을 지니고 있어서 표현하고자하는 내용을 다양하고 정교하게 나타낼 수 있다(Bloom & Lahey, 1978). 언어는 시공간을 초월해서도 존재한다. 예를 들어 언어의 한 부분인 문자는 어떤 내용을 수세대에 걸쳐서 전할 수 있다. 우리는 문자로

기록된 선조들의 역사를 보면서 그 시대에 어떤 일이 있었는지를 이해할 수 있고 또한 현재의 문명이나 문화를 후대에게 전할 수도 있다. 아마도 언어의 이런 속성이 없었다면 세대간에 단절이 있게 되고 오늘날 인류가 누리고 있는 문화나 문명이 이루어지지 않았을 지도 모른다.

인간이 언어를 사용하는 능력은 다른 종류의 인지능력과 어느 정도는 구분된 능력이라고 볼 수 있다(Chomsky, 1959; Chomsky, 1965; Fodor, 1983; Garfield, 1989; Gleitman & Wanner, 1982; ). 인간은 특별히 뇌손상을 가지고 있지 않는 이상 일상생활을 통해 자연스럽게 언어를 생의 초기에 매우 빠르고 정확하게 배운다. 일반적으로 어떤 내용을 학습하는 일은 상당한 정도의 의식적인 노력이 필요하지만 인간의 언어 습득은 거의 자동적으로 이루어지는 것처럼 보인다. 또한 인간의 언어 획득은 특별한 시기에 국한되어 이루어지는 반면에 일반적인 지식 획득은 그렇지 않은 것 같다. 예를 들어, 생의 어느 시기에 인간은 언어에 노출되지 않으면 그 후에는 영원히 인간의 언어를 습득하지 못하는 것 같다. 인간의 언어 사용 능력이 다른 인지 기능과 구분된다고 하는 증거는 또한 뇌 손상 환자의 언어장애와 다른 인지장애간의 해리(dissociation)에서도 볼 수 있다. 실어증 환자는 언어를 이해(language comprehension)하고 산출(language production)하는 데에는 어려움이 있지만 모든 실어증 환자가 기억이나 사고 등에 장애를 갖는 것은 아니다. 또한 기억 상실증 환자가 언제나 언어 장애를 동반하는 것은 아니다. 이런 증거들을 볼 때 인간의 언어정보처리 능력은 다른 인지 기능과는 분리되어 있고 자율적인 것이라고 볼 수 있다(Ellis & Young, 1995; Fodor, 1983; Garfield, 1989; Shallice, 1988).

인간은 언어를 사용해서 상대방과 의사소통을 하지만 언어를 사용해 학습해야하는 내용을 상징

화하여 기억하기도 하고 언어를 사용해 다양한 사고(thinking)를 하기도 한다. 사고가 먼저인지 언어가 먼저인지에 대해 논쟁이 있지만 사고 활동에 언어가 중심적인 역할을 담당한다는 데 대해서는 이론의 여지가 없다. 언어는 사고를 도와주는 필수적인 도구이다. 예를 들어 세상의 다양한 현상을 언어를 통해 분류하기도 하고 분류된 것을 묶어서 범주화(categorization)하고 개념화(conceptualization)하기도 한다.

이처럼 언어 사용 능력은 인간을 다른 동물과 구별하며 다른 종류의 인지능력과 구분된다. 본 연구에서는 이런 인간의 중요한 인지 기능의 하나인 언어 사용 능력이 인간의 뇌와 어떤 관련이 있는지를 간략히 설명할 것이다. 먼저 대뇌에서 언어를 어떻게 처리하는지를 연구하기 위해 사용하는 연구법을 간단히 소개하고 현재까지 알려진 사실에 기반하여 언어정보처리와 관련된 대뇌 영역을 설명할 것이다. 그리고 끝으로 이런 연구 결과가 실제 생활에 어떻게 사용될 수 있는지를 설명하려 한다. 본 연구에서 다루는 내용은 언어 심리학이나 인지심리학을 연구하는 전문가를 대상으로 하는 것이 아니다. 이 분야의 비전문가를 대상으로 언어와 뇌의 관계성을 소개하는 정도로 간략히 그리고 상식적인 수준에서 논하고자 한다.

## 언어와 뇌

인간의 대뇌에서 언어정보처리가 어떻게 이루어지는지를 조사하기 위해 다양한 연구 방법을 사용한다. 전통적으로는 실험심리학적 연구 방법을 사용하여 언어정보처리의 기저 원리를 연구하였다. 그러나 근래에 들어 과학 기술의 눈부신 발전으로 직접적으로 대뇌의 언어정보처리 능력을 조사할 수 있는 방법이 개발되

었다. 이후의 절에서는 대표적으로 인지신경과학(cognitive neuroscience)에서 사용하는 대표적인 몇 가지 방법을 소개하려 한다. 그리고 이런 방법을 사용해 최근까지 알려진 언어정보처리 관련 대뇌 영역을 설명하려 한다.

### 언어정보처리를 조사하기 위한 인지신경과학적 접근법

**손상 뇌와 언어정보처리** 손상 뇌 연구 방법은 자연적으로 사고를 당해 대뇌에 손상을 입기에 따라 언어장애를 가지는 실어증 환자(aphasic)를 대상으로 대뇌의 언어정보처리 영역을 연구하는 방법이다. 실어증 환자를 대상으로 하는 연구에서는 대개 표준화된 언어기능검사 도구와 지능 검사 등을 통해 이 환자가 언어 기능 외에 다른 기능은 정상인 수준이라는 것을 확인하고 이 환자가 전반적으로 어떤 종류의 언어장애를 가지는지를 조사한다. 표준화된 검사를 통해 실어증 환자를 검사한 이후에 뇌 손상 영역을 알아보기 위해 MRI(magnetic resonance imaging), CT(computerized tomography), SPECT(single positron emission computer tomography) 등을 이용하여 손상을 입은 영역이 어디인지를 조사한다. 실험에 참여하는 환자를 선별하기 위해 그 환자가 어떤 이유로 뇌 손상을 입게 되었으며 어떤 종류의 시술 혹은 치료를 받았는지도 조사한다. 그래서 실험에 참여하는 뇌 손상 환자가 가능하면 여러 측면에서 유사성을 갖도록 한다.

대개는 표준화된 언어장애 검사 결과만을 가지고 이 환자의 언어정보처리 능력을 결정하지는 않는다. 언어학이나 언어심리학의 이론이나 모형에서 문제가 되는 언어 변인을 추출하고 이 변인을 반영하는 실험을 고안하여 실어증 환자를 대상으로 실험을 실시한다. 예를 들어, 단어를 산출

(word production)하는 과정이 의미를 결정하는 과정과 어휘를 선택하는 과정으로 나누어져 있다는 언어심리학의 이론을 검증한다고 하자. 그러면 먼저 어휘 산출에 어려움을 갖는 실어증 환자를 모집하고 이 환자들의 손상된 대뇌 영역을 MRI 등을 통해 검사한다. 그 후에 어휘 의미 산출을 알아보는 실험 과제와 어휘 선택 과정을 알아보는 실험 과제를 개발한다. 실험 과제는 일반적으로 정상인을 대상으로 검증된 것이며 표준화까지는 아니지만 기존의 언어심리학에서 널리 쓰이는 것을 선택한다. 실험 과제를 선택한 후에는 어휘 산출에 어려움을 갖는 환자를 대상으로 실험을 실시하여 환자들간에 의미 선택과 어휘 선택에 있어서 해리 현상(dissociation)이 발견되는지를 조사한다. 즉 의미 과제는 정상인 수준으로 수행하나 어휘 선택 과제에서는 어려움을 보이는지 아니면 반대의 경우가 있는지를 조사한다. 만일 어떤 환자가 의미과제는 잘 하지만 어휘 과제는 잘 못한다면 이런 경우에 단일 해리를 발견했다고 하며 의미 선택과 어휘 선택 과정이 다를 가능성을 강력히 시사하는 결과이다. 그러나 단일 해리만 가지고 두 과정이 분리되어 있다는 것을 완벽하게 검증하는 것은 아니다. 더 좋은 경우는 다른 환자의 사례를 통해서 앞의 환자의 수행과 반대의 결과인 즉, 의미선택은 잘 못하고 어휘 선택은 잘 수행하는 환자를 발견하는 경우이다. 이런 경우에 앞의 환자 결과와 합하여 이중 해리(double dissociation)를 발견했다고 하며 이런 결과는 단어 산출 과정이 적어도 의미선택과 어휘 선택의 두 단계 이상으로 구성되어 있다는 것을 강력히 시사한다.

