

모국어와 외국어 어휘 산출과 언어 switch 에 따른 뇌 활성화 영역*

남기춘*, 이동훈*, 김동휘**, 문양호***

*고려대학교 심리학과

** 고려대학교 구로병원 재활의학과

***육군사관학교 심리학과

Brain activation areas associated with L1 and L2 vocabulary retrieval and language switching

*Department of Psychology, Korea University

**Department of Rehabilitation medicine, Korea University Gu-Ro Hospital

***Department of Psychology, Korea Military Academy

요 약

본 연구에서는 한국사람이 모국어인 한국어 단어를 산출할 때와 외국어인 영어 단어를 산출할 때 관여하는 대뇌 영역을 fMRI 를 통해 조사하였다. 또한, 단일 언어를 산출할 때와 두 언어를 수시로 바꾸어서 인출할 때 관련되는 뇌 영역이 어디인지를 조사하였다. 실험에 참가한 피험자는 외국어를 공식적인 교육을 통해 12 세 근처에서 배우기 시작한 대학생이었다. 흔히 분류하는 방식으로 late learner 로 구분되는 학생들이었다. 한 피험자가 세 종류의 실험 모두에 참여하였다. 피험자의 실험과제는 그림을 보고 그림에 해당되는 이름을 인출하여 말하는 과제였다. 실험 1, 2, 3 모두에서 사건관련 fMRI(event-related fMRI) 기법을 사용하였다. 실험 1에서는 그림을 보고 그림 이름에 해당되는 한국어 어휘와 외래어 어휘를 산출하게 하였다. 언어관련 뇌영역인 Wernicke 영역, Broca 영역, SMA 영역, SMG 영역 등에서 유의미한 활성화가 있었다. 실험 2에서는 실험 1에서 사용하지 않았던 그림을 사용하여 그림의 영어 이름과 외래어 이름을 인출하게 하였다. 외국어인 영어 단어를 산출할 때에도 모국어 단어를 산출할 때와 유사한 영역이 활성화되었다. 특히 외래어 산출 시에는 뇌 활성화 영역이 모국어와 영어 단어 산출할 때와 모국어 산출할 때 활성화되는 공통 영역이 활성화되었다. 모국어 산출과 영어 단어 산출의 차이점은 외국어 산출 시에 활성화 영역이 전반적으로 더 컸다는 것과 외국어 단어 산출 시에 Broca 영역보다 조금 밑쪽에서 그리고 모국어 단어 산출시에는 전전두엽 영역에서 더 많은 활성화가 있었다. 실험 3에서도 실험 1 과 실험 2 에 사용하지 않았던 그림을 사용하였다. 실험 3 의 특이한 결과는 언어 switching 이 있는 경우에 전통적인 언어 영역 활성화 외에 전전두엽의 활성화가 컸다는 것이다. 아마도 언어를 바꾸어 가면서 단어를 산출하는 것이 전전두엽의 정보선택과정에 많은 영향을 주었던 것으로 해석된다. 전체적으로 어휘 산출 시에 모국어 어휘, 외국어 어휘, 외래어 등을 산출할 때 공통되는 언어 영역과 언어 특성적 영역이 활성화된다고 결론지을 수 있을 것 같다.

1. 서론

뇌 손상 후 보이는 이중언어화자의 실어증

증세는 그 회복패턴의 다양함 뿐만 아니라,

이중언어화자만의 독특한 증상을 보여 주목을 받

* 본 연구는 한국과학재단 특정목적기초연구 (R01-2000-00407)지원으로 수행되었음

아왔다. 전환(switching), 섞음(mixing) 등이 그것이다.

