대한방사선의학회지 1999;41:1085-1090

기능적 자기공명영상을 이용한 뇌의 우세 운동성 언어 중추의 결정 : 시각과 청각적 자극 방법의 비교[1]

유이령 · 안국진 · 김 태[2] · 이재문

목적 : 기능적 MRI를 이용하여 운동성 언어중추를 영상화하여 우세 대뇌반구를 결정하는데 있어서 시각과 청각적 자극 방법에 차이점이 있는지 알아보고자 하였다.

대상 및 방법 : 정상 성인 10명(27-32세)을 대상으로 하였으며 남자와 여자가 5명씩이었고 남자 2명이 각각 왼손잡이와 양손잡이였다. 운동성 언어중추의 활성화를 위해 각각 시각과 청각적 방법을 이용하여 한번의 활성상태에서 4개의 음절을 1개씩 순서대로 보여주거나 들려주어 그 글자로 시작되는 단어를 계속 연상하여 마음속으로만 발음하게 하였다. 자기공명영상은 1.5T 자기공명영상장치를 이용, 하전두회를 포함하는 5개의 횡단면을 EPI기법으로 시행하여(TR/TE 1.68/64msec, flip angle 90°, FOV 210×210cm, matrix 크기 128×128, 절편두께 4mm) 각 단면에서 휴식상태와 활성상태를 3회씩 반복하여 120개의 영상을 얻었다. 이 영상들은 BOLD방법으로 얻었고 활성화 신호를 얻는 영상처리 방법은 cross correlation을 이용하였다. 얻어진 감산영상에 동일 부위의 T1강조 영상을 중첩시켜 얻은 최종 영상으로 좌우의 각 부위별로 활성화 화소의 수를 측정하여 lateralization index를 구하였고 시각과 청각에 의한 결과와 부위별 결과를 비교하였다.

결과 : 10명 중 9명에서 유의하게 lateralization이 가능한 활성화 신호를 얻었고 전두엽에서 활성화 신호가 많았다. 가장 뚜렷한 lateralization을 보인 하전두회의 활성화 화소의 수를 비교하였을 때 왼손과 양손잡이에서는 우뇌가 우세 대뇌반구였고 나머지 7명은 모두 좌뇌가 우세하였다. 청각적 방법에 더 높은 lateralization index를 보인 사람은 5명, 시각은 4명이었다. 하전두회와 전체 전두엽에서의 시각과 청각적 방법에 의한 우세 대뇌반구의 결정의 차이는 통계적인 유의성이 없었고($p>0.05$), 시각과 청각적 방법의 각각에서 하전두회와 전체 전두회를 비교했을 때에도 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p>0.05$). 반면 중전두회와 상전두회 각각은 우세 대뇌반구의 결정이 일관되지 않은 결과를 보였다.

결론 : 기능적 자기공명영상을 이용한 우세 대뇌반구의 결정에 있어서 시각과 청각적 자극 방법에는 차이가 없었으므로 개인이나 주변의 환경적 여건에 맞게 두 방법중 어느것도 유용하게 사용할 수 있으며 하전두회만이 아니라 전체 전두엽의 활성화 신호로도 우세 대뇌반구를 유의하게 결정할 수 있었다.

뇌피질의 활성화를 유도하여 기능적 자기공명(functional MRI ; fMRI)영상을 얻는 방법에 대한 연구는 이미 1990년대 초부터 시작되었으며 최근에는 EPI(echo planar image)를 이용한 BOLD(blood oxygen level dependent)기법의 개발로 뇌기능의 지도화에 대한 연구뿐 아니라 임상적용이 활발하게 이루어지고 있다.

fMRI 영상은 운동이나 감각 자극에 의해서 연관된 신경중추가 활성화됨으로써 얻어진다. 그 기본 원리는 활성화된 뇌조직에서 실제로 필요로 하는 산소량보다 뇌혈류 증가에 의한 산소 유입량이 많으므로 옥시헤모글로빈(oxyhemoglobin)의 양이 인접한 뇌 조직보다 상대적으로 증가하여 활성화된 부위에서 신호강도가 미세하게 증가되는 것을 이용하는 것이다 (1-3).