뇌 손상 환자를 대상으로 인간의 인지과정을 연구하는 인지신경심리학자는 증후군(syndrome)을 대상으로 하기보다는 증상(symptom)을 대상으로 한다. 증후군은 함께 빈번하게 동반되는 증상들

의 집합이다. 예를 들어 감기에 걸리면 두통, 몸살, 재채기 등의 증상이 보인다. 따라서 감기는 여러 종류의 증상으로 구성되어 있는 증후군이다. 증후군은 여러 종류의 증상이 연합(association)되어 나타난다. 그렇다면 여러 증상을 한꺼번에 정보처리하는 기능이 뇌에 있는 것은 아닐까? 그러나 대개 인지신경심리학자는 증후군이 뇌의 어느 한곳에서 독립된 기능 단위의 손상 때문에 나타나는 것으로 보지 않는다. 여러 증상이 연합되어 나타나는 현상은 그런 증후군이 있는 경우에 언제나 똑같은 증상들이 함께 나타나지 않으며 때로는 신경 정보를 방사해주는 시상(thalamus) 등에 손상이 있는 경우에도 나타난다. 이런 이유로 인지신경심리학자는 대개 여러 증상을 모아서 함께 연구하기 보다는 증상 개개를 연구의 대상으로 한다. 또한 인지신경심리학자는 집단 연구(group study)를 수행하기보다는 개인 사례 연구(case study)를 주로 수행한다. 집단 연구를 지양하고 개인 사례 연구를 지향하는 이유는 환자에 따라 뇌 손상 부위가 너무나 다르고 언어 기능 장애에서도 환자 간에 변산성이 너무나 크기 때문이다. 또한 유사한 부위를 손상당하고 유사한 기능 장애를 지니고 있으며 뇌 손상 원인이 유사한 환자를 모으기가 무척 어렵기 때문이다. 개인 사례 연구를 하는 경우에 생기는 문제는 일반화(generalization)의 어려움이다. 이런 일반화의 문제점을 해결하기 위해 인지신경심리학에서는 표준화된 검사를 통해 다른 기능이 정상인과 유사하다는 것을 확인 하고 기존에 잘 정립된 이론 체계 하에서 이론의 여러 부분에서는 문제가 없지만 어느 한 기능에서만 정상인과 차이가 있는 현상만을 선별하여 연구를 진행한다. 이런 경우에 발견된 연구 결과는 비록 한 환자를 대상으로 하더라도 대부분의 정보처리과정은 정상인과 유사하지만 다른 한 하위 기능에서만 차이가 난다면

이 결과는 모든 사람에게서 나타나는 것이라고 해석해도 큰 문제가 되지 않는다는 것이다. 예를 들어 정상인을 대상으로 이루어진 언어심리학 연구 결과에 의하면, 문자(orthography)가 음운 정보(phonological information)를 어느 정도 지니고 있는가에 따라 단어 재인(word recognition) 과정이 다르다(남기춘, 1995). 이런 결과를 검증하는 방법으로 난독증 환자(dyslexic)를 대상으로 연구를 진행할 수 있다. 한 환자의 읽기 수행 능력을 조사하였다더니 음운 정보가 일관적인 한글 단어의 읽기 능력은 정상인과 유사하나 한자 단어의 읽기 능력은 정상인에 비해 월등히 저조하였다. 반면에 다른 환자의 경우를 조사했더니 반대로 한자 단어의 읽기 능력은 정상인과 유사하였으나 한글 단어의 읽기는 저조하였다(권미선, 박혜숙, 심현섭, 이재홍, 2000). 이런 연구 결과는 문자가 음운 정보를 나타내고 있는 정도에 의해 인식되는 방법이 다르다는 언어심리학의 결과를 지지한다.

뇌 손상 환자를 대상으로 하는 연구의 또 다른 중요한 가정은 뇌의 기능이 단원적(modular)이라는 것이다. 1800년대 말에 Broca, Wernicke 등이 뇌의 기능을 연구할 때에는 신경해부학적 단원(anatomical modularity)을 가정하고 뇌의 어느 부분에서 어떤 기능을 담당하는지를 연구하였다. 그러나 이러한 연구방법은 1900년대 초에 Marie (1906a), Head(1926) 등의 공격을 받아서 어려움에 처하게 된다. 현대 인지신경심리학은 Geschwind (1965)를 기점으로 다시 시작되었다고 볼 수 있는데 현대 인지 신경심리학에서는 신경해부학적 단원성보다는 기능적 단원성(functional modularity)을 기반으로 뇌의 기능을 연구한다. 즉, 신경해부학적으로 어떤 기능을 담당하는 뇌 영역이 있든 없든 간에 관계없이 인지 기능 별로 단원성을 가정할 수 있고(예를 들어 단어 처리기 가정) 인지신경심리학자는 이런 단원이 실재하는지를 연구하

면 된다는 것이다. Broca 등이 활동할 시기에는 인지심리학, 언어학, 언어심리학 등의 연구 기반이 확립되어 있지 않아서 이런 기능적 단원성을 상정하기가 어려운 상황이었다. 그러나 오늘 날에는 잘 정립된 인간정보처리 모형을 바탕으로 기능적 단원성을 상정할 수 있고 이런 기능적 단원이 실재하는지를 조사할 수 있는 연구 방법이 개발되어 있다(Shallice, 1988; Zurif & Swinney, 1994).

그림 1은 인지 기능에 관한 실험을 소수의 환자에게(대개는 단일 사례) 개별적으로 실시한 후에 유사한 인지 기능 장애를 보이는 여러 명의 환자를 대상으로 인지기능 장애와 담당 뇌 영역 간에 어떤 상관이 있는지를 조사한 결과이다. 이 결과를 보면 여러 명의 환자가 공통적으로 왼쪽 뇌의 전전두엽(prefrontal lobe)에 손상을 보이는 것을 볼 수 있다. 따라서 좌뇌의 전전두엽이 언어 기능검사에서 나타난 기능을 담당하는 영역으로 추론할 수 있겠다. 언어기능과 손상 영역간의 상관을 연구하는 방법은 근래에 들어서 MRI와 같

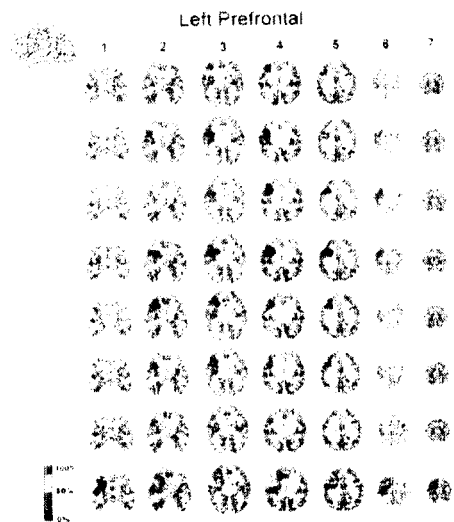


그림 1. 손상 뇌 접근법

은 영상기술이 발전된 후이나 가능해진 것으로 촉망되는 연구 방법이다.

