대한방사선의학회지 2000;42: 721-727

난치성 간질환자에 있어서 기능적 MR 영상을 이용한 언어기능의 편재화의 결정: Wada 검사와의 비교[1]

이호규 · 강중구[2] · 이정교[3] · 신지훈 · 박성태 · 최충곤 · 서대철 · 임태환

목적: 본 연구를 통하여 난치성 간질 환자에서 기능적 MR 영상 (functional MRI; 이하 fMRI로 약함)을 이용하여 언어의 편재화의 결과를 기존의 침습적인 Wada검사와 비교하여 fMRI의 의의를 알아보고 적절한 언어기능 측정방법을 제시해보고자 하였다.

대상과 방법: 약물 투여에 반응이 없는 난치성 간질을 주소로 fMRI와 Wada검사를 모두 시행한 34명 중 양쪽의 결과에 신뢰성이 있는 30명 (남:여=19:11, 평균 연령=29.7세)을 대상으로 분석하였다. fMRI 기법은 EPI를 이용한 혈액산소농도의존 (blood oxygen level dependent) 기법을 이용하여 시행하였고 1.5 T MR영상기기 및 표준두부코일을 사용하였다. 언어기능 측정은 어휘 읽기와 어휘 만들기의 두 가지 과제로 정하였고 이들 측정 파라다임은 이 두 과제를 한번에 시행하는 복합과제 (multi-task)방식으로 두 차례 반복하였다. 후영상 처리는 z-test를 사용하였고 역치는 z=1.0-1.2로 정하였다. 편재화 판정시 측정부위는 전두엽피질로 한정하였고 두 과제의 차이를 알아보기 위하여 편재화의 일치율 이외에도 활성화부위의 국소화를 밀집도 (clustering)로 표시하여 비교하였다. Wada검사는 내경동맥조영술후 경동맥내 thiopental을 투여하고 언어중추의 편재화를 확인하였다. 언어 기능 측정의 두 가지 검사의 유의성을 알기 위해 Fisher's exact test로 검정하였다 ($p < 0.05$).

결과: Wada검사에 대한 fMRI를 이용한 편재화 일치율은 어휘만들기 (77%)과제가 어휘읽기 (50%) 과제보다 제한적으로 유의한 차이를 보였다 ($p = 0.06$). Wada검사와 상이한 결과로 나온 경우는 어휘 읽기 과제가 33%, 어휘 만들기 과제가 3.3%로 두 과제사이에 유의한 차이가 있었다 ($p < 0.05$). 활성화 영역의 집중도를 나타내는 밀집도는 한 단위 이상을 보였던 경우가 어휘 만들기 과제가 40%, 어휘 읽기 과제가 23%로 두 과제 간에 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$).

결론: fMRI를 이용한 측정시 언어기능의 편재화는 Wada검사의 결과와 높은 일치율을 보였고 어휘 읽기와 어휘 만들기의 두 과제 중 유용한 측정 방법은 어휘 만들기 과제였다. 이러한 결과를 토대로 한 fMRI의 언어기능 측정은 종래의 침습적인 Wada검사의 대체 검사방법으로 사용될 가능성이 높다.

최근에 MRI의 기술 개발에 힘입어 기능적 MR영상 (functional MR imaging: 이하 fMRI로 약함)을 이용한 뇌지도화 (brain mapping)에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 뇌 지도화의 의미는 특정한 지각이나 운동 등의 자극을 가하여 관련된 뇌중추의 활성화를 확인하는 작업이다 (1-7). 임상적으로 뇌지도화의 적용이 가능한 분야는 Wada검사 및 뇌피질 활성화 검사(cortical stimulation test) 등을 꼽을 수 있다.

Wada 검사 (8)는 난치성 간질의 수술전 검사의 일종으로서 내경동맥을 카테타로 선택하여 sodium amobarbital (amytal)이나 thiopental을 주사하는 방법으로서 각 대뇌 반구의 언어 및 기억기능의 유지를 알아보는 방법이다. 그러나 Wada 검사는 혈관조영술을 시행하는 침습적인 검사 방법으로 기억기능과 언어기능의 편재화 유무는 알 수 있으나 국소화는 불가능하다. 이에 비해 fMRI를 이용하면 비침습적으로 언어기능과 기억기능의 편재화 뿐만 아니고 국소화가 가능할 뿐 아니라 여러번의 재검사가 가능하다.

