

# fMRI에 반영된 다중언어화자의 L1, L2, L3 어휘 정보처리 특성과 대뇌 활성화 영역의 관련성<sup>1</sup>

남기춘\*, 이동훈\*, 오현금\*, 유재욱\*\*

\* 고려대학교 심리학과 \*\*서울삼성병원 영상의학과 성균관 대학교 의과대학

## Relations of multilingual's L1, L2, L3 lexical processing and cerebral activation areas in fMRI

Kichun Nam\*, Donghoon Lee\*, Hyun-Gum Oh\*, Jaeook Ryu\*\*

\* Department of Psychology, Korea University, \*\* Department of Radiology, Samsung Medical  
Center, College of Medicine, SungKyunkwan University

[kichun@korea.ac.kr](mailto:kichun@korea.ac.kr)

### 요약

본 연구에서는 기능적 자기공명 영상법(functional magnetic resonance imaging)을 이용하여, 한국어, 일어, 프랑스어, 영어 등 여러 언어를 구사할 수 있는 다중언어화자들을 대상으로 각 언어에 따른 대뇌 언어처리 과정을 알아보고, 그 처리과정이 해당언어의 유창성, 습득시기에 따라 어떻게 달라지는지를 알아보았다. 실험 결과, 언어처리에 있어 핵심적인 역할을 하는 것으로 보고되는 Broca 영역은 언어의 이해와 산출 과정에 모두 관계된 것으로 보이며, 언어의 산출과정에는 언어의 이해과정에 관계되는 영역외에 조음과정에 따른 영역의 활성화가 보고되었다. 또한 언어습득시기와 유창성에 따른 각 언어의 활성화를 살펴보면, 유창성이 높을수록 대뇌 활성화는 줄어들며, 유창성이 낮은 언어조건에서는 언어처리 영역의 활성화 수준이 높아지며 또한 우반구 및 전전두회(prefrontal gyrus)의 활성화가 높아지는 것이 보인다.

국제간 교류의 증대 및 정보 통신의 발달로 세계는 문자 그대로 지구촌화 되어가고 있다. 한 사람이 구사할 수 있는 언어의 수는 다른 지역의 문화와 사람을 이해할 수 있는 능력으로 직결된다. 이중언어화자(bilingual) 혹은 다중언어화자(multilingual)는 모국어 이외에 한 가지 혹은 두 가지 이상의 언어를 구사할 수 있는 사람을 말한다. 여러 언어를 구사할 경우, 그 언어처리 과정

은 보다 복잡할 것이다.

언어처리 과정은 크게 해당 언어를 이해하는 측면과 산출하는 측면으로 나누어 볼 수 있다. 언어를 이해하고 산출하는 과정은 세부적인 여러 처리과정을 거쳐야 한다. 이러한 세부적인 처리과정은 언어의 이해와 산출에 있어 일부는 공유될 것이고, 일부는 독립적일 것이다. 이렇듯 복잡한 처리과정으로 이루어지는 언어를 여러 개 구사할 수 있는 사람의 경우, 이에 따른 처리는 어떠한가? 각각의 언어를 처리하는 과정은 동일한가? 아니면 거의 공통적으로 처리할까? 이러한 질문에 대한 해답은 그리 간단하지 않다. 왜냐하면, 한 사람이 여러 언어를 구사할 경우, 이에 따른 대뇌 처리과정은 여러

<sup>1</sup> 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2000-00407) 지원으로 수행되었음.

가지 요인들이 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 구사하는 해당 언어를 언제 어떻게 습득하였는가 하는 습득시기(acquisition period), 해당 언어에 대한 유창성(fluency), 언어적 특성 등이 그것이다(Gorden, 2000). 본 연구에서는 기능적 자기공명 영상법(functional magnetic resonance imaging)을 이용하여, 한국어, 일어, 프랑스어, 영어 등 여러 언어를 구사할 수 있는 다중언어화자들을 대상으로 각 언어에 따른 대뇌 언어처리 과정을 알아보고, 그 처리과정이 해당언어의 유창성, 습득시기에 따라 어떻게 달라지는지를 알아보았다.