ERP(event-related potential)와 언어정보처리 다 음으로 소개할 연구 방법은 대뇌에서 일어나는 전기 신호를 이용하여 언어정보처리의 특성을 조사하고 관련된 대뇌 영역을 조사하는 방법이다. EEG(electroencephalography)는 뇌에서 일어나는 자 발적인 전류의 흐름을 측정하는 방법으로 의학적인 진단을 위해서도 사용되는 방법이다. 대개 초기 EEG 파형은 특정 신경 통로의 활동과 관계가 있으며 정상적인 뇌파와 다른 모습을 띠는 경우에 관련된 뇌 영역에 이상이 있는 것을 감지할 수 있다. ERP는 EEG를 응용한 것으로 1980년대 후반부터 인지과정을 조사하기 위해 활발하게 사용되는 방법이다(Donchin, Ritter, & McCallum, 1978; Kutas & Van Patten, 1994; Renault, Kutas, Coles, & Gaillard, 1989; Rugg & Cole, 1995).

ERP의 기본 연구 논리를 살펴보자. 먼저 특정 두피 부분에서 인지과제를 수행하는 동안에 관찰 되는 EEG와 인지과제를 수행하지 하지 않는 동안에 발생하는 EEG를 측정한다. 그리고는 인지 과제 수행 시 관찰되었던 EEG에서 인지과제를 수행하지 않았을 때 관찰된 EEG를 뺀다. 그러면 남아 있는 EEG 성분은 논리적으로 인지과제 와 관련된 것이다. 이런 뇌파를 ERP(event-related potential)라고 부른다. 즉 이런 경우의 뇌파는 특 정한 사건과 관련되어 나타나는 것으로 보는 것이다(Donchin, Ritter, & McCallum, 1978; Gazzaniga, Ivry, and Mangun., 1998; Kutas & Van Patten, 1994).

ERP 연구에서 여러 종류의 측정 변인을 이용 하여 언어정보처리의 특성을 규명한다. 가장 많 이 사용하는 ERP의 측정치는 자극 제시 후에 나타나는 파형의 종류(wave patterns), 파형의 크기

(amplitude of wave patterns), 파형의 지속 시간 (latency of wave patterns) 등이다. 또 다른 측정치 는 ERP기록 부위와 시간에 다른 ERP의 차이를 분석하는 것이다. 예를 들어 문장의 문법성은 대 개 자극 제시후 600 msec 전후에 양전압(P600)이 전두엽 부위에서 가장 크게 측정되는 반면에 의 미는 자극 제시 후에 나타나는 400 msec 전후의 부적 전압(N400)으로 뇌의 거의 모든 부분에서 측정된다. 지금까지 알려진 ERP로는 자극 제시후 100 msec 전후로 나타나는 N1과 P1(N은 negativity 를 P는 positivity를 나타낸다)이 주의(attention) 과 정과 연결되어 있다고 알려져 있다. 언어정보처 리와 관련해서는 문장을 구성하고 있는 단어의 품사정보처리와 관련되어 있는 것으로 보고 되고 있다. P300은 주의 과정과 기대(expectation)에서 어긋나는 정도를 반영하며, N400은 어휘의 이해 난이도와 의미의 부적절성과 관련되어 있다. 일 반적으로 문법적으로 문제가 있는 경우에는 의미 적으로도 부적합하게 보이고 이로 인해 문법적 문제가 있는 경우에도 N400이 나타난다. 여러 연 구에서 문장의 문법성과 관련된 파형으로 P600을 주목하고 있다. 연구에 따라 P600이 문법성과 직 접 관련되어 있다고 주장하는 보고와 P600은 단 지 과제의 복잡성을 나타내는 지수라는 입장이 대립하고 있다(Kutas & Van Patten, 1994).

그림 2에 본 연구실에서 수행되었던 외국어 문장 이해와 관련된 ERP 패턴이 제시되어 있다. x축은 문장 자극 제시 후 흘러간 시간을 표시하고 있고 y축은 각 시간대에 따른 전압 변화를 보여주고 있다. 파란 색으로 표시된 부분은 문장의 해석 을 어렵게 만드는 부분이고 빨간 색으로 표시된 부분은 이런 애매 모호성을 해결하는 부분이다. 이 결과에 따르면 외국어를 능숙하게 구사하는 피험자와 능숙하지 않은 피험자간에 약 600msec 근처의 문장 분석 ERP 패턴에서 차이가 나타나는

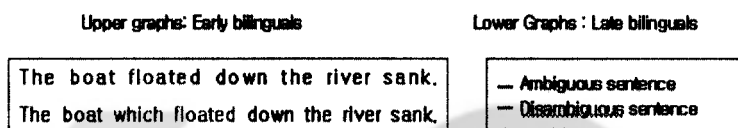


그림 2. ERP 접근법

것을 알 수 있다. 근래에는 이런 차이가 뇌의 어느 부분에서 출원한 것인지를 조사할 수 있는 방법이 개발되어 좀 더 정확하게 이런 언어기능을 담당하는 뇌 영역을 찾을 수 있게 되었다.

ERP를 이용해서 언어정보처리 과정을 연구하는 것은 여러 면에서 장점을 가진다. 첫 번째 장점은 ERP 연구에서는 피험자에게 특별한 과제를 수행하도록 요구하지 않는 상황에서도 유용한 자료를 얻을 수 있다는 것이다. 즉 생태학적인 타당성(ecological validity)이 있다는 것이다. 두 번째 장점은 실시간적으로 이루어지는 언어정보처리를 매우 정밀한 시간 단위로 측정할 수 있다는 것이다. 인간의 언어정보처리는 어느 시점을 기준으로 모두 이루어지는 것이 아니고 시간에 따라 다른 양상을 띠면서 변화한다. ERP는 이런 시간에 따른 언어정보처리의 특성을 뇌파의 변화를 통해 보여 준다. 또 다른 ERP의 장점은 다양한 종류의 측정치를 제공한다는 것이다. 예를 들어 특정 시

간에 나타나는 파형의 종류, 파형의 크기, 파형의 지속 시간 등의 풍부한 측정치를 제공한다. 그러나 모든 연구 방법이 그렇듯이 ERP도 단점이 있다. 예를 들어 ERP는 어떤 기능을 담당하는 대뇌 영역을 정확히 제시할 수가 없다. 두피에서 측정된 파형이 어디에서 출원한 것인지를 찾아낼 수가 없다. 아마도 뇌파의 근원지를 찾기 위해서는 뇌 영상 기법과 함께 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

**fMRI, PET, MEG와 언어정보처리** 그림 3에 fMRI를 이용해 외국어를 산출할 때 사용되는 부위와 모국어를 산출할 때 사용하는 뇌의 영역이 다른지를 조사한 연구 결과가 제시되어 있다(Kim, Relkin, Lee, & Hirsch, 1997). 그림 3에서 볼 수 있듯이 왼 쪽 뇌의 앞부분(그림 3에서 화살표가 있는 부분)의 Broca 영역에서 모국어를 사용할 때와 외국어를 사용할 때의 차이가 보인다. 외국어를

그림 3. fMRI 접근법

뒤늦게 배우기 시작한 이중언어자(bilingual)의 경우에 모국어로 문장을 산출할 때와 외국어로 문장을 산출할 때 Broca 영역에서 활성화되는 뇌 영역에 차이가 있는 것을 보여 주고 있다. 붉은 색으로 표시된 영역은 모국어의 경우이고 노란 색으로 표시된 영역은 외국어의 경우이다. 보통 외국어와 모국어를 담당하는 뇌 영역이 완전히 다르지는 않다. 그림 3의 결과처럼 유사한 영역이 모국어와 외국어 사용 시에 활성화되지만 활성화되는 영역의 크기에서 차이가 나며 공통된 전통적인 언어영역 외에 외국어의 경우 다른 영역이 부가적으로 더 활성화된다. 이중언어 사용(bilingualism)관련 연구에서의 중요한 연구 주제는 동일한 뇌 영역에서 모국어과 외국어가 정보처리되는지에 관한 것이다. 그림 3에 제시된 fMRI 연구 결과는 이런 물음에 일부 해결책을 보여 주고 있다. 이처럼 뇌 영상(brain imaging) 기법은 언어정보처리의 특성을 조사하는데 유용하게 사용될 수 있다.