언어에 관련된 fMRI 연구는 최근에 많이 시도되고 있다. McCarthy (9) 등은 최초로 1.5T MR영상기기에서 단어를 일정 속도로 반복할 때 상부 측두엽의 전, 후부에서 신호의 반

[1]울산의대 서울 중앙병원 진단방사선과학교실
[2]울산의대 서울 중앙병원 신경과학교실
[3]울산의대 서울 중앙병원 신경외과학교실
* 본 연구는 1998년 Schering 연구비 지원으로 수행되었음.
이 논문은 2000년 1월 3일 접수하여 2000년 3월 13일에 채택되었음.

응을 볼 수 있다고 하였다. Jackson (10) 또는 Binder (11) 등은 1.5 T MR영상기기에서 fMRI를 이용한 언어기능의 편재화를 확인하였다. 최근에 국내에서도 몇 편의 운동성 언어기능에 대한 연구가 발표되었다 (12-13).

본 연구진은 echoplanar BOLD (blood oxygen level dependent) 기법을 이용한 fMRI로 언어기능의 국소화와 편재화를 확인하여 침습적인 종래의 Wada 검사의 결과와 비교하여 fMRI의 유용성을 알아 보고자 하였다. 이와 함께 최적의 MRI 조건의 선택 및 적정한 언어기능측정의 파라다임 (paradigm)을 결정하고 Wada검사의 결과와 비교하여 fMRI의 신뢰도를 높이고자 하였다. 언어기능 측정은 여러 가지 과제중 반복 적용이 용이한 어휘읽기(reading)와 만들기(generation)의 두가지 과제를 시행하였고 각각의 측정에 따라 관여하는 중추의 활성화 양상과 위치를 비교하여 보았다.

대상과 방법

대상환자 및 MR영상

약물 투여에 반응이 없는 난치성 간질을 주소로 fMRI와 Wada검사를 모두 시행한 34명 중 두검사의 결과에 신뢰성이 있는 30명 (남:여=19:11, 평균년령=29.7세)을 대상으로 분석하였다. 22명에서 수술을 시행하였고 그 병리 결과를 표 1에 기술하였다. Edinburgh inventory (14)의 기준으로 오른손잡이 26명, 왼손잡이 4명이었다. 사용된 MRI기기는 Siemens 1.5 T Magnetom Vision system (Siemens AG, Erlangen, Germany)이고 표준두부코일(standard head coil)을 사용하였다. 자기장의 균일성을 유지하기 위해 스캔 전에 보정 (shimming)을 실시하였다. 모든 대상자에게 시술동의서를 받고 소음성 난청을 막기 위해 귀마개를 끼게 하였다. 운동 인공물을 줄이기 위해 두부코일 내에 발포패드(foam-pad)를 대고 언어 측정 검사시 충분한 사전교육을 실시하였다.

해부학적 기본영상은 주자장 방향에 수직인 축상면 T1 강조영상으로 하였다. fMRI의 영상면은 해부학적 T1 영상과 동일한 부위와 크기의 EPI를 얻었다. 영상 파라다임은 그림 1과 같이 총 7 8회로 먼저 10회간 휴식기 영상을, 다음 7회간 활동기 영상을 얻고 파라다임의 마지막 시기에는 10회간 휴식기를 추가로 시행하여 총 78회의 영상을 얻었다 (Fig. 1). 사용한 기법은 single shot FID (free induction decay)-EPI로 변수는, TR/TE: 1.2sec/51.0ms, 숙임각:90°, 영상획득시간: 1.2sec, 화소: 128×128, FOV: 22cm×22cm, 절편두께/간격: 5mm / 2mm였다. 운동 인공물의 확인은 한개의 절편을 띄우고 시간에 따라 연속적인 영상을 띄우는 영화법(cine mode)을 사용하여 육안적으로 머리의 움직임이 보일 때에는 영상을 버렸다.

언어 작업

기본적으로 언어 자극은 시간을 줄이고 같은 조건을 갖기 위해 여러 개의 작업을 한 번에 시행하는 복합과제 (multitask) 파라다임을 시행하였다 (Fig. 1) (15). 언어 과제는 이미 PET연구 (16, 17)에서 시도된 대표적인 어휘읽기(reading words)와 어휘만들기(generating words)의 2가지로 실시하였다 (Table 1).