뇌피질의 fMRI에 관한 연구는 시각피질, 감각 및 운동피질, 그리고 최근에는 언어, 기억중추에 대해서도 이루어지고 있고 이를 통해 간질 환자를 포함하여 여러 가지 임상적용을 시도하고 있다 (4-11). 특히 운동성 언어중추를 효과적으로 지도화하는 연구들이 활발히 이루어지고 있다 (12-21, 24-34). 사람의 언어기능 중추는 우세 대뇌반구의 하전두회(inferior frontal

[1]가톨릭대학교 의과대학 방사선과학교실
[2]가톨릭대학교 자기공명영상연구실
이 논문은 1999년 7월 30일 접수하여 1999년 9월 30일에 채택되었음.

gyrus)와 상측두회(superior temporal gyrus)가 있으며, 이 중 하전두회는 운동성 언어중추로 Broca 영역이라고도 하고 상측두회는 감각성 언어중추로 Wernicke 영역이라고 한다(22,23). fMRI를 이용하여 운동성 언어중추를 효과적으로 영상화하여 우세 대뇌반구를 결정하는 많은 연구에서 운동성 언어중추를 자극하는 방법으로서 눈으로 직접 글자를 보도록 하는 시각적 방법과 소리로 들려주는 청각적 방법들을 이용하였다. 그러나 이 두 방법을 모두 이용했을 때 그 결과의 차이에 대해서는 아직 알려진 바가 없다.

본 연구에서는 운동성 언어중추 자극시 두 가지 자극 방법을 각각 이용하여 그 결과의 차이를 알아보았다.

대상 및 방법

26-32세(평균 28세)의 건강한 자원자 10명을 대상으로 하였으며 남자 5명, 여자 5명이었다. 8명은 오른손잡이였고 남자 2명은 각각 왼손잡이와 양손잡이였다. 자기공명영상은 1.5T 장치 Magnetom Vision Plus(Siemens, Erlangen, Germany)로 운동성 언어 중추인 Broca 영역이 위치하는 하전두회를 포함하는 5개의 횡단면을 EPI기법(반복시간(TR)/에코시간(TE) 1.68/64msec, 숙임각(flip angle) 90°, FOV 21×21cm, matrix 크기 128×128, 절편두께 4mm)을 이용한 BOLD기법으로 얻었다.

파라다임은 휴식기와 활성기를 3회씩 반복하여 총 6회의 검사로 구성하였고 동일인에서 시각적 방법과 청각적 방법을 모두 적용하였다. 활성기에는 미리 준비한 12개의 한글 음절을 이용하였고 그 중 4개의 음절을 순서대로 보여주거나 들려주면서 글자당 5개의 영상을 얻는 시간 동안에 해당 글자로 시작되는 명사형 단어들을 계속하여 연상하게 하였다. 그리고 이때 머리의 움직임을 방지하기 위해 단어들을 소리내지 않으면서 속으로만 발음하게 함으로써 운동성 언어중추의 활성화를 유도하였다(예 ; 바 - 바람/바지/바람개비/바구니/바다 등, 사 - 사람/사랑/사막/사슴/사고 등). 시각적 방법인 경우에는 슬라이드로 제작한 음절들을 슬라이드 투사기로 하나씩 장막에 비추어서 머리에 부착된 거울을 통하여 보게 하였고 청각적 방법은 동일한 글자를 마이크를 통하여 말하여 헤드폰을 통하여 들을 수 있게 하였다. 휴식기에는 시각적 방법일 때는 비특이적인 그림 사진을 보여주었고, 청각적 방법에서는 중저음의 잡음을 들려주었다. 피검자들은 검사 전에 방법에 대한 설명을 듣고 연습을 시켜 충분히 이해하도록 하였으며 시각적 방법과 청각적 방법은 하루 간격을 두고 시행하였다. 한 절편당 영상은 휴식상태 20개, 활성상태 20개를 각각 3회 반복하여 총 120개의 영상을 얻었다.

얻어진 영상에서 활성화 신호를 얻는 영상처리 방법은 cross correlation을 이용하였다. 동일인에서는 같은 역치를 적용하여 활성화 신호를 얻었고, 역치의 범위를 0.45에서 0.5로 하였다. 활성 상태에서 휴식 상태를 감산한 활성화 영상을 동일 부 위의 T1 강조 영상에 중첩시켜 최종 영상을 얻었다.

최종 활성화 영상을 이용하여 좌측 활성화 화소의 갯수에서 우측 활성화 화소의 갯수를 뺀 값을 좌우측 활성화 화소 갯수의 합((L-R)/(L+R))으로 나눈 lateralization index를 구하였다. lateralization index는 -1에 가까울수록 강한 우측 반뇌 우세를 나타내며 +1은 좌측 반뇌 우세를 의미한다(13,15,25, 31). 그리고 lateralization index는 시각과 청각 방법을 모두 이용하여 전체 전두엽과 하전두회 및 중, 상전두회에서 구하였고 시각과 청각의 두 방법에 의한 우세 대뇌반구의 결정의 차이와 하전두회에서와 전체 전두엽에서의 결과의 차이를 알아보기 위해 t-test를 이용하였다.