## 실험 1 : 어휘판단과제

### 1. 1. 실험참가자

실험 1에서는 한국어, 영어, 불어를 구사할 수 있는 남녀 7명, 한국어, 영어, 일어를 구사할 수 있는 남자 3명, 한국어, 영어, 독일어를 구사할 수 있는 남자 1명이 실험에 참가하였다. 실험참가자들은 실험에 들어가기 전에 준비된 설문지를 통해 해당언어를 접한 처음 접한 시기와 유창성에 대해 자기평가(self rating) 점수를 보고하였으며, 또한 이들에 대해 신경심리검사(Oldfield, 1971)를 이용하여 손잡이 여부를 판단하였는데, 전원 오른손잡이로 판단되었으며, 질문을 통해, 신경학적인 이상이 없음을 확인하였다.

### 1. 2. 실험설계 및 자극

영상 획득은 자기공명영상 장치 외부에서 Project를 사용하여 시각적으로 제시하는 화면(slide)을 보며 실험참가자가 과제를 수행하는 동안 이루어졌다. 자극 제시는 뇌 영상 연구에서 가장 기본적인 설계인 블록 설계(block design; box-car design)로서 통제 조건과 활성화 조건이 번갈아 제시되도록 구성하였다. 실험참가자가 수행해야 하는 과제는 통제 조건인 크기 판단 과제

(size decision task)와 활성화 조건인 어휘 판단 과제(lexical decision task)가 교대로 5번의 블록과 4번의 블록으로 구성되었으며, 어휘 판단 과제에 쓰인 각 언어조건에 따라 세 번의 시행이 진행되었다. 각 조건은 실험참가자에 따라 역균형화(counter-balancing)시켰다. 각 과제는 2초에 한번씩 제시되는 하나의 화면(slide)을 보고 자극이 제시되는 0.5초를 포함하여 다음 자극이 제시되기 전까지 판단하는 과정으로 이루어졌다. 크기판단과제는 실험참가자가 습득한 경험이 전혀 없는 언어인 아랍어로 좌우에 제시되는 두 글자의 크기를 마우스를 통해 같은지 틀린지를 판단하게 하였으며(예: 1. 2), 어휘판단과제는 화면에 제시되는 2음절의 낱말이 단어인지 아닌지를 판단하도록 하였다. 자극은 각 블록당 15개로 크기 판단의 경우, 75개가 제시되었으며, 어휘판단의 경우, 단어 30개, 비단어 30개가 무선적으로 섞여 총 60개 제시되었다.

### 1. 3. 영상획득과 자료분석

자기공명영상 장치는 서울 삼성병원 영상의학과에 있는 1.5T 초전도 자기공명영상 장치(GE medical system, Milwaukee, USA)를 사용하였다. 실험참가자가 헤드코일에 부착된 거울을 통해 외부에서 Projector를 사용하여 제시하는 시각적인 자극을 보며 과제를 수행하는 동안 EPI-BOLD(Echo Planner Imaging-Blood Oxygen Level Dependent)기법을 사용하여 영상을 획득하였다(TR/TE 3000/60msec, 64×64Matrix, FOV 24×24cm, flip angle 90°). 영상은 전교련과 후교련을 연장한 AC-PC line을 기준으로 뇌의 아래에서부터 위로 횡단면 20절편(slices)으로 구성된 체적 영상(volume image)을 매 3초마다 획득하였다. 각 실험조건마다 체적 영상은 228초(3초×94 phases)동안 모조 영상 4개(phases)를 포함하여 총 94개(phases)를 얻었다.