언어 측정 재료는 본원에서 제작한 Wada 검사용 언어기능 측정 자료를 변형하여 사용하였다. 기본적으로 메시지 전달 도구는 자체 제작된 스크린과 반사경을 이용하였다. 어휘읽기는 이음절의 일반 명사를 5개씩 선택하여 슬라이드에 일렬로 배열하고 프로젝터를 이용하여 스크린에 비쳤다. 겐트리 내에서 환자는 누워서 반사경을 통하여 스크린을 보고 활동기에 보여주고 어휘를 소리를 내지 않고 속으로 따라 하도록(internal speech) 지시를 받았다. 이때 어휘 변경 속도는 단어 하나에 약 2-3초로 하였다. 휴식기에는 글자가 없는 검은 스크린을 보여주었다.

어휘만들기 과제는 활동기에 단 음절의 글자, 예를 들면 '가', '나', '다' … 등을 보여주고 같은 음절로 시작하는 명사를 계속 만들게 하였다. 글자가 없는 휴식기에는 쉬도록 하였다. 대상의 반응을 알아보기 위해 활동기에는 손바닥을 세워 검사자가 확인할 수 있도록 하였다.

Wada 검사

간질에 대해 수술을 시행할 환자는 Wada 검사 전에 시술 설명을 충분히 하고 시술동의서를 받았다. 하루전 기준선 (baseline) 측정으로 언어와 기억 기능에 대한 판정을 한 후 Wada 검사를 시행하였다. 대퇴동맥을 통하여 혈관조영술과 함께 한쪽 손을 올리게 하고 thiopental(펜토탈소디움, 중외제약, 서울) 30-40mg을 4-5초간 투여하고 손이 떨어지는 것을 확인하였다. 이 때에 편마비가 나타나지 않았을 경우 10mg의 thiopental을 추가로 주입하였다. 디지털감산혈관조영술(digital subtraction angiography)은 Integris BN 3000 biplane (Philips Medical Systems, Netherland)을 이용하여 대퇴동맥을 Seldin-

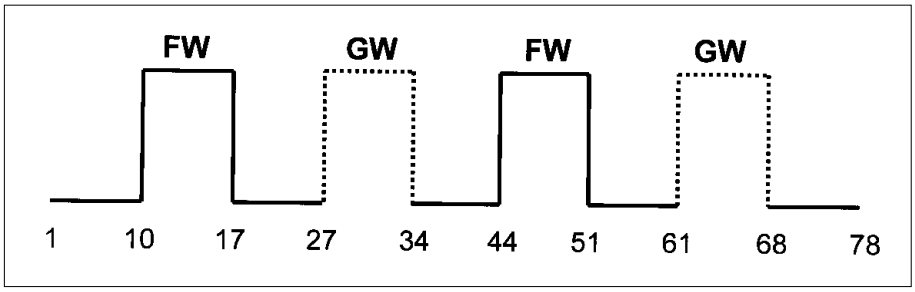

Fig. 1. A schema of language paradigm for multitask.
It consists of two sets of tasks including both following words (FW) and generating words (GW).