결 과

10명 중 9명에서 유의하게 lateralization이 가능한 활성화 신호를 얻었고 주로 전두엽에서 뚜렷이 많은 신호를 볼 수 있었다 (Fig. 1, 2). 나머지 1명은 시각적 방법과 청각적 방법 모두에서 적절한 활성화 신호를 얻지 못하였고 다시 반복하여 검사를 시행하지 않았다. 하전두회의 lateralization index는 9명중 오른손잡이 7명이 좌측 대뇌반구의 우세를 보였으며 (Fig. 1, 2), 나머지 우측 대뇌반구의 우세를 보인 2명은 왼손잡이와 양손잡이 1명씩이었다 (Table 1).

하전두회에서 얻은 lateralization index는 전체 9명에서 시각적 및 청각적 방법 모두 동일한 대뇌반구 우세를 보였으며 lateralization index가 청각적 방법에서 더 높게 나온 사람은 9명중 5명 (Fig. 1), 시각적 방법에서 더 높은 사람은 4명이었다 (Fig. 2, 3) (Table 2). 두 방법에 의한 우세 대뇌반구의 결정의 차이는 하전두회에서의 p값은 0.506, 전체 전두엽에서는 0.589로 시각과 청각의 두 방법의 결과 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 그러나 중전두회와 상전두회에서는 동일인에서도 다른 우세 대뇌반구를 보이는 일관되지 않은 결과를 보였다.

그리고 우세 운동성 언어중추를 결정하는데 있어서 하전두

Table 1. Determination of Hemispheric Dominance by fMRI

	Right Hemisphere Dominance	Left Hemisphere Dominance
Right-handed(n=7)	0	7
Left-handed(n=1)	1	0
Ambidextrous(n=1)	1	0

Table 2. Lateralization Indices of Volunteers by fMRI

Volunteer No.	Inferior Frontal Gyri		Whole Frontal Lobe	
	Auditory	Visual	Auditory	Visual
1	0.94	0.87	0.55	0.90
2	0.55	0.56	0.54	0.40
3	0.85	0.82	0.31	0.78
4	0.24	0.50	0.13	0.64
5	0.76	0.63	0.76	0.17
6	-0.13	-0.78	-0.19	-0.14
7	-0.33	-1	-0.14	-0.63
8	0.67	0.37	0.76	0.12
9	1	0.70	0.20	0.44

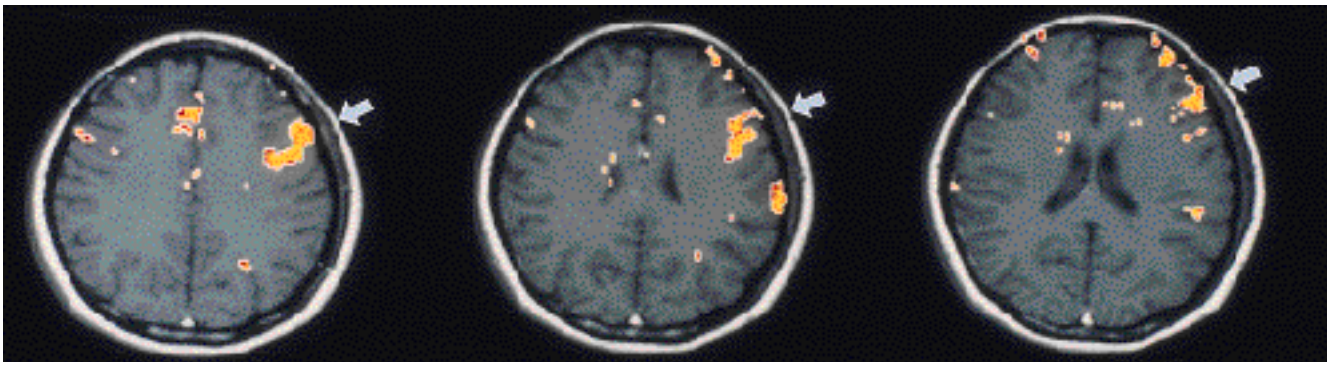
회에서와 전체 전두엽에서의 결과도 p값이 시각적 방법에서 0.073, 청각적 방법에서 0.142로서 역시 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않아 하전두회에서 뿐 아니라 전체 전두엽에서의 활성화 신호로도 우세 대뇌 반구를 유의하게 결정할 수 있었다.