fMRI는 기존의 MRI 기계를 이용하여 언어과제 수행 동안 활성화되는 뇌 영역이 어디인지를 비침투적으로 연구할 수 있는 방법이다. PET(Positron emission tomography)이나 MEG(magneto-encephalogram)도 뇌의 활동 영역을 찾아내는 기술적인 측면은

다르지만 인지활동과 관련된 대뇌영역을 촬영할 수 있는 방법에서는 유사하다(물론 좀 더 자세히 살펴보면 각 방법 간에 장단점이 있다). 기본적인 연구 논리는 모두 유사하다. 언어과제와 통제과제를 수행하는 동안 활성화되는 대 뇌 영역을 촬영한다. 이후에는 언어과제를 수행하는 동안 촬영했던 뇌 영상에서 통제과제를 수행하는 동안 촬영되었던 뇌 영상을 제거한 후에 남은 뇌 영상 자료를 얻는다. 그리고 나머지 뇌 영상이 어느 영역인지를 찾는 연구 방법이다. 즉 기본적으로 fMRI에서는 가산적 연구 방법(additive method)을 사용하기보다는 감산적 연구 방법(subtractive method)을 주로 사용한다. 물론 이 때 중요한 것은 언어과제가 기존의 언어심리학 이론이나 결과에 비추어 볼 때 여러 종류의 변인이 잘 통제된 것이어야 하고 통제과제도 알아보고자 하는 언어정보처리과정 외에 다른 면에서는 실험과제와 유사한 것이어야 한다(Frackowiak, Friston, Frith, Dolan, & Mazziotta, 1997).

손상 뇌의 조직을 조사하여 뇌의 기능을 연구할 때에는 뇌 손상 환자가 죽은 후에야 뇌 영역과 언어 기능 간의 관련성을 조사할 수 있었다. 그러나 CT, MRI, PET, MEG 등이 개발된 이후에는 뇌를 직접 절개하지 않고서도 뇌의 영역을 조사할 수 있게 되었다. 일반적으로 CT는 MRI, PET, MEG 등에 비해 해상도가 떨어진다고(CT는 0.5 - 1cm 이상의 영역을 영상화할 수 있는 반면에 MRI는 0.1 mm 정도의 영역까지 영상화할 수 있다). MRI, PET는 MEG와 뇌 영상을 얻는 방법에서 기본적으로 차이가 있다. MRI나 PET은 신경계의 활동에 따른 혈류의 변화를 영상화하는 반면에 MEG는 직접 신경계의 전기 신호를 이용해서 대뇌 영역을 찍는다. 이런 특성 때문에 MEG는 정보처리의 진행을 millisecond 단위로 측정할 수 있는 반면에 MRI나 PET은 수초 간에 걸

쳐 일어나는 뇌의 변화를 측정할 수 있다.

MRI, PET, MEG를 이용한 연구 방법의 가장 큰 장점은 바로 언어기능과 관련된 뇌 영역을 직접적으로 거의 실시간적으로 조사할 수 있다는 것이다. 예를 들어 손상 뇌 연구에서는 환자가 잘 수행하지 못하는 기능상의 결점을 찾으려 노력하는 반면에 fMRI에서는 관심있는 변인을 직접 통제하여 그 변인이 영향을 주는 뇌 영역을 직접적으로 관찰한다. 또한 MEG 같은 경우에는 언어 정보처리가 일어나는 동안 활성화된 뇌 영역을 실시간적으로 조사할 수 있다. 이전의 실험심리 학적인 연구에서는 언어이해에 관련될 것으로 추정되는 행동 자료를 분석하여 뇌의 기능을 조사하려고 하는 반면에 뇌 영상 기법에서는 그런 정보처리를 담당하는 대뇌 영역을 실시간적으로 직접 관찰할 수 있다.

그러나 뇌 영상 기법에서 늘 조심해야하는 것은 감산법(subtraction method)에 따른 결과 해석의 오류이다. 예를 들어 기존의 언어심리학 혹은 언어학의 이론에 따르면 실험 과제는 A, B, C로 이루어져 있을 것으로 추정되고 통제 과제는 A와 B로 이루어져있을 것으로 추정해서 C 기능과 관련된 뇌 영역을 조사한다고 생각해보자. 이런 경우에 흔히 실험 과제를 수행하는 동안 촬영된 뇌 영상에서 통제과제를 수행하는 동안 활성화된 뇌 영상을 감산한 영역을 구하고 감산 후 남은 영역이 C 기능과 관련된 영역으로 추론한다. 이런 경우에 실험 과제와 통제 과제를 구성한 논리가 기존의 이론적 배경에서 추론했을지라도 실험과제와 통제 과제에 포함된 기능들이 가정된 것만 포함된 것인지 아니면 다른 과정이 더 있는 것인지 확인할 방법이 없다는 것이다. 따라서 뇌 영상에 의한 연구 결과만을 가지고 어느 영역이 어떤 기능을 담당하고 있다고 확정적으로 결론짓기에는 어려움이 있다.

**대뇌자극법** 그림 4는 실제 살아 있는 사람의 뇌 일부를 보여주고 있다. 이런 수술을 시행하는 경우는 일반적으로 뇌종양을 제거하거나 간질 환자의 간질 유발 부위를 제거하기 위해서이다. 이런 종류의 신경 외과적 수술은 1940년대에 Penfield와 그의 동료들에 의해 처음으로 시도되었다. 그림 4는 간질이나 종양을 제거하기 전에 뇌 영역을 조사하기 위해 두뇌를 절개한 모습이다. 그림 4에 검은 선이 보이는데 이 선은 뇌 영역의 어느 부분이 병소인지를 표시하기 위한 기본 축을 표시하고 있다. 일반적으로 중요한 뇌 수술을 시행하기 전에 어느 부분이 어느 기능을 담당하고 있는지를 조사한다.

대뇌자극법 연구에서는 대뇌 부분에 직접적으로 약한 전류를 흘려서 그 부분의 기능을 일시적으로 마비시키거나 자극한 후에 어떤 인지과제를 잘 수행하지 못하는지 혹은 어떤 주관적 경험을 보고하는지를 조사하는 방식으로 진행된다. 일반적으로 뇌의 영역을 무선적으로 자극하지는 않고 기존에 알려진 영역을 중심으로 뇌기능을 조사한다. Penfield와 그의 동료들은 중심열(central sulcus) 주위를 자극하여 손과 발 등의 운동을 담당하는 뇌 영역과 감각 영역을 조사하였다(Penfield & Jasper, 1954). 대뇌 자극법의 장점은 바로 관련된

그림 4. 대뇌 자극법

뇌 영역을 자극하여 그 기능을 조사할 수 있다는 것이다. 다른 연구 방법들은 간접적인 측정치나 뇌 영상을 통하여 뇌 기능을 추론하는 반면에 대뇌 자극법은 대뇌 표면에 직접 자극하여 그 효과를 조사할 수 있다.

그러나 대뇌 자극법도 몇 가지의 단점을 가지고 있다. 첫 번째 단점은 대개 이런 연구에 참여하는 피험자는 대뇌 질환이 있어서 불가피하게 수술을 받아야 하는 사람이기 때문에, 대뇌 질환으로 인해 정상인의 뇌와는 다른 구조를 가지고 있을 가능성이 있다는 것이다. 뇌는 주어진 환경에 따라서 변화하기 때문에 종양이나 간질 등에 의해 뇌의 구조가 변할 수 있으며 이런 구조적인 변화로 인해 정상 뇌에서는 보이지 않는 현상을 나타낼 수 있다. 두 번째 단점은 일차적인 운동 피질과 감각 피질은 상당히 국소적으로 제한되어 있으나 다른 인지 기능들은 상황에 따라 변하는 경우가 많다는 것이다. 예를 들어 뇌의 어느 부분을 자극하면 예전의 사건이 기억난다고 하였다가 동일한 영역을 후에 자극하면 아무 일도 일어나지 않는 것처럼 반응이 없다. 더군다나 뇌의 많은 영역들을 자극해도 인상적인 어떤 현상을 일으키지 않는 경우가 허다하며 어떤 경우에는 뇌 자극에 따른 반응이 언어정보처리 혹은 인지 기능과 어떤 관련이 있는지를 정확하게 규명할 수 없는 경우가 많이 있다.