Table 1. Summary of fMRI and Wada Test of Patients with Seizure

Pt	Sex	Age	Pathology	Handed	Wada	LI		Clustering	
						FW	GW	FW	GW
1	M	23	ND, R/O hippocampal sclerosis	Rt	Lt	-0.8	0.5	1	1
2	F	55	hippocampal sclerosis	Lt	Rt	-0.2	-1.0	1	0
3	F	33	hippocampal sclerosis	Rt	Lt	UD	0.7	0	1
4	F	35	hippocampal sclerosis	Rt	Lt	0.0	0.7	0	1
5	F	20	hippocampal sclerosis	Lt	Lt	-1.0	0.0	0	0
6	M	54	anaplastic astocytoma	Rt	Lt	-1.0	0.7	3	0
7	M	39	arteriovenous malformation	Rt	Lt	0.2	0.0	0	0
8	M	27	cortical dysplasia	Rt	Lt	0.8	1.0	3	3
9	M	9	ganglioglioma	Rt	Rt	1.0	0.0	0	0
10	M	34	subpial gliosis	Rt	Lt	0.3	1.0	0	0
11	F	30	hippocampal sclerosis	Rt	Lt	0.7	0.5	0	2
12	F	51	anaplastic astocytoma	Rt	Lt	-1.0	0.6	1	0
13	M	25	hippocampal sclerosis	Rt	Lt	0.3	0.6	0	3
14	M	42	ND, R/O old infarction	Rt	Rt	1.0	-0.8	0	2
15	M	26	hippocampal sclerosis	Rt	Lt	0.0	0.8	0	2
16	M	18	ND, R/O hippocampal sclerosis	Rt	Lt	0.0	0.2	0	3
17	M	22	hippocampal sclerosis	Rt	Lt	-1.0	0.3	0	0
18	M	22	hemorrhagic infarction	Rt	Lt	0.6	0.3	1	0
19	F	18	hippocampal atropy	Rt	Lt	0.3	0.0	0	0
20	M	27	hippocampal sclerosis	Rt	Lt	-0.5	0.1	0	0
21	F	22	ND, within normal limit	Lt	Lt	UD	0.0	0	0
22	M	20	hippocampal sclerosis	Lt	Rt	UD	0.1	0	0
23	M	28	hippocampal sclerosis	Rt	Lt	-0.3	0.0	0	0
24	M	22	ganglioglioma	Rt	Lt	1.0	1.0	0	0
25	F	19	encephalomalacia	Rt	Lt	1.0	0.5	0	0
26	M	38	cortical dysplasia	Rt	Lt	0.3	0.0	0	0
27	M	31	hippocampal sclerosis	Rt	Lt	0.0	0.3	0	1
28	F	30	cortical dysplasia	Rt	Lt	1.0	0.5	0	0
29	M	26	cortical dysplasia	Rt	Lt	-0.2	0.5	0	2
30	F	45	organizing infarct	Rt	Lt	-0.2	-0.5	1	2
		mean				0.09	0.29	0.37	0.77

Abbreviation: F = female, FW = following words, GW = generating words, LI = lateralization index, Lt = left, ND = not-done, M = male, Pt = patients, Rt = right, UD = undetermined

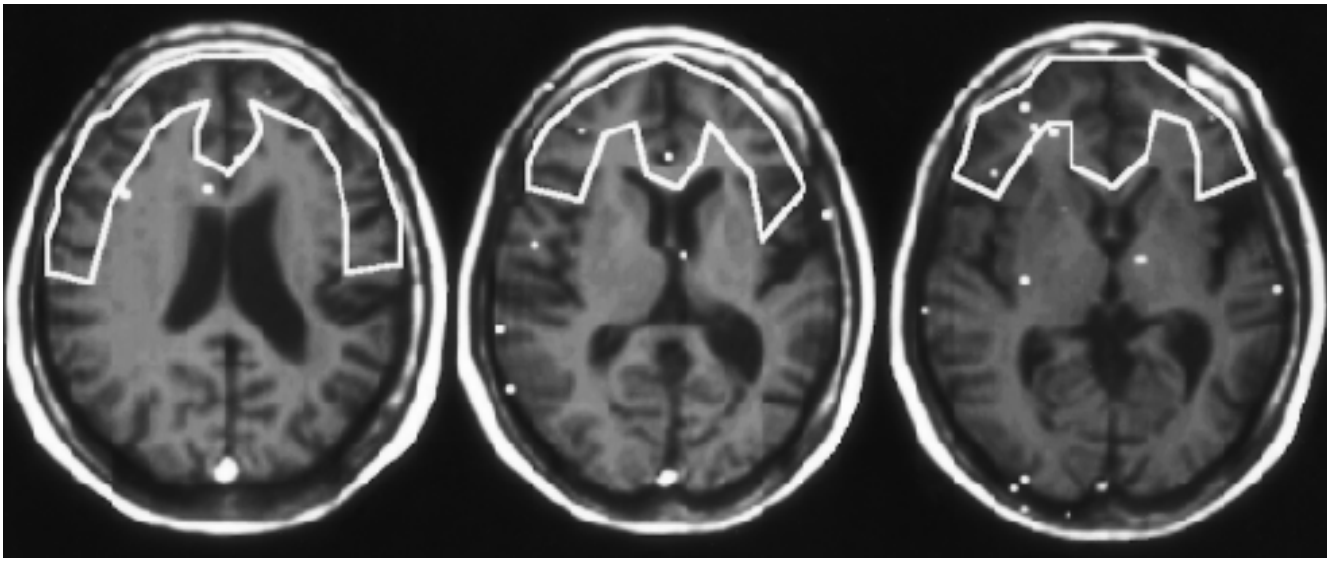

Fig. 2. Region of interest for the language area involving the whole frontal cortex. Activated pixels in the outlined area are counted.