고 찰

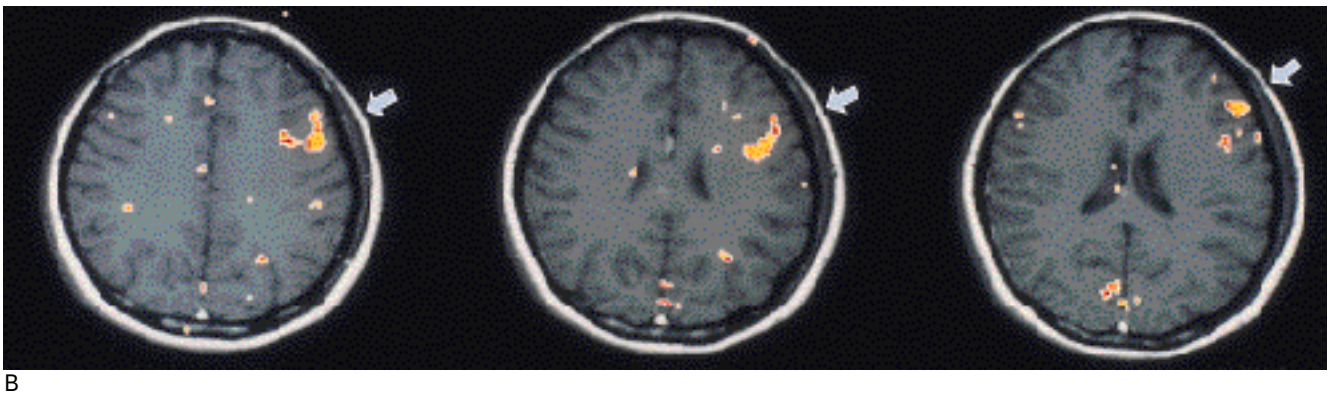
기능적 MRI를 이용하여 뇌피질의 활성화를 통해 뇌기능을 지도화하는 연구가 많이 있었고 한 걸음 더 나아가 이를 임상적으로 이용하려 하는 많은 시도가 있었다. 뇌피질의 언어중추를 지도화하여 우세 대뇌반구를 결정함으로써 수술 전에 시행하는 Wada 방법을 비침습적으로 대체하고자 하는 것이 한 예이다(13, 15, 27, 31).

운동성 언어 중추는 Broca 영역으로 알려져 있으며 Brodmann 영역 44, 45에 해당되고 하전두회에 위치한다. 그러므로 하전두회를 포함하여 fMRI 영상을 얻은 많은 연구들에서 효과적으로 운동성 언어 중추를 지도화하였으며 우세 대뇌 반구의 하전두회에서 가장 많은 신호를 보였다 (12, 13, 15, 17, 21, 25-29, 32, 33). 그 외에도 중전두회, 상전두회, 대상회(cingulate gyrus) (17), 중심전회(precentral gyrus), 감각성 언어중추인 상측두회 등에서 의미 있는 신호강도가 나왔으며 활성화 방법에 따라 다양한 영역들이 활성화 될 수 있다. 시각적 방법으로 자극을 주는 경우에는 시각 중추인 후두엽에서 신호강도가 나오는 것이 그 예다 (32). 본 연구에서는 운동성 언어중추를 지도화할때 두 가지 자극 방법을 비교하는 것이 목적이므로 다양한 영역들을 다 포함시키지는 않았으며, 주로 전두엽을 위주로 하여 영상을 얻었고 전두엽 전체에서 구한 lateralization index와 각각 하전두회, 중전두회, 상전두회에서 구한 값을 비교해 보았다. 그 결과에서는 역시 전두엽에서 가장 많은 활성화 신호를 보였고 특히 하전두회에서 우세반구를 결정할 수 있는 많은 활성화 신호를 보여 Yekin 등 (24)이나 정 등 (20) 연구를 포함하여 많은 논문들의 결과와 일치되었다 (12, 13, 17, 21, 22, 26-29, 32, 33). 중전두회나 상전두회에서도 활성화 신호들은 보이기는 하였으나 이들의 신호만으로 구한 lateralization index는 동일인에서도 일관되게 우세 대뇌반구를 결정하지 못하여 의미를 부여할 수는 없었다.