전환(switching)이란 뇌 손상 후 환자가 대화의 대상이 누구냐에 상관없이 모국어와 외국어를 번갈아서 사용하는 것을 말한다. 섞음(mixing)이란 전환이 문장을 번갈아 외국어 또는 모국어로 구사하는 것과 달리 한 문장 내에서 외국어와 모국어를 섞어서 구사하는 것을 말한다. 전환이나 섞음은 일반적인 이중언어화자가 보일 수 있는 행동이기도 하지만, 뇌 손상 후 환자는 상대방의 외국어 구사 여부와 상관없이 문장을 번갈아 말하거나, 문장을 외국어 또는 모국어를 섞어서 구사한다. 또한 하나의 언어로만 구사할 것을 요구하여도 계속 같은 행태를 보이므로 이는 병리적 행동으로 규명된다. 이러한 전환과 섞음은 항상 확실히 구분된 증세로 볼 수 없지만, 적어도 전환(switching)은 대화에 있어 화용론적 장애(disorder)로써 볼 수 있고, 그 손상 부위도 주로 양반구 전두엽(frontal lobe) 부위와 관련되어 있다. 그에 비하여 섞음(mixing)은 실어증적 장애로서, 일반적으로 유창성 실어증(fluent aphasia)과 관련된 것으로 보고되며, 그 손상부위도 주로 중심열(rolandic fissure) 뒷부분으로 보고되었다(Fabbro, 1999; Fabbro, Skrap, & Aglioti, 2000). 또한 병리적 섞음(mixing)은 치매(dementia) 증상을 동반한 이중언어 실어증 환자의 경우 빈번히 나타난다는 보고도 있다(Mendez et al., 1999).

Hernandez 등(2000)은 스페인어-영어 초기 이중언어화자를 대상으로 그림명명 과제를 수행하게 하는 동안 대뇌 활성화를 fMRI를 사용하여 알아보았다. Hernandez 등(2000)은 두 언어 조건에서 대뇌 활성화의 차이를 발견하지 못하였지만, 두 언어가 혼합된 조건에서 복외측 전전두피질(dorsolateral prefrontal cortex)의 활성화 증가가 관찰되었다. Hernandez(2001)등은 위의 결과를 그림을 보고 사물의 이름을 말하는 조건과 그림에 해당하는 행위동사를 말하게 하는 과제를 사용하여 위의 결과와 거의 일치하는 결과를 보고하면서, 복외측 전전두피질이 두 언어 사이의 전환

(switching)과 관계된 영역이라 주장하였고, 이는 Fabbro(1999), Fabbro 등(2000)이 보고한 병리적 전환(switching) 오류를 보이는 이중언어 실어증 환자의 손상부위와 일치되는 결과였다.

본 연구에서는 뇌기능 영상기법인 fMRI의 최신 기법인 사건관련 뇌기능 영상(event related fMRI)를 사용하여, 보다 효과적인 언어간 전환에 따른 영역을 확인하고자 하였다. 사건관련 뇌기능 영상은 기존의 fMRI의 실험 설계였던 블록설계(box-car design)에 비해 하나의 자극에 의한 뇌 활성화 신호를 기록할 수 있으므로, 자극을 임의적인 순서로 제시할 수 있는 장점과 실험 참가자의 습관화(habituation)를 피하고 과제에 집중할 수 있는 장점이 있다. 사건관련 뇌기능 영상은 블록설계에 비해 보다 확실한 언어간 전환에 따른 뇌 활성화를 찾아낼 것이다.

2. 실험

2.1 실험참가자

실험참가자는 한국과학기술대학(원)에 재학 중인 오른손잡이 남녀 대학(원)생 7명을 대상으로 실험을 실시하였다. 실험참가자들은 TOEFL 성적 평균 560점으로 국내 정규영어교육을 통해 영어를 습득한 것으로 보고되었다. 이들에 대해 영상 획득 실험 전에 신경심리검사(Oldfield, 1971)를 이용하여 손잡이 여부를 판단하였는데, 전원 오른손잡이로 판단되었으며, 질문을 통해, 신경학적인 이상이 없음을 확인하였다.

2.2. 실험설계 및 자극

영상 획득은 자기공명영상 장치 외부에서 Project를 사용하여 시각적으로 제시하는 화면(slide)을 보며 실험참가자가 과제를 수행하는 동안 이루어졌다. 화면에 표시되는 자극은 해당하는 이름이 한글과 영어가 전혀 다른 경우(예, 사과, apple)와 영어권에서 온 외래어(예, 첼로, cello)인 경우가 각각 30개씩 무선적으로 제시되었다. 자극간 평균 SOA는 3.5초로 설정하였으며, 평형기에는 십자가 표시(+)가 제시되었다. 실험참가자는 제시되는 자극에 해당하는 이름을 한국어로 반응하는 조건과 영어로 반응하는 조건을 각각 수행하였다.