위에서 소개한 인지신경과학적 연구 방법 외에도 단일세포 측정법(single cell recording), 뇌 조직 분석, 뇌 발생학 등의 여러 가지 방법이 있으나 언어정보처리를 연구하는 영역에서는 위에서 소개한 방법들이 자주 사용된다. 어느 방법이든 완전한 방법은 없다. 경우에 따라서 한 방법이 다른 방법보다 유용하고 또 다른 경우에는 다른 방법이 더 적절하다. 이런 이유 때문에 한 가지 방법만을 가지고 인간의 언어정보처리 과정을 조

사하기 보다는 하나의 연구 문제를 해결하기 위해 여러 연구 방법을 이용하여 수렴적 연구 결과(converging evidence)를 추구하는 것이 더 바람직하다고 생각한다.

#### 언어 기능의 대뇌 표상

그림 5는 여러 연구 방법을 이용해 뇌 영역과 언어정보처리 과정과 어떤 관련이 있는지를 보여주고 있다. 이후의 절에서는 뇌의 언어관련 영역이 어디인지와 이들이 상호 연결되어 있는 방식을 간단히 설명할 것이다.

**대표적인 언어정보처리 영역** 1800년대 후기부터 실어증 환자를 대상으로 대뇌의 어느 부분에서 어떤 종류의 언어정보처리를 담당하는지에 대한 연구가 활발하게 진행되어 왔다. 그림 5에 제시된 결과는 위에서 간단히 기술한 여러 연구 방법으로 현재까지 연구된 언어정보처리와 관련된 좌뇌 피질 영역을 표시하고 있다. 대개 우뇌도 언어정보처리와 관련이 있지만 우뇌도 좌뇌와 기능이 유사한 점이 많기 때문에 본 논의에서는 좌뇌에 국한하여 뇌 영역과 관련된 언어정보처리

그림 5. 언어정보처리와 뇌

기능을 설명하겠다. 뇌의 각 영역을 번호로 표시하였는데 그 영역과 관련된 언어정보처리기능을 설명하면 다음과 같다.

1번 영역은 1, 2차 시각피질(primary and secondary visual cortex)로서 눈으로 들어온 시각정보가 시상의 외측슬상핵(lateral geniculate nucleus: LGN)을 거쳐 대뇌피질로 처음 도착하는 곳이다. 이 중 1차 시각피질은 Broadman area 17(BA 17)에 해당하는 영역으로 1차 청각 피질에 비해서 언어 이해를 위해 특정적으로 작용하지는 않는다. 그러나 병변 연구나 fMRI이나 PET 등을 통한 정상인 연구에서 좌측 후두측두경계부위 (BA 19)가 문자언어의 이해를 위한 특징적인 부위로 밝혀졌고 주로 낱글자나 단어 형태를 분석하고 단어로 인식한다 ((Petersen, Fox, Synder, & Raichle, 1990). 좌측 후두엽의 손상으로 순수 실독증(pure alexia) 또는 실서증이 없는 실독증(alexia without agraphia)이 발생할 수 있다(권미선, 박혜숙, 심현섭, 남기춘, 이재홍, 2000; 이동훈, 이홍재, 이은정, 문찬홍, 유재욱, 나동규, 남기춘, 2001; Damasio & Damasio, 1983; Frackowiak, Friston, Frith, Dolan, & Mazziotta, 1997).

2번 영역은 1차 청각피질(primary auditory cortex, BA 41, 42)로서 소리신호가 귀의 달팽이관을 통해 시상의 내측슬상핵(medial geniculate nucleus: MGN)을 거쳐 대뇌피질로 처음 도착하는 곳이다. 이 영역은 주위 소음으로부터 음성신호를 판별하고 각 언어단위에 포함된 하위 말소리 단위(예를 들면, 음소)를 지각하는 센터로 알려져 있다. 이 영역이 손상되면 말소리로 표현된 언어를 인식하지 못하는데 그 이유는 말소리 언어에 포함된 기본적인 음성 정보를 처리하지 못하기 때문이다 (Petersen, Fox, Synder, & Raichle, 1990).

1, 2번 영역을 통해 들어온 시각적 혹은 청각적 언어신호들은 3, 4, 5, 6번과 같은 보다 고차원적인 처리 영역들로 확산해간다. 3번 영역은

외측측두피질(lateral medial temporal cortex)로서 이 영역은 문자로 표현된 단어를 인식하는 기능과 그 단어와 관련된 의미정보처리가 이루어지는 부분인 것 같다. 특히 관심이 가는 영역으로 측두엽과 후두엽의 경계 부분에 위치하고 있는 방추상회(fusiform gyrus)는 얼굴인식(face recognition)과 관련된 처리영역으로 보고 되기도 하며, 한자와 같은 표의 문자, 즉 복잡한 글자형태에서 그 의미를 이끌어내는 과정이 필요한 문자체계를 처리하는 영역으로 본 연구실의 결과로 보고 되기도 하였다(권미선, 박혜숙, 심현섭, 남기춘, 이재홍, 2000; 이동훈, 이홍재, 이은정, 문찬홍, 유재욱, 나동규, 남기춘, 2001). 따라서 이 영역은 복잡한 형태정보에서 의미를 이끌어내는 처리가 이루어지는 영역으로 추측된다. 인근 영역으로 하측두엽(inferior temporal gyrus)와 중측두엽(middle temporal gyrus)또한 언어정보처리와 밀접한 관련을 맺고 있다. 이 두 영역은 고유명사(예를 들어 “철수”라는 사람의 이름)와 보통 명사(예를 들어 “책상”과 같은 사물에 대한 이름)에 각각 특정한 반응을 하는 영역으로 보고 되기도 하였다(Damasio & Damasio, 1983).

3, 4, 5영역은 어휘의 음운, 철자, 의미 정보처리와 관련이 있다. 그러나 이 영역들과 관련하여 어휘 의미 이해에 대해서는 여러 논쟁들이 있다. 첫째는 실어증 환자에서 보이는 의미 손상이 단어 그 자체에 대한 의미를 잃어버리는 것인지 아니면 단순히 의미 접근에 문제가 있는가 하는 점이다. 단어나 문맥 상황에서도 언제나 이해가 되지 않는 단어가 있다면 의미 이해의 어려움이 그 단어에 대한 의미의 상실로 생각할 수 있으나, 문맥에 따라 다양하게 이해하는 정도가 달라진다면 그 단어의 의미에의 접근에 문제가 있는 것으로 생각할 수 있다. 그러나 대부분의 환자들은 이런 두 가지 양상의 복합형태로 많이 나타난다.

좌측 측두엽의 언어기능에 관한 연구에서 외측 하측두엽의 손상이 클수록(BA 22,37,40) 그 단어의 의미 손상이 심하게 나타난다. 즉 단어 형태 (lexical form)로부터 의미를 유출하는 것이 어렵다 (Alexander, Hiltbrunner, & Fischer, 1989). 정상인을 대상으로 어휘-의미 과제 (lexical-semantic task)를 시행하였을 때 좌측 측두엽의 넓은 부분이 활성화되었다.