ger 방법으로 천공한 뒤 4F Headhunter 카테터 (Cook Bjaeverskov, Denmark)를 삽입하여 병변측 내경동맥 내로 thiopental을 투여하였다. 우선적으로 병변 반대측 반구의 기능을 확인하고 약물투여 전에 내경동맥 조영을 실시하여 뇌동맥의 변이 등을 확인하였다. 환자에게서 편마비가 일어날 때에 thiopental 주입을 중지 하였다. 측정 방법은 본원에서 제작한 Wada 검사용 언어기능 측정 방법을 이용하였다. 먼저 간단한 명령 두 가지를 하여 언어 이해를 보고 2음절 단어 두 개와 2구절의 문장 한 개를 제시하여 소리내어 읽기 (reading)를 시키고 그림 2개를 보여주어 이름말하기(naming) 검사를 시행하였다. 병변측의 검사가 끝나면 이어서 반대측 내경동맥에서 동일한 방법으로 검사를 시행하였다. 이때 이차 thiopental 투여 때까지는 최소한 30분 이상의 시간 간격을 두고 환자가 완전히 회복된 후 시행하였다 (8). 언어에 대한 우성 반구의 판정은 이해력, 단어읽기(reading)와 단어만들기(generating) 등 3항목을 점수화하여 결정하였다.

분석방법

후영상처리 기법으로 신뢰성 있는 신호를 얻기 위하여 주로 사용한 방법은 z-테스트였다. 우선적으로 대뇌피질 부위의 시간-신호강도곡선을 구하고 이에 따른 상관계수곡선을 만들어 영상처리하였다. 이때 상관계수역치 (threshold)는 가급적 통계학적인 오류나 오차를 피하고자 비교적 낮은 상관계수를 기준으로 잡았다 (z score: >1.0). 또한 혈류에 의한 신호강도 율은 BOLD 영향에 의한 신호강도보다 현저하게 높기 때문에 정맥동이 나타나는 곳은 제외하였다. 그리고 통계적으로 유의성있는 신호강도를 선택하기 위하여 휴식기의 신호 변동 범위를 넘지 않는 신호 강도는 버렸다. 그리고 활성화된 화소를 해부학적 기본영상에 일대일로 대응시키고 뇌조직에서 벗어난 활성화된 화소는 인공물로 간주하여 제외하였다. 이렇게 얻어진 감쇄영상을 동일부위에서 얻은 T1강조영상에 중첩시킴으로써 fMRI를 얻었다.

편재화의 정량적인 방법은 다음과 같은 편재화지수(lateralization index)를 이용하였다.

편재화지수 = [(좌측-우측)/ (좌측+우측)] × 100

이때에 +100은 강한 좌측우세, -100은 강한 우측우세, -5-+5는 양측성을 나타낸다. 적어도 5% 이상의 차이가 있을 때에 편재화가 있는 것으로 간주하였다.

측정부위는 전두엽피질로 국한하였는데 그 이유는 비교적 국소화가 잘되는 것으로 알려져 있고 운동성 언어중추가 위치하는 하전두회(inferior frontal gyrus)를 위주로 하여 편재화에 초점을 맞추어 보고자 하였다 (Fig. 2).

어휘읽기와 어휘만들기의 두 측정방법의 언어작업에서의 활성화 양상의 차이를 알아보기 위하여 국소화 정도를 밀집도(clustering rate)로 표시하였다 (clustering 한 단위 <unit>는 직경 1cm내에 3개 이상 5개 이내의 활성화 화소가 모여있는 것을 의미). 이러한 fMRI와 Wada 검사의 결과를 Fisher's exact test로 검정하였다.

결 과

30명의 편재화에 대한 결과는 Table 1과 같다. Wada 검사에서 언어중추는 좌측 편재화가 26예, 우측 편재화가 4예였다.