2.3. 영상획득 및 처리

영상획득은 KAIST fMRI Center에 설치된 ISOL 3.0T forte를 사용하였으며, 실험참가자가 헤드코일에 부착된 거울을 통해 제시

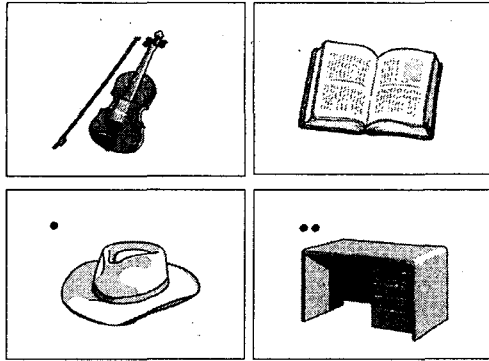


그림 1 실험에 쓰인 그림의 예, 좌측 상단의 그림은 외래어 조건이며, 우측 상단은 일반 명사조건이다. 하단그림은 실험 2에 사용된 언어간 전환(switching) 조건에 쓰인 그림으로 좌 상단에 점 하나 혹은 두 개로 언어모드를 표시하였다.

되는 시각적 자극을 보며 과제를 수행하는 동안 EPI-BOLD(Echo Planner Imaging-Blood Oxygen Level Dependent)기법을 사용하여 영상을 획득하였다(TR/TE 3000/35msec, 5mm no gap 20 slices, 64×64Matrix, FOV 22cm, flip angle 80°). 각 세션당 총체적(volume)영상은 612초 동안 총 204개(phases)를 얻었다. 영상 데이터 분석은 SPM99(Statistical Parametric Measure 99)를 off line으로 이용하였다. 먼저, 이미지 획득시간에 대한 정보를 표기하는 slice timing을 실시한후, 움직임 보정을 위한 재정렬(realignment)과 EPI와 T1 영상의 공간 해상도를 공통좌표로 맞추는 coregister 과정을 수행하였다. 이후 noise 제거 및 3차원 gaussian field를 만들기 위해 7.5mm FWHM(full-width, half maximum) gaussian kernel를 이용하여 영상 다듬기(smoothing)를 수행하였으며, 그런 다음, SPM 99에서 제공하는 표준 뇌 영상(template image)영상을 이용하여 표준화(normalization)하였다. 이렇게 준비된 각 실험 참가자의 체적 영상(volume data 혹은 image)들에 대한 통계분석은 실험 시 자극을 주었던 패턴(stimulation time pattern)을 대상으로 일반 선형 모형(general linear model)에 기초한 모수 추정(parameters estimation)을 수행하였다. 실험참가자의 개별 자료를 고정효과모델(fixed effect model)에 기초한 대비 추정을 수행한 후, 개별 피험자의 자극 패턴에 대한 대조영상(contrast image)을 원자료로 하는 임의 효과분석(random effect analysis)을 수행하였다. 수행 결과에 대해 일정한 유의수준(uncorrected $p < 0.001$)을 역치(threshold)로 하여 얻은 최종 활성화 영상을 SPM에서 제공하는 NMI 동위상 좌표에 적용하여 활성화 위치를 확인하였다. 뇌기능지도에서 확인된 영역좌표는 MNI좌표에서 Talairach -Tournoux

atlas(1988) 좌표로 변환한 후, Talairach Demon system을 사용하여 뇌 영역을 확인하였다.