운동성 언어 중추를 지도화하는 파라다임은 휴식기와 활성기로 이루어지는데 이 활성기에서 이용되는 자극도 다양한 형태로 시도되었다. 본 연구에서와 같이 피검자에게 단순히 알파벳 첫 자를 주고 명사형 단어를 만들게 하는 방법이 있고 (17, 21, 25-27), 불완전한 단어를 주고 완전한 단어를 완성하는 방법을 이용한 연구도 있다 (32, 33). Benson 등 (31)은 간질 환자의 fMRI를 이용한 연구에서 시각적 자극을 이용하여 3가지의 활성화 작업을 시도하였는데 피검자에게 시각적으로 비추어진 물체의 이름을 붙이게 하는 것(object naming), 주어진 단어를 읽는 것(word reading)과 보통명사를 보여주고 어

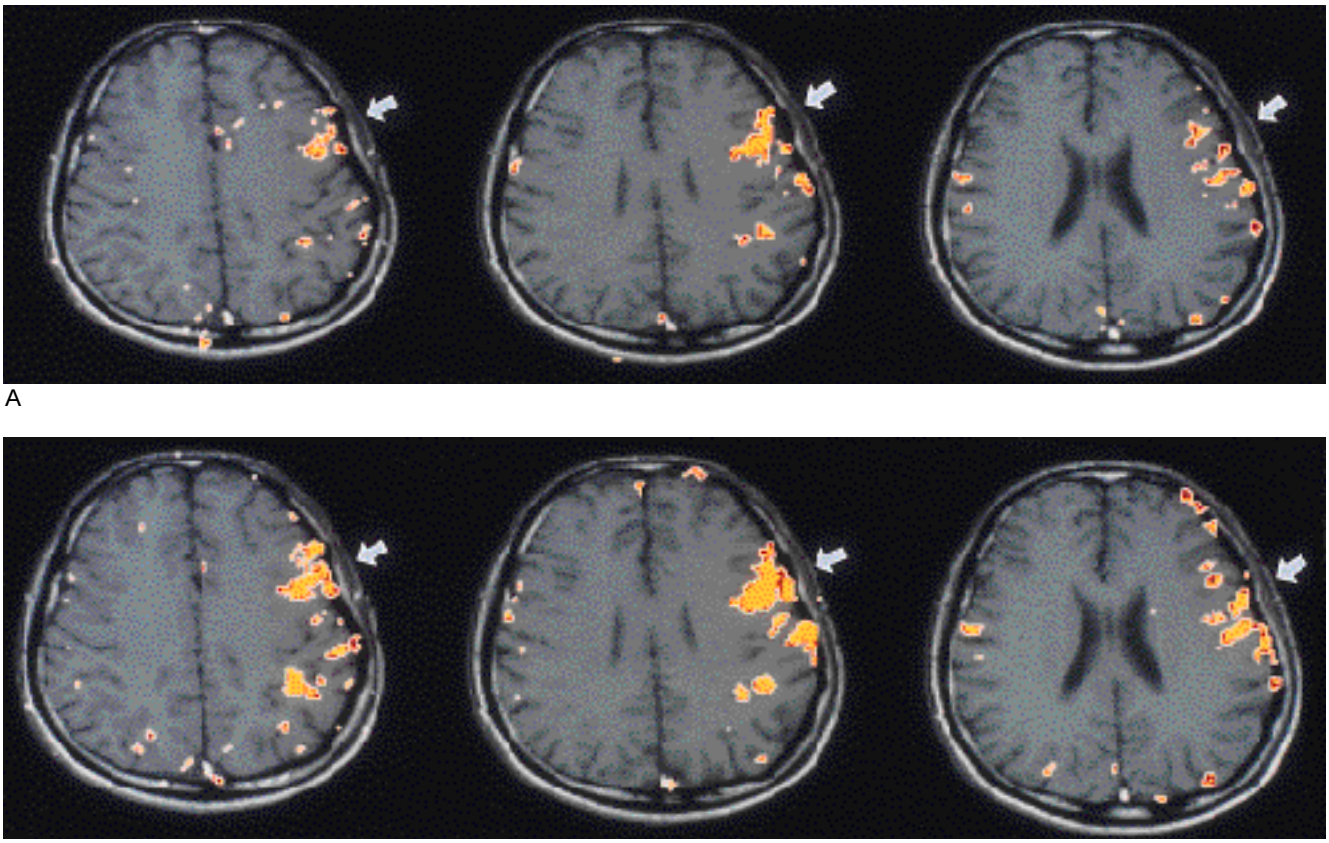


A



B

Fig. 1. Axial functional MRI activated maps in volunteer 1.
A. The activated signals by auditory method shows confluent activation in left inferior frontal gyrus(arrows) with minimal activation in right hemisphere.
B. The activated signals by visual method shows less activation than that by auditory method in left frontal gyrus(arrows).