두 번째 논쟁은 의미 범주에 관한 것이다. 좌측 측두엽은 명사, 동사, 수식어(modifier)등과 같은 내용어(content word)의 이해(comprehension)과 산출(production)에 매우 중요하다. 그런데 이 측두엽 안에는 내용어의 분류에 따라 각 단어의 영역이 분리되어 분포하고 있다고 한다. 생물과 관련된 단어들(animate object)은 하측두엽의 연합피질에, 무생물과 관련된 단어들(inanimate object)은 측두두정엽의 경계부위에 위치하는 것으로 보고 된다 (Damasio, Gabowski, Tranel, Hichwa, & Damasio, 1996). 이런 단어 범주에 따른 뇌 영역의 차이는 각 범주의 특징과 관련되어 생각할 수 있다. 즉, 생물 관련 대상들은 주로 시지각적 특징에 주로 의존하고 무생물 관련 대상들은 운동, 촉감 및 움직임과 같은 특징들과 관련되어진다. 이와 비슷하게 대상이나 개념을 나타내는 명사는 측두엽에, 행동을 나타내는 동사들은 전두엽과 일부 측두엽에 분포하는 것과 같이 품사에 따라 다르게 뇌 영역에 분포하는 것으로 알려져 있다. 정상인을 대상으로 외부 자극에 대한 단어 생성 즉 그림명명과제를 시행하였을 때 측두엽이 특징적으로 활성화되었고 자발적으로 단어를 생성한 경우에는 좌측 전두엽 배측 및 외측 부위가 활성화되었다(Smith Andersen, Chen, Blonder, Kirsh, & Avison, 1996).

4번 베르니케 영역(Wernicke area)은 여러 보고에서 알려져 있듯이 언어이해를 담당하는 영역으

로 알려져 있으며, 이 영역에 손상에 있는 경우에 이해성 실어증(Wernicke aphasia)이 나타나는 것으로 알려져 있다. 베르니케 영역이 손상될 경우, 단어이해도 문제가 생길 수 있지만, 주로 문장 이해에 어려움이 있는 것으로 보고 되고 있다. 최근에 발표된 연구 결과에 따르면, 문장 내에 포함되어 있는 단어의 의미를 촉발시키지 못하기 때문에 문장의 의미를 이해하지 못하기 보다는 문장을 구성하고 있는 여러 단어들의 의미를 조합하고 통합하여 문장의 뜻을 추출하는데 어려움이 있기 때문에 문장의 의미를 파악하지 못하는 것으로 보고 되고 있다(Swinney, Prather, & Love, 2000; Zurif & Swinney, 1994).

5번 영역은 일차 기능이 베르니케 영역과 언어 산출 센터인 브로카 영역을 연결해주는 영역이다. 구체적인 위치는 측두엽, 두정엽, 후두엽이 서로 만나는 위치이며 중요한 구조물로 모서리 위이랑(supramarginal gyrus)과 각회(angular gyrus)를 포함하는 영역이다. 5번 영역은 의미정보를 처리할 뿐만 아니라 단어의 음운정보와 철자정보를 처리하며, 음운정보와 철자정보의 상호관련성을 처리하는 부분으로 알려져 있기도 하다. 본 연구실의 fMRI를 이용한 연구 결과(이동훈, 이홍재, 이은정, 문찬홍, 유재욱, 나동규, 남기춘, 2001)와 이경민(1998) 연구 결과에 따르면, 앞서 말한 3번 영역에 있는 방추상회(fusiform)가 한자와 같은 표의문자를 처리할 때 높은 반응을 보인 것에 비해, 한글과 같은 표음문자 단어를 처리할 때, 더 높은 반응을 보인 곳이 바로 5번 영역에 있는 모서리위이랑(supramarginal gyrus)이기도 하다. 아마도 앞에서 논의한 방추상회와 5번 영역의 결과를 종합하면 방추상회는 문자의 모양과 의미가 직접 관련되어 있는 표의 문자를 처리하는 센터인 것 같고 5번 영역은 철자가 말소리를 표현하도록 고안된 한글과 같은 문자를 처리하는

센터인 것으로 추정된다. 뇌 손상 연구에서도 이 부분이 손상되면 목표단어를 구성한 음소들 중에 일부가 다른 단어로 대체되거나 생략되거나 더해지거나 음소들이 서로 뒤바뀌는 음운착어(phonemic paraphasia) 현상이 나타난다고 한다. 또한 이 부분은 청각 어휘 단기 기억(auditory verbal short-term memory)과 관련이 있는 것으로 알려져 있다(Paulesu, Frith, & Frackowiack, 1993). 이 기억은 주로 들은 것을 즉시 따라하거나 받아쓰는 과정에 필요하다. 그래서 이 부분에 손상을 입으면 음운 착어뿐만 아니라 잘 따라 말하지 못하는 전도실어증(conduction aphasia)이나 받아쓰기를 잘하지 못하는 음운 실서증(phonologic agraphia)이 나타나게 된다(Damasio & Damasio, 1980).

대개 지금까지 논의된 영역들은 언어이해와 관련된 부분들이다. 이제부터 논의될 영역들은 대개 언어산출과 관련된 영역이다. 8번 영역은 보조운동영역(supplementary motor area: SMA)과 전운동피질(premotor cortex)이다. 잘 알려진 것처럼 이 영역들은 운동 계획과 관련이 있는 영역이다. 따라서 언어와 관련해서도 자발적 발화라든지 조음을 통제하는 센터인데 실제 운동을 실행한다기 보다는 말소리 산출을 계획하고 소뇌와 같은 하위 운동 관련 영역을 통제하는 기능을 수행하는 것 같다. 뇌 손상 연구에서 보조운동영역과 전대상회전(anterior cingulate gyrus)을 포함한 내측 전두엽이 손상된 경우 무언증(mutism)이나 초피질운동실어증 등이 발생하는 것으로 알려져 있다(Freedman, Alexander, & Naeser, 1984). 또한 관련된 영역으로 9번 영역은 소뇌(cerebellum)인데 이 영역도 운동계획, 발화 계획, 조음기관 통제 등을 수행하는 기관으로 알려져 있다.

6번 영역은 브로카 영역(Broca's area)인데 베르니케 영역과 함께 오래 전부터 언어중추로 알려져 있는 영역이다. 이 영역에 손상을 입게 되면

일차적인 증상으로 전보식 문장을 발화하며, 말이 어눌해지고 비문법적인 문장을 산출한다고 알려져 있다. 근래에 들어 브로카 영역의 손상은 문장을 이해하는데 있어서도 어려움을 유발하는 것으로 보고 되었다. 특히 문법적 기능어미(grammatical affix)나 한국어의 접사를 처리하는데 어려움이 있고 이로 인해 문장의 뜻을 정확하게 파악하지 못하는 것 같다. 또한 베르니케 영역에 손상이 있는 실어증환자와 비교해 볼 때 브로카 영역 손상 실어증 환자는 단어의 관련된 의미를 촉발시키는데 매우 느리고 이런 이유로 정상인처럼 실시간적으로 문장을 이해하지 못한다고도 한다(Swinney, Prather, & Love, 2000; Whittaker, 1997; Zurif & Swinney, 1994). 브로카실어증 환자가 내용을 산출하고 이해하는 데에는 큰 어려움이 없고 단지 문장을 산출하거나 문장을 이해하는데 어려움을 가지는 것으로 보아서 문법 기능을 담당하는 영역으로도 생각이 된다. 그러나 근래에는 브로카 영역에 문법 지식이 저장되어 있는 것이 아니고 브로카 영역이 여러 정보를 모아서 통합하고 시행하는 기관이라는 것이다. 문법을 다루는 일은 어휘의 품사, 어휘의 의미, 용례, 문장 내에서의 역할 등의 다양한 정보를 분석하고 통합하는 것이다. 따라서 브로카 영역이 손상된 경우에는 이런 통합 기능에 어려움을 갖기 때문에 문장의 산출은 물론이고 이해에도 어려움이 있다는 설명이다. 그러나 현재까지의 연구 결과로는 어느 설명이 옳은지를 결정할 수 없다. 다만 분명한 것은 브로카 영역이 문법 정보처리를 담당하고 있다는 것이다(Whittaker, 1997; Zurif & Swinney, 1994). 언어정보처리뿐만 아니라 다른 인지과정과 밀접한 연관을 맺고 있는 영역이 7번 영역(dorsolateral prefrontal area)이다. 이 영역은 주의, 과제 수행 계획과 역할 수행 분담, 정보 선택 등의 상위 인지과정을 담당하는 영역이다. 아마

도 여러 종류의 인지과제를 총괄적으로 관리하고 조직하는 영역인 것 같다. 따라서 언어정보처리에 있어서도 모든 문장의 뜻을 통합하기도 하고 상황에 맞는 문장 산출을 계획하고 관리하는 영역으로 추측되나, 이 영역만 손상된다고 전형적인 실어증의 증상이 나타나지는 않는 것으로 보아서 직접적으로 언어정보처리와 관련되어 있는 것 같지는 않다.