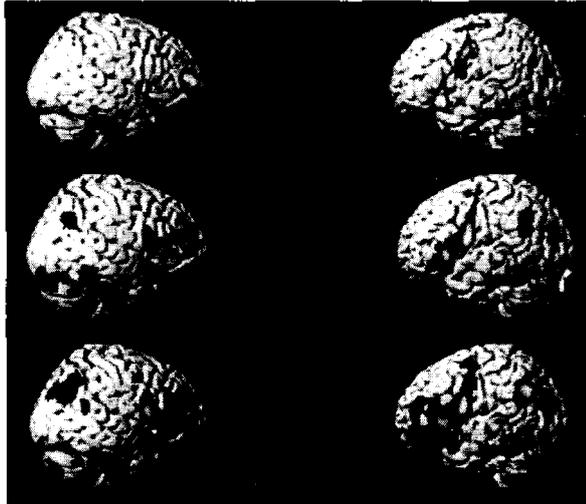


그림 1 크기판단에 비해 어휘판단에서 우세한 활성화 신호를 보인 영역, 상단은 한국어 조건, 중단은 불어 조건, 하단은 영어 조건이며, 좌측그림은 우반구를 나타내며, 우측 그림은 좌반구를 나타낸다.

영상 데이터 분석은 SPM99를 off line으로 이용하여, 통계분석 전처리 과정으로, realignment, coregister smoothing, normalization 과정을 수행하였다. 이렇게 준비된 각 실험참가자의 체적 영상(volume data 혹은 image)들에 대한 통계분석은 실험 시 자극을 주었던 조건을 대상으로 일반 선형 모형(general linear model)에 기초한 모수 추정(parameters estimation)을 수행하였다. 실험참가자의 개별 데이터는 고정효과모델(fixed effect model)에 기초하여, 각 조건에 대해 t-test를 실시하였으며, 일정한 유의수준(uncorrected  $p < .001$ )을 역치(threshold)로 하여 각 자극 조건에 따른 영상을 확인하였다.

#### 1. 4. 결과

실험 결과, 대뇌 언어 처리영역으로 알려진 Broca 영역(BA 44, 45), SMG, fusiform gyrus 등의 영역에서 활성화가 나타났으며, 언어습득시기와 유창성에 따라 대뇌 활성화 정도가 달라지는 것을 알 수 있다. 그림 1에서는 한국어, 영어, 프랑스어를 구사하는 만 19세의 여

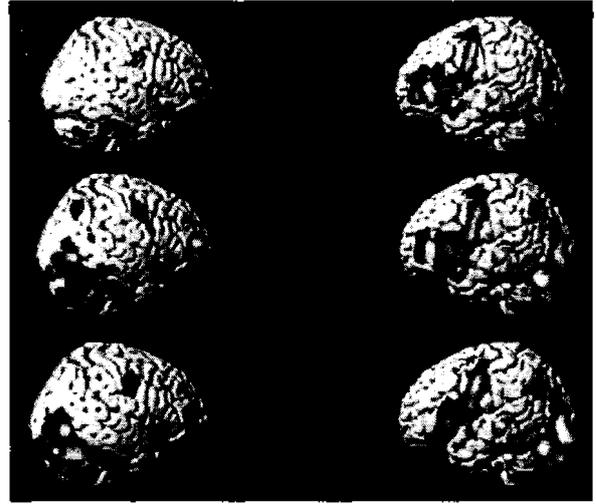


그림 2 통제 그림자극에 비해 그림 명명과제에서 우세한 활성화 신호를 보인 영역, 상단은 한국어 조건, 중단은 불어 조건, 하단은 영어 조건이며, 좌측그림은 우반구를 나타내며, 우측 그림은 좌반구를 나타낸다.

성으로, 이 여성의 경우, 모국어는 한국어이며, 프랑스어를 생애 초기부터 습득하였다. 영어는 프랑스어보다 늦게 습득하였고, 자신이 평가한 유창성도 영어가 가장 낮은 것으로 보고되었다.

#### 실험 2: 그림명명과제

실험 참가자는 실험 1과 동일하며, 영상획득과 자료분석과정도 동일한 과정을 통해 분석하였다.

##### 2. 1. 실험설계 및 자극

영상획득 방법은 실험 1과 동일하며, 통제조건은 무의미한 도형을 보는 것이며, 실험조건은 라인 드로잉된 그림을 보고 각각의 언어로 그림의 이름을 속으로 되뇌이는 것이었다.