A

B

Fig. 2. Axial functional MRI activated maps in volunteer 4.
A. The activated signals by auditory method are mainly seen in left inferior frontal gyrus(arrows) with minimal activation in right hemisphere.
B. Greater activation is noted in left inferior frontal gyrus(arrows) on fMRI by visual method.

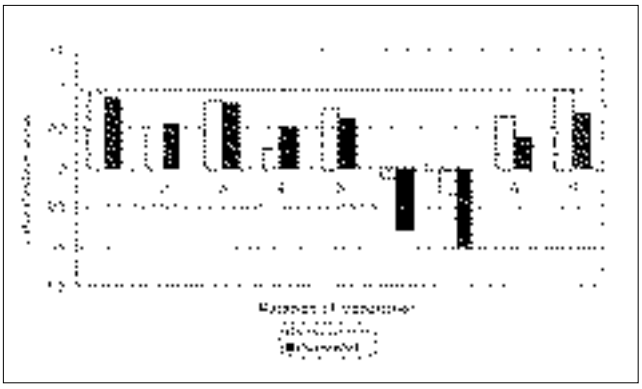


Fig. 3. Comparison of the lateralization indices between auditory and visual method in inferior frontal gyrus

의가 관련된 동사를 만드는 작업(verb generation)을 모두 하도록 하였다. 이중에서는 verb generation 작업이 우세 대뇌 반구 결정에 가장 좋은 결과를 보였다. 또한, Binder등 (15)은 청각적 방법을 이용하여 pure tone discrimination과 semantic decision-pure tone discrimination의 복합 영상을 얻어 그 차이를 기술하였고 이와 유사한 방법을 이용하여 언어중추의 활성화를 시도한 다른 연구도 보고되었다 (12, 28).

이와 같이 활성화 기간에 이용하는 자극 방법은 시각과 청각적 자극의 두가지가 있다 (12-21, 24). Pujol 등 (25)은 청각적 방법을 이용하였기 때문에 눈을 감고 검사하여 최대한 움직임을 줄일 수 있다고 하였고 그 밖에도 단순한 청각적 방법을 통하여 언어 중추를 지도화하는 많은 시도가 있었다 (12, 15, 26-28). 이와 달리 시각적 방법을 이용한 연구들도 다수 있는데 (13, 21, 24, 29-33), 유 등 (21)은 청각적 방법 대신 슬라이드 투시를 통한 시각적 방법을 이용하는 것이 MR 영상장치 내에서 보다 쉽고 확실하게 자극을 피검자에게 입력할 수 있다고 하였다. 두 방법을 이용한 연구 모두 효과적인 결과를 얻을 수 있었으나 아직 두 방법을 같은 조건으로 동일인에서 비교한 연구는 없으며 두 방법간에 차이에 대해서도 아직 알려진 바가 없다.

본 연구에서는 청각과 시각적 방법의 차이를 알아보기 위해 한 명의 피검자에서 두 방법을 모두 사용하였다. 청각적 방법은 검사자가 마이크를 통해서 말한 것을 피검자가 직접 듣도록 하였고 시각적 방법은 슬라이드 투사기로 스크린에 비춘 글자를 피검자가 머리에 부착된 거울을 통하여 보는 것으로 하였다. 유의한 활성화 신호를 얻은 9명 중 5명이 청각적 방법에서, 나머지 4명은 시각적 방법에서 더 높은 lateralization index를 보였으나 9명 전원이 두 방법 모두에서 동일한 대뇌반구의 우세를 보였고 통계적으로도 의미 있는 차이를 보이지 않

았다. 따라서 두 방법은 언어 중추의 기능적 영상을 얻고 우세 대뇌반구를 결정하는데 있어서 차이가 없음을 알 수 있었다.

Pujol 등 (25)은 검사 시에 최대한의 움직임을 제한하기 위해 피검자가 눈을 감도록 하였고 이를 위해서 청각적 방법을 선택하였다. 그러나 본 연구에서 시각적 방법에서 더 높은 수치를 보였던 4명 중 3명이 검사 중 기계 잡음 때문에 소리를 듣는데 어려움이 있었다고 호소했고 이는 유 등 (21)에서 시각적 방법을 이용했던 이유와 일치되는 결과이다. 이와 같이 피검자의 청력, 시력 등의 개인적인 여건이나 환경적인 요소를 고려하여 두 방법 중 어떤 것을 이용하더라도 효과적으로 언어 중추를 지도화할 수 있으며 피검자도 더 쉽게 검사에 적응할 수 있으리라 생각된다.