앞에서는 주로 피질 영역에 관련된 것이었다. 1970년대 뇌 전산화단층촬영 기술의 발달과 함께 피질하 병변(subcortical lesion)에 의한 실어증에 관한 많은 연구들이 진행되면서 언어 기능에 있어서 기저핵(basal ganglia)과 시상(thalamus)을 포함한 피질하 구조들의 역할에 대한 많은 이론들이 제안되었다. 이중 Alexander 등(Alexander, Naeser, & Palmubo, 1987)은 기저핵 자체보다는 백질을 통한 경로가 피질하 실어증의 발생에 중요하다고 하였고 Crosson(1985)은 기저핵이 언어 요소들의 실제적인 형성에 관여하기 보다 피질에서 생성된 언어 요소들의 방출을 조절한다고 하였다. Wallesch 등(Wallesch & Papagno, 1988)은 기저핵이 피질에서 생성된 많은 어휘들 중 가장 적절한 것을 선택하는데 참여한다고 하였다. Ullman(1997)은 전두엽과 함께 기저핵은 명백한 문법적 지식을 나타내기 보다 문법적인 과정을 지원한다고 제안하였다. Nadaeu와 Crosson (1997)은 지금까지 피질하 실어증에 대해 연구하였던 논문들을 분석, 종합하여 시상을 침범하지 않은 기저핵 병변으로 인한 실어증의 기전은 시상과의 단절(thalamic disconnection)과 일시적이거나 영구적인 피질의 기능장애가 함께 작용한다고 보고하였다.

실어증 연구에서 기저핵에 대한 관심과 함께 시상의 기능에 대해서도 많은 논란이 있다. Ojemann(1983)은 시상이 언어 기능을 촉진하는 주의 기전 (attentional mechanisms subserving language)

에 작용한다고 제안하였고, Penfield 등(1959)은 통합 언어 기능에 작용 (integrative language functions) 한다고 기술하였다. 또한 Schaltenbrand(1975)는 시상이 형성된 언어 패턴(prefomed speech patterns)의 방출과 억제를 조절한다고 하였으며, Crosson (1985)은 초기에 시상이 기저핵 조절 활동에 작용하는 것뿐만 아니라 언어 형성과 언어 해독 센터 사이에서 의미적인 되먹임기제(semantic feedback)에 작용한다고 하였다. 그 후 그는 시상이 언어의 선택적 진입기전(selective engagement)에 중요하게 작용한다고 제안하였다(Crosson, 1999; Nadaeu & Crosson, 1997).

이와 같은 최근 연구들에 기초하여 Kandel과 그의 동료들은 언어정보처리시스템을 다음과 같이 크게 세 그룹으로 나누어서 설명할 수 있다고 제안하였다(Kandel, Schwartz, & Jessell, 2000). (1) 언어실행시스템(language implementation system)에 포함된 영역은 브로카와 베르니케 영역뿐만 아니라 도 피질(insular cortex)의 특정 영역과 기저핵이 포함된다. 이 시스템은 개념적 지식을 활성화시키기 위하여 들어온 청각신호를 분석하고 조음을 조절할 뿐만 아니라 음운과 문법적 구성을 이루는 부분이다. (2) 조정시스템(mediational system)에는 좌측 측두엽, 두정엽, 전두엽의 연합피질이 포함되며 주로 언어실행시스템과 제 3 시스템인 개념시스템(conceptual system) 사이를 조절해주는 역할을 담당하게 된다. (3) 개념시스템(conceptual system)은 나머지 상위연합피질(higher-order association area)에 분포되어 있는 지역으로 개념적 정보나 지식을 공급해주는 역할을 한다고 하였다.

## 인지신경기반 언어정보처리의 활용과 응용

이제 논의의 마지막 부분으로 언어와 뇌 연구

가 어떻게 사용될 수 있을지에 대해 필자의 의견을 논하고자 한다. 첫 번째로 언어와 뇌의 관련성을 연구하는 것은 기존에 존재하는 언어학, 언어심리학, 인지심리학 등의 이론이나 모형을 검증하고 수정하여 더 설명력이 높은 이론적 체계를 개발하는데 도움이 된다. 예를 들어 언어심리학 분야에서 문자에 따라 단어 인식이 다른 방법으로 이루어지는지 아니면 동일한 방법으로 이루어지는지에 대한 연구 가설이 있다. fMRI나 난독증 환자의 사례 연구에서 문자의 특성에 따라 뇌의 다른 부위가 활성화된다는 결과를 보여주는데 이는 문자의 구조가 다르면 그 문자로 쓰인 단어를 인식하는 방법이 달라진다는 가설을 강력하게 지지한다.

두 번째로 이런 연구 결과는 언어 교육과 언어학습에 대한 단서를 제공할 수 있다. 예를 들어 외국어를 능숙하게 구사하는 이중언어자와 능숙하게 사용하지 못하는 이중언어자를 대상으로 문장이해 혹은 산출과 관련된 뇌 영역을 조사하면 숙련도에 따른 외국어 처리의 차이점이 발견될 수 있다. 뇌 영역에서의 이런 차이점을 기반으로 하여 외국어 학습 방법을 개발하는 것은 매우 실질적이고 의미 있는 연구라고 생각된다.

세 번째로 언어와 뇌의 관련성 연구는 선천적 혹은 후천적으로 언어장애를 지니고 있는 사람들을 돕기 위해 사용될 수 있다. 특히 국내에는 이 분야의 기초연구가 미진한 상태라서 관련된 언어장애를 평가할 수 있는 이론적 토대나 자료가 매우 부족한 상태이다. 뇌 손상 영역과 그 영역이 담당하고 있는 언어정보처리 사이의 장애에 관한 관계성을 밝히는 것은 실어증환자의 평가 및 진료와 재활훈련 프로그램 개발에 매우 유용하게 사용될 것이다.

네 번째로 언어와 뇌의 관련성 연구는 컴퓨터로 언어나 정보를 처리하는 시스템을 개발하는데

단서를 제공할 수 있다. 예를 들어 기존의 형태소 분석 시스템은 모두 형태소 단위의 사전을 가지고 문장의 형태소를 분석하려고 시도하였다. 그러나 이런 방법은 형태소들간의 조합을 계산할 때 극도로 어려운 애매모호성이 발생된다. 인간을 대상으로 하는 연구 결과에 따르면 한국어의 형태소 분석은 형태소 단위로 이루어지지 않고 어절 단위로 이루어진다. 만일에 컴퓨터가 인간처럼 언어를 이해하려면 어절중심의 형태소분석 시스템이 개발되어야 할 것이다.

끝으로 1998년부터 시작된 뇌와 인지의 연구가 더욱더 활발하게 이루어져서 인간의 인지 기능과 뇌가 어떤 관련이 있는지를 밝히고 이런 연구 결과를 토대로 다양한 분야에서 유용하게 사용될 수 있기를 진심으로 기원한다.