Table 2. Agreements of fMRI on the Two Language Tasks Based on Wada Test

	FW	GW
Good agreement	15/30 (50.0%)	23/30 (76.7%)
Poor agreement	10/30 (33.3%)	1/30 (3.3%)

Abbreviation: FW = following words, GW = generating words

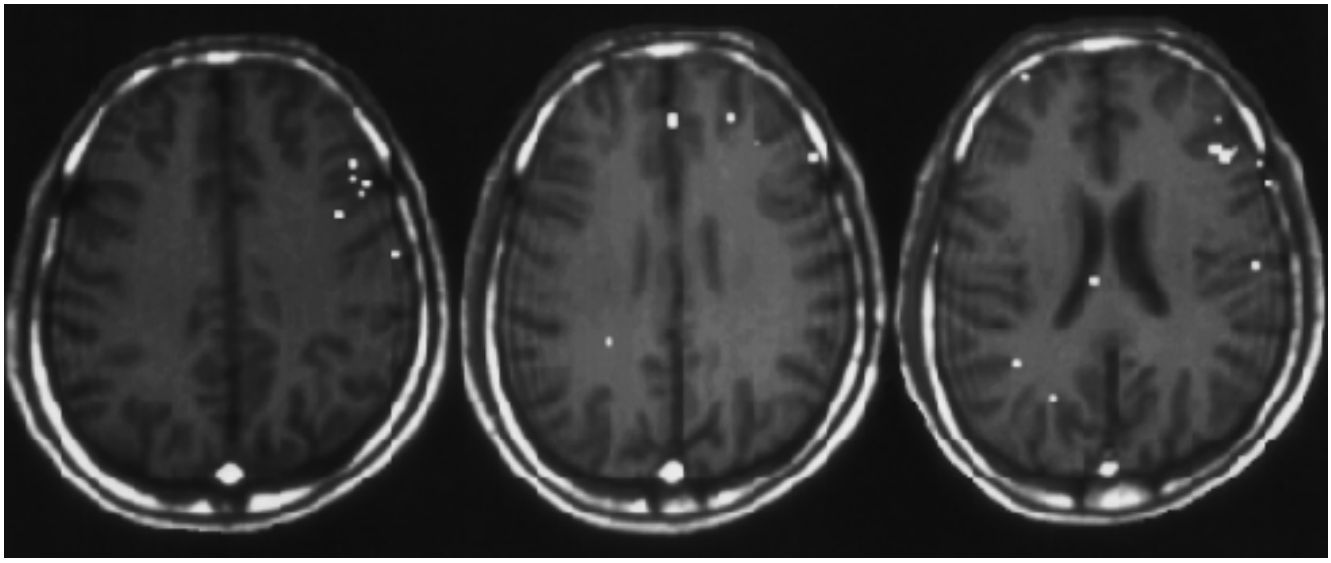

Fig. 3. A case of good agreement. This right handed patient showed left hemispheric dominance of language task in Wada test. On generating words, he had 0.8 of lateralization index and clustering grade 2.