2. 4. 결과 및 논의

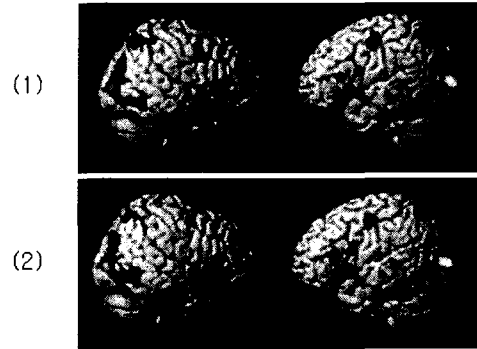


그림 2 한국어조건에서 활성화된 영역 (1) 그림에 해당하는 단어가 외래어일 경우, (2) 그림에 해당하는 단어가 일반단어인 경우

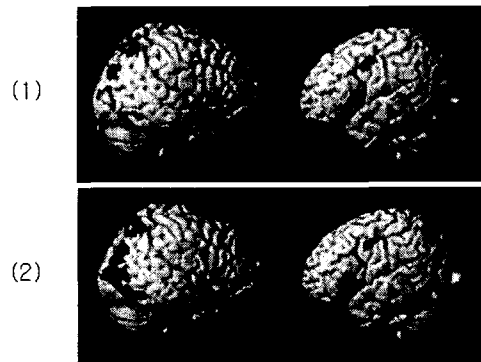


그림 3 영어조건에서 활성화된 영역 (1) 그림에 해당하는 단어가 외래어일 경우, (2) 그림에 해당하는 단어가 일반단어인 경우

그림 2은 한국어 조건에서 그림에 해당하는 이름이 외래어일 경우와 외래어가 아닌 일반적인 명사일 경우, 활성화된 뇌 영역을 나타내고 있다. 양반구 후두엽(occipital lobe)이 활성화된 것은 그림 자극에 의한 시각적인 효과에 의한 것으로 보이며, 단어산출에 관련된 좌하전두회(left inferior frontal gyrus, BA 44, 45)에서도 활성화가 나타났다. 또한 좌전중회(left precentral gyrus BA 6)에서도 활성화가 나타났다. 이는 조음준비에 따른 활성화로 보인다. 이뿐만 아니라 우반구에서도 좌반구에 비해서 약하지만 하전두회(inferior frontal gyrus)에서 활성화가 나타났다. 그림 3는 영어 조건에서의 결과를 나타내고 있다. 그림 2과 3의 (2)를 비교해보면, 외래어가 아닌 일반적인 명사를 산출할 경우, Broca 영역이라고 일컬어지는 좌하전두회(left

inferior frontal gyrus)에서 활성화가 감소되었음을 알 수 있다. 그러나 외래어의 경우(그림 2, 3의 (1)에 해당), 좌하전두회 영역에서 거의 비슷한 수준의 활성화를 보이고 있다. 이는 외래어의 경우, 한국어 조건이나 영어 조건에서 비슷한 대뇌 표상을 가지고 있기 때문으로 보인다.

3. 실험 2

실험 2는 언어간 교환(switching)에 따른 뇌 활성화를 알아보기 위해서 실시되었다. 실험참가자는 실험 1에 참가한 후, 약간의 휴식 후, 곧바로 실험 2에 참가하였다. 실험에 사용한 자극은 그림 1의 하단에 보이는 것과 같이 그림 좌측 상단에 접하나 혹은 두 개로 언어모드를 표시하여, 점이 하나일 경우 한국어로, 두 개일 경우 영어로 그림의 이름을 산출하도록 지시하였다. 이러한 지시는 실험 참가자 별로 언어간 역균형화(counter-balancing)하였다. 또한 실험 1에서 그림에 해당하는 단어가 외래어인 그림은 제외하였으며, 실험 1에서 사용하지 않은 그림으로 해당하는 단어가 일반명사인 그림을 사용하였다.

영상 획득 및 데이터 분석은 실험 1과 동일하였다.