##### 2. 2. 결과

실험 1의 결과에서 보고된 대뇌 언어처리 영역으로 Broca 영역(BA 44, 45)외에 언어산출에 관계된 영역으

로는 조음과정과 관련된 좌전중회(left precentral gyrus, BA 6), 소뇌 활성화가 나타났으며, 그림 자극에 따른 우반구 선조외피질(right extrastriate cortex, BA 19)의 활성화가 두드러졌다. 그림 2에서 보이는 대뇌활성화는 실험 1의 결과에 보고된 동일한 실험참가자의 실험 2에 따른 영상이다.

## 종합논의

다중언어화자의 대뇌 언어처리는 구사하는 언어의 습득 시기와 유창성에 따라 달라진다. 그러나 1세기 전 대뇌 언어처리를 연구했던 연구자들은 각각의 언어에 따른 영역이 구별된다고 생각하였으나(Albert & Obler, 1978), 현재의 많은 연구자들은 초기의 가설을 부정하고, 한 사람이 두 언어를 구사한다고 해서 두 언어를 처리하는 뇌 영역이 따로 존재하는 것이 아니라 공통적인 언어처리 영역에서 처리된다는 결론에 어느 정도 합의의 도출하고 있다(Chee et al., 1999a, 1999b; 2000; Hernandez et al., 2000; Illes et al., 1999; Klein et al., 1999). 그러나 구사하는 언어의 습득시기, 유창성에 따라 언어처리 영역의 활성화 수준이 달라지며, 또한 구사하는 언어의 난이도에 따라 우반구 또는 전전두영역의 처리가 더해지는 것으로 보인다.

본 실험의 결과를 보면, 언어처리에 있어 핵심적인 역할을 하는 것으로 보고되는 Broca 영역은 언어의 이해와 산출 과정에 모두 관계된 것으로 보이며, 언어의 산출과정에는 언어의 이해과정에 관계되는 영역외에 조음 과정에 따른 영역의 활성화가 보고되었다. 또한 언어습득시기와 유창성에 따른 각 언어의 활성화를 살펴보면, 유창성이 높을수록 대뇌 활성화는 줄어들며, 유창성이 낮은 언어조건에서는 언어처리 영역의 활성화 수준이 높아지는 것 외에 우반구 활성화가 높아지는 것이 보인다.

## 참고문헌

Albert, M. L., & Obler, L. K. (1978). The bilingual

brain. New York: Academic Press. Chantraine, Y., Joannette, Y., & Cardebat, D. (1998). Impairments of discourse-level representations and processes. In B. Stemmer & H. A. Whitaker (Eds.), *Handbook of neurolinguistics* (pp. 262-275). San Diego: Academic Press.

Chee, M. W. L., Caplan, D., Soon, C. S., Sriram, N., Tan, E. W. L., Thiel, T., & Weekes, B. (1999). Processing of visually presented sentences in Mandarin and English studies with fMRI. *Neuron*, 23, 127-137.

Chee, M. W. L., Tan, E. W. L., & Thiel, T. (1999). Mandarin and English single word processing studied with functional magnetic resonance imaging. *The Journal of Neuroscience*, 19, 3050-3056.

Chee, M. W. L., Weeks B., Lee K. M. & Soon C. S. (2000) Overlap and Dissociation of Semantic Processing of Chinese Characters, English Words, and Pictures: Evidence from fMRI. *NeuroImage*, 12, 392-403.

Illes, J., Francis, W. S., Desmond, J. E., Gabrieli, J. D. E., 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.

Gordon N. (2000). The acquisition of a second language. *European Journal of Paediatric Neurology*, 4, pp.3-7.

Klein, D., Milner, B., Zatorre, R. J., Zhao, V., & Nikelski, J. (1999). Cerebral organization in bilinguals: A PET study of Chinese-English verb generation. *NeuroReport*, 10, 2841-2846.

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.