결론적으로 운동성 언어중추를 fMRI를 이용하여 효과적으로 지도화할 수 있으며 이는 임상적으로 상당한 유용성을 갖는다. 그리고 운동성 언어중추의 활성화 방법 중 청각과 시각적 자극 방법 모두가 우세 대뇌 반구를 결정하는데 효과적이므로 피검자의 개인적 여건이나 작업의 형태 혹은 검사실 사정을 고려하여 두 방법 중 하나를 선택하는 것이 적절하다고 생각한다.

참 고 문 헌

1. Ogawa S, Tank DW, Menon R, et al. Intrinsic signal changes accompanying sensory stimulation : functional brain mapping with magnetic resonance imaging. *Proc Natl Acad Sci USA* 1992;89:5951-5955
2. Ogawa S, Lee TM, Nayak AS, Glynn P. Oxygenation-sensitive contrast im magnetic resonance image of rodent brain at high magnetic fields. *Magn Reson Med* 1990;14:68-78
3. 김재형, 신태민, 정성훈. 뇌의기능적자기공명영상영상 : 원리및 실제응용. *대한자기공명의과학회지* 1997;1:42-50
4. Belliveau JW, Kennedy DN, McKinstry RC, et al. Functional mapping of the human visual cortex by magnetic resonance imaging. *Science* 1991;254:716-719
5. Connelly A, Jackson GD, Frackowiak RSJ, Belliveau JW, Vargha-Khadem F, Gadian DG. Functional mapping of activated human primary cortex with a clinical MR imaging system. *Radiology* 1993;188:125-130
6. Rao SM, Binder JR, Hammeke TA, et al. Somatotopic mapping of the human primary motor cortex with functional magnetic resonance imaging. *Neurology* 1995;45:919-924
7. Yetkin FZ, Mueller WM, Hammeke TA, et al. Functional magnetic resonance imaging mapping of the sensorimotor cortex with tactile stimulation. *Neurosurgery* 1995;36:921-925
8. Yetkin FZ, Papke RA, Mark LP, et al. Location of the sensorimotor cortex : functional and conventional MR compared. *AJNR* 1995;16:2109-2113
9. Detre JA, Maccotta, L, King D, et al. Functioneal MRI lateralization of memory in temporal lobe epilepsy. *Neurology* 1998;50:926-932
10. Weiss KL, Figueroa, RE, Allison J. Functional MR imaging in patients with epilepsy. *MRI Clin N Am* 1998;6(1):95-111
11. Lee CC, MSc, Jack, Jr, CR, Riederer SJ. Use of functional magnetic resonance imaging. *Neurosurg Clin N Am* 1996;7(4):665-683
12. Binder JR, Rao SM, Hammeke TA, et al. Lateralized human brain language systems demonstrated by task subtraction functional magnetic resonance imaging. *Arch Neurol* 1995;52:593-601
13. Desmond JE, Sum JM, Wagner AD, et al. Functional MRI measurement of langauge lateralization in Wada-tested patients. *Brain* 1995;118:1411-1419
14. Dirk W, Hermann A, Uwe K, Bernard K, Wolfgang G. Functional lateralization of speech production at primary motor cortex : a fMRI study. *Neuroreport* 1996;7:2791-2795
15. Binder JR, Swanson SJ, Hammeke TA, et al. Determination of language dominance using functional MRI : a comparison with Wada test. *Neurology* 1996;46:978-984
16. Stanislas D, Emmanuel D, Jacques M, et al. Anatomical variability in the cortical representation of first and second language. *Neuroreport* 1997;8:3809-3815
17. Hertz-Pannier L, Gaillard WD, Mott SH, et al. Noninvasive assessment of language dominance in children and adolescents with functional MRI : a preliminary study. *Neurology* 1997;48:1003-1012
18. Gaillard WD, Bookheimer SY, Herts-Pannier L, Blaxton TA. The noninvasive identification of language function. Neuroimaging and rapid transcranial magnetic stimulation. *Neurosurg Clin N Am* 1997;8(3):321-335
19. Kallen BFW, Morris GL, Yekin MF, Erning LJTO, Thijssen HOM, Haughton VM. Hemispheric language dominance studied with functional MR : preliminary study in healthy volunteers and patients with epilepsy. *AJNR* 1998;19:73-77
20. 정희영, 김재형, 신태민등. 1.5T 자기공명영상을이용한사람뇌의 언어관련기능의 Mapping : 운동성언어기능을중심으로 . *대한방사선의학회지*1998;38:205-210
21. 유인규, 장기현, 송인찬등. EPI기법을이용한운동성뇌언어중추의기능적자기공명영상. *대한방사선의학회지* 1998;38:957-964
22. Snell RS. Clinical neuroanatomy for medical students. 2nd ed. Boston : *Little, Brown*, 1987:296-300
23. Haerer AF. The neurologic examination. 5th ed. Philadelphia : *JB Lippincott*, 1992:652-670
24. Yetkin FZ, Hammeke TA, Swanson SJ, et al. A comparison of functional MR activation patterns during silent and audible language tasks. *AJNR* 1995;16:1087-1092
25. Pujol J, Deus J, Losilla JM, Capdevila A. Cerebral lateralization of language in normal left-handed people studied by functional MRI. *Neurology* 1999;52:1038-1043
26. Schlosser R, Hutchinson M, Joseffer S, et al. Functional magnetic resonance imaging of human brain activity in a verbal fluency task. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1998;64:492-298
27. Yetkin FZ, Swanson S, Fischer M, et al. Functional MR of frontal lobe activation : comparison with Wada language results. *AJNR* 1998;19:1095-1098
28. Frost JA, Binder JR, Springer JA, et al. Language processing is strongly left lateralized in both sexes : evidence from functional MRI. *Brain* 1999;122:199-208
29. Zubicaray GI, Williams SCR, Wilson SJ, et al. Prefrontal cortex involvement in selective letter generation : a functional magnetic resonance imaging study. *Cortex* 1998;34:389-401
30. Kansaku K, Shimoyama I, Nakajima Y, et al. Functional magnetic resonance imaging during recognition of written words : Chinese characters for concrete objects versus abstract concepts. *Neurosci Res* 1998;30:83-86
31. Benson RR, FitzGerald DB, LeSuer LL, et al. Language dominance determined by whole brain functional MRI in patients with brain lesions. *Neurology* 1999;52:798-809
32. Chee M.W.L, Tan E.W.L, Thiel T. Manderin and english single word processing studied with functional magnetic resonance imaging. *J Neurosci* 1999;19(8):3050-3056
33. Ojemann JG, Buckner RL, Akbudak E, et al. Functional MRI studies of word-stem completion : reliability across laboratories and comparison to blood flow imaging with PET. *Hum Brain Mapp* 1998;6:203-215