3. 1. 결과 및 논의

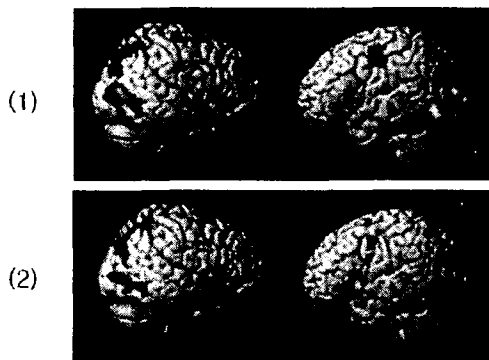


그림 4 실험 2에서 한국어로 반응한 경우(1)와 영어로 반응한 경우(2)에 활성화된 대뇌영역

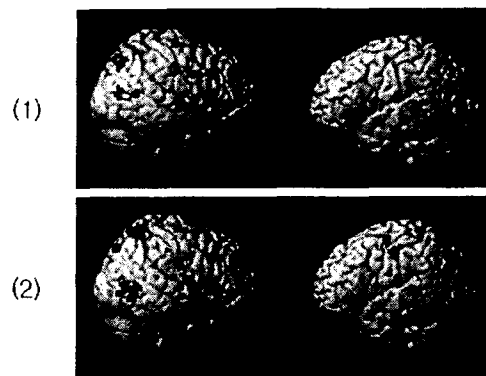


그림 5 (1) 한국어 조건에서 실험 2의 뇌 활성화 신호에서 실험 1의 일반명사 조건에서의 활성화 신호를 감산한 결과, (2)는 영어 조건

그림 4를 보면, 실험 1의 결과에 비하여, 전반적인 대뇌 활성화 수준이 높아진 것을 볼 수 있다. 한국어 조건의 경우(그림 4의 (1)에 해당), 실험 1에서 일반명사 조건(그림 2의 (2)에 해당)에 비하여 우반구 활성화가 높아진 것을 알 수 있으며, 특히 우반구 중전두회(right middle frontal gyrus BA 6)의 활성화가 높아진 것을 볼 수 있다. 또한 영어조건인 경우에서도 우반구 중전두회 및 하전두회(inferior frontal gyrus)에서 활성화가 높아졌다. 이러한 효과를 보다 정확히 살펴보기 위하여, 실험 2의 대뇌 활성화 신호에서 실험 1의 일반명사조건에서의 대뇌 활성화 신호를 감산(subtraction)하였다. 그림 5는 감산 영상을 보여주고 있다. 한국어, 영어 두 조건에서 모두 우반구 활성화 신호가 남아있음을 알 수 있다.

이러한 결과는 언어 모드를 결정할 실험 1의 경우에 비해 언어 모드를 선택하지 못하고 계속된 전환(switching)이 일어날 경우, 우반구 활성화가 높아졌음을 제시한다.

종합논의

본 연구는 영어를 사용할 수 있으나 공식적인 교육을 통해서 10세를 전후로 배우기 시작한 한국인 피험자가 그림을 보고 그림에 해당되는 이름을 모국어 혹은 외국어인 영어로 산출하는 경우에 활성화되는 뇌 영역이 어디인지를 조사하기 위해 실시되었다. 실험 1에서는 한국어 혹은 영어로만 그림의 이름을 산출하는 경우에 모국어 담당 영역과 외국어 담당 영역이 다른지를 조사 하였다. 실험 2는 산출해야 하는 언어가 모국어에서 외국어로 혹은 외국어에서 모국어로 무선적으로 변하는 경우에 활성화되는 영역을 조사하기 위해 실시되었다. 실험 1의 결과는 외국어 단어를 산출할 때 보다 모국어 단어를 산출할 때에 더 많은 활성화가

있었다. 그러나, 활성화되는 뇌 영역에서는 유사하였다 (left inferior frontal gyrus, BA 44, 45; left free central gyrus BA 6). 일반 명사에 비해 외래어를 말할 때에는 모국어 산출 때처럼 좌하전두회 활성화가 모국어 수준으로 컸는데 그 이유는 외래어가 모국어처럼 처리되기 때문으로 추측된다. 실험 2의 결과는 언어를 번갈아 가면서 사용하는 경우에 우반구가 더 많이 관여하는 것을 보여주고 있다. 즉, 언어 전환의 조건에서도 단일언어로 말할 때처럼 유사한 영역이 활성화되나 단일언어 산출 때보다 우반구의 활동이 더 활발하다는 것을 보여준다. 기존의 결과와 비교하여 특이한 점은 좌전전두피질의 활성화가 보이지 않는다는 것이다. 이전의 연구에 비해 본 연구에서 사용된 그림 자극이 사용빈도가 높은 것이기 때문에 이런 차이가 나타나지 않았나 추측된다.

참고문헌

- [1] Fabbro, F. (1999). *The neurolinguistics of bilingualism*. Hove, UK: Psychology Press.
- [2] 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.
- [3] Fabbro, F. (1997). Bilingual aphasia research is not a tabula rasa. *Aphasiology*, 12, 138-141.
- [4] Fabbro, F. (1999). *The neurolinguistics of bilingualism*. Hove, UK: Psychology Press.
- [5] Fabbro, F. (2000). Introduction to language and cerebellum. *Journal of Neurolinguistics*, 13, 83-94.
- [6] Fabbro, F., & Paradis, M. (1995). Differential impairments in four multilingual patients with subcortical lesions. In M. Paradis (Ed.), *Aspects of bilingual aphasia* (pp. 139-176). Oxford, UK: Pergamon Press.
- [7] Fabbro, F., Peru, A., & Skrap, M. (1997). Language disorders in bilingual patients after thalamic lesions. *Journal of Neurolinguistics*, 10, 347-367.
- [8] Fabbro, F., Skrap, M., & Aglioti, S. (2000). Pathological switching between languages following frontal lesion in a bilingual patient. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 68, 650-652.