## 참고문헌

- 권미선, 박혜숙, 심현섭, 남기춘, 이재홍(2000). 한국어 읽기의 dual system에 대한 고찰: 뇌 손상 후 한글에 선택적 장애를 보인 환자를 중심으로. 언어장애-침각장애의 다학문적 접근. 서울: 언어척각임상학회.
- 이동훈, 이홍재, 이은정, 문찬홍, 유재욱, 나동규, 남기춘(2001). 기능적 자기공명영상에 나타난 한글과 한자 단어재인의 차이, 언어척각장애 연구. 6(1). 105-130.
- 이경민(1998). 한글과 한자 읽기에 연관된 뇌 활성화 양상의 비교. 1998년도 한국 실험 및 인지심리학회 연차대회 논문집, 129-137.
- Albert, M. L., & Opler, L. K. (1978). *The bilingual brain*. New York: Academic Press.
- Alexander M.P., Hiltbrunner B, Fischer R. (1989). *Arch Neurol. The distributed anatomy of*

- transcortical sensory aphasia*. 46, 885-862.
- Alexander, M. P., Naeser, M. A., & Palumbo C. (1987). Correlations of subcortical CT lesion sites and aphasia profiles. *Brain*, 110, 961-991.
- Bloom, L., & Lahey, M. (1978). *Language development and language disorders*. New York: Wiley.
- Chantraine, Y., Joannette, Y., & Cardebat, D. (1998). Impairments of discourse-level representations and processes. In B. Stemmer & H. A. Whitaker (Eds.), *Handbook of neurolinguistics*, 262-275. San Diego: Academic Press.
- Chomsky, N. (1959). *A review of Skinner's verbal behavior*. The Hague: Mouton.
- Chomsky, N. (1965). *Aspects of the theory of syntax*. Cambridge: MIT Press.
- Crosson, B. (1999). Subcortical mechanisms in Language: Lexical-semantic mechanisms and the thalamus. *Brain Cognition*, 40, 414-438.
- Diamond, M., & Hopson, J. (1998). *Magic trees of mind*. Penguin Putnam Inc.: New York.
- Damasio A.R., & Damasio, H. (1983). The anatomic basis of pure alexia. *Neurology*, 33(12), 1573-1583.
- Damasio H, Damasio AR. (1980). The anatomical basis of conduction aphasia. *Brain*, 103, 337-350.
- Damasio. H., Grabowski. T. I., Tranel, D., Hichwa, R. D., & Damasio, A. R. (1996). A neural basis for lexical retrieval. *Nature*, 380, 499-505.
- Donchin, E., Ritter, W., & McCallum, W. C. (1978). Cognitive psychophysiology: The endogeneous components of the ERP. In E. Callaway, P. Tueting, & S. H. Koslow (Eds.). *Event-related potentials in man*. New York: Academy Press.
- Ellis, A. W., & Young, A. (1988). *Human cognitive neuropsychology*. Psychology Press.
- Freedman M, Alexander MP, Naeser MA. (1984). Anatomic basis of transcortical motor aphasia. *Neurology*, 34, 409-417.
- Fabbro, F., & Paradis, M. (1995). Differential impairments in four multilingual patients with subcortical lesions. In M. Paradis (Ed.). *Aspects of bilingual aphasia*, 139-176. Oxford, UK: Pergamon Press.
- Firth, C. D.(1997). Linking Brain and Behaviour. In R. S. I. Frackowiak (Ed.). *Human Brain Function*. London: Academic Press.
- Fodor, J. A. (1983). *The modularity of mind: An essay on faculty psychology*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Frackowiak, R. S. J., Friston, K. J., Frith, C. D., Dolan, R. J., & Mazziotta, J. C. (1997). *Human brain mapping*. San Diego: Academic Press.
- Garfield, J. L. (1989). *Modularity in knowledge representation and natural-language understanding*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B., & Mangun, G. R. (1998). *Cognitive Neuroscience : The biology of the mind*. W.W. London/NewYork: Norton & Company.
- Geschwind, N. (1965). Disconnection syndromes in animals and man. *Brain*, 88, 237-294.
- Gleitman, L., & Wanner, E. (1982). Language acquisition: *The state of the art*. In E. Wanner and L. Gleitman (Eds.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Head, H. (1926). *Aphasia and kindred disorders of speech*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., & Jessell, T. M. (2000). *Principles of neural science*. 4th ed, New

- York, McGraw-Hill, 1169-1187.
- Kim, K. H. S., Relkin, N. R., Lee, K. M., & Hirsch, J. (1997). Distinct cortical areas associated with native and second languages. *Nature*, 388, 171-174.
- Kutas, M., & Van Patten, C. (1994). Psycholinguistics electrified: Event-related potential investigations. In M. A. Gernsbacher (Eds.), *Handbook of psycholinguistics*. Academic Press.
- Nadeau, S. E., & Crosson, B. (1997). Subcortical aphasia. *Brain and Language*, 58, 355-402.
- Nam, K. C. (1995). Korean word recognition: Are different orthographies recognized differently? Unpublished doctoral dissertation, University of Texas at Austin.
- Newport, E. (1990). Maturation constraints on language learning. *Cognitive Science*, 14, 11-28.
- Ojemann, G. A. (1983). Brain organization for language from the perspective of electrical stimulation mapping. *Behavioral and Brain Sciences*, 6, 189-230.
- Paulesu E, Frith C. D., Frackowiack, R. S. J. (1993). The neural correlates of the verbal component of working memory. *Nature*, 362, 342-345.
- Penfield, W., & Jaspers, H. (1954). *Epilepsy and the functional anatomy of the human brain*. Boston: Little and Brown.
- Penfield, W., & Roberts, L. (1959). *Speech and brain mechanisms*. Princeton, NJ: Princeton Univ. Press.
- Petersen, S. E., Fox, P. T., Snyder, A. Z., & Raichle, M. E. (1990). Activation of extrastriate and frontal cortical areas by visual words and word-like stimuli. *Science*, 249, 1041-10.
- Pinker, S. (1994). *The language instinct: How the mind creates language*. New York: HarperPerennial.
- Renault, B., Kutas, M., Coles, M. G. H., & Gaillard, A. W. K. (1989). *Event related potential investigations of cognition*. Amsterdam: Northholland.
- Rugg, M., & Coles, M. G. H. (1995). *Electrophysiology of mind: Event-related brain potentials and cognition*. Oxford: Oxford University Press.
- Schaltenbrand, G. (1975). The effects on speech and language of stereotactical stimulation in thalamus and corpus callosum. *Brain and Language*, 2(1), 70-77.
- Smith, C. D., Andersen, A. H., Chen, Q., Blonder, L. X., Kirsch J. E., & Avison, M. J. (1996). cortical activation in confrontation naming. *Neuroreport*, 3, 781-785.
- Swinney, D., Prather, P., & Love, T. (2000). *The time-course of lexical access and the role of context: Converging evidence from normal and aphasic processing*. In Y. Grodzinsky, L. Shapiro, and D. Swinney (Eds.), *Language and the brain: Representation and processing*. San Diego: Academic Press.
- Grodzinsky, L. Shapiro, D. Swinney (Eds.). *Language and the brain: Representation processing*. San Diego: Academic Press.
- Wallesch, C. W., & Papagno. C. (1988). Subcortical aphasia In Rose, F.C., Whurr, R. & Wyke, M.A. (Eds.), *Aphasia*. London Whurr. 256-287.
- Whitaker, H. A. (1997). *Agrammatism*. San Diego: Singular Publishing Group, INC.
- Zurif, E., & Swinney, D. (1994). *The neuropsychology of language*. In M. A. Gernbacher (Eds.), *Handbook of psycholinguistics*. Orlando, FL: Academic Press.

## Brain regions related to human language information processing

Kichun Nam

Department of psychology,  
Korea University

Donghyee Kim

Department of rehabilitation medicine,  
Korea University

To use language is a unique ability in human being. It seems that people have innate language abilities and these abilities develop depending on which linguistic environments that people are exposed to. The relation of human language abilities and brain regions is discussed in this article. Human brain appears to consist of the store of linguistic input and knowledge and comprehension and production systems. We assume that the anterior part of brain is involved in producing and figuring out the intention of speakers. The posterior part of brain is involved in storing and processing language information. It is important to define how brain processes language information for fundamental research and human welfare.

**Key words** language information processing, brain region, language comprehension, language production

원고접수 : 2002. 12. 1.

최종게재결정 : 2002. 12. 22.

인간언어 정보처리와 관련된 대뇌 영역(남기춘 · 김동휘)

KCS I