J Korean Radiol Soc 1999;41:1085-1090

Determination of Hemispheric Language Dominance Using Functional MRI : Comparison of Visual and Auditory Stimuli[1]

Ie Ryung Yoo, M.D., Kook Jin Ahn, M.D., Tae Kim[2], Jae Mun Lee, M.D.

[1]*Department of Radiology, The Catholic University of Korea*
[2]*Department of The Catholic Magnetic Resonance Research Center*

Purpose : To assess the difference between auditory and visual stimuli when determining hemispheric language dominance by using functional MRI.

Materials and Methods : In ten healthy adult volunteers (8 right-handed, 1 left-handed, 1 ambidextrous), motor language activation in axial slices of frontal lobe was mapped on a Simens 1.5T Vision Plus system using single-shot EPI. Series of 120 consecutive images per section were acquired during three cycles of task activation and rest. During each activation, a series of four syllables was delivered by means of both a visual and auditory method, and the volunteers were asked to mentally generate words starting with each syllable. In both inferior frontal gyri and whole frontal lobes, lateralization indices were calculated from the activated pixels. We determined the language dominant hemisphere, and compared the results of the visual method and the auditory method.

Results : Seven right-handed persons were left-hemisphere dominant, and one left-handed and one ambidextrous person were right-hemisphere dominant. Five of nine persons demonstrated larger lateralization indices with the auditory method than the visual method, while the remaining four showed larger lateralization indices with the visual method. No statistically significant difference was noted when comparing the results of the two methods($p > 0.05$).

Conclusion : When determining hemispheric language dominance using functional MRI, the two methods are equally appropriate.

Index words : Brain, MR
Brain, function

Address reprint requests to : Kook Jin Ahn, M.D., Department of Radiology, The Catholic University of Korea, St. Mary's Hospital, Youido-dong, Yongdungpo-gu, Seoul, 150-010, Korea.
Tel. 82-2-3779-1277 Fax. 82-2-783-5288 E-mail. ahn-kj@cmc.cuk.ac.kr