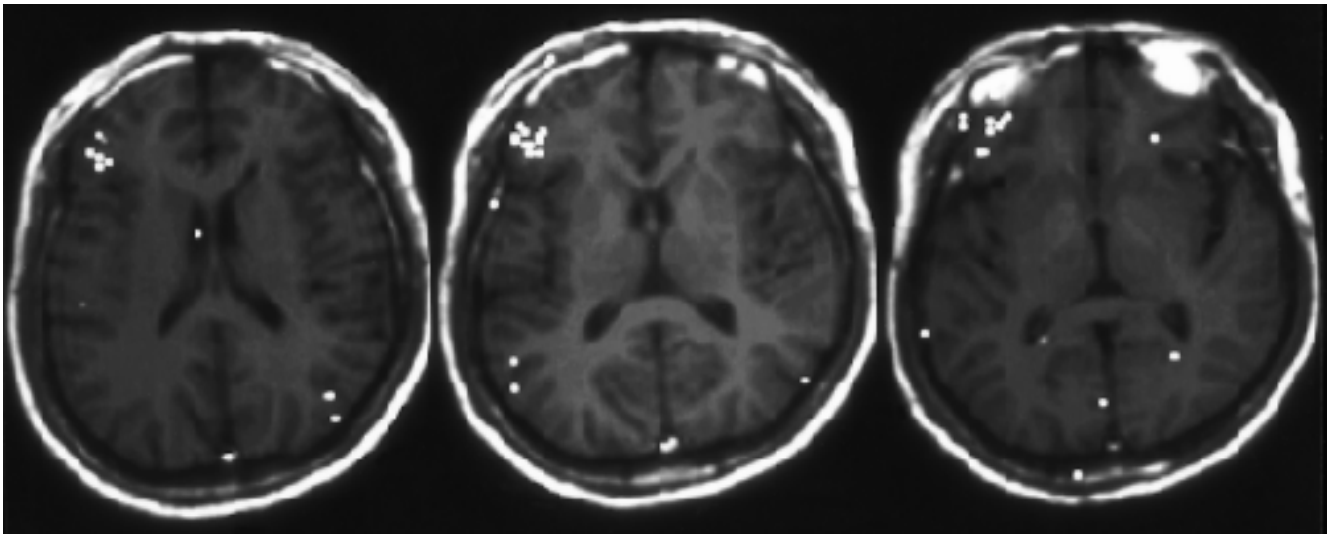

Fig. 4. A case of poor agreement. This right handed patient showed left hemispheric dominance of language task in Wada test. On following words he had -1.0 of lateralization index and clustering grade 3.

fMRI에서 편재화지수는 어휘만들기가 +0.29로 어휘읽기 0.09 보다 높았다.

fMRI와 Wada 검사의 일치율은 어휘만들기 측정이 23예 (77%)로 어휘읽기 15예 (50%) 보다 높았고 이 두 측정의 결과는 제한적으로 (marginally) 유의한 차이가 있었다 (Fig. 3) ($p=0.06$). Wada검사의 결과와 상이한 결과를 보였던 경우는 어휘읽기가 10예 (33%)로 어휘만들기 1예 (3.3%) 보다 유의하게 많았다 (Fig. 4) ($p < 0.05$).

밀집도에서 한단위 이상의 밀집도를 보인 빈도는 어휘만들기가 12예 (40%) 어휘읽기가 7예 (23%)로 두 측정사이에 통계학적으로 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$).

고 찰

fMRI를 이용한 언어기능의 편재화에 대한 연구는 최근에 많이 시행되고 있다. 특히 투약으로 치료가 안되는 측두엽 간질환자에서 우세한 뇌반구를 결정해 줌으로써 수술 계획이나 수술 후 합병증을 예견하는데 도움을 줄 수 있다 (10-13).

편재화지수는 좌측 우세가 86.7%로 흔하였고 기타보고에서의 Wada 검사의 결과와 유사하였다. 그러나 저자들의 연구 결과에서 fMRI와 종래의 Wada 검사와의 일치율을 알아본 바에 의하면 두 검사간의 일치율이 67%로 기타 보고에서의 90% 이상과는 차이를 보였는데 이는 한국인에서 적정 언어 측정에 대한 모델이 없고 이에 따른 각 병원에서의 자극 방법의 차이 및 복합과제를 실시함에 따른 예측치 못한 활성화영역 및 신호크기의 차이 등이 관여할 것으로 추정된다 (11). 이외에도 Wada 검사가 fMRI 검사와는 달리 독해와 이름부르기, 단어가 아닌 문장읽기 등이 추가되어 그 결과에 약간의 차이가 있으리라 예상된다.

언어과제 수행중 활성화는 언어만들기에서 단어 생성 및 발성 언어의 출력 기능과 연관되고 주로 전두엽 부위에 활성화된다고 알려져 있다 (17). 이에 비해서 언어읽기, 즉 언어의 인지나 이해와 관련된 부분은 측두엽, 하두정엽 및 하전두엽 등에서 활성화되고 전자보다 산재되어 있다고 알려져 있다 (16). 본 연구에서도 언어만들기 과제가 언어읽기보다 높은 밀집도를 보였다.

저자들은 fMRI검사의 시간과 검사 횟수를 줄이기 위해 어휘읽기와 어휘만들기의 언어기능검사를 한차례에 끝내는 복합과제(multitask)로 하였다. 저자들이 이미 보고한 (15) 결과처럼 단순 단위 운동신경계는 서로 간에 영향을 주지 않고 독립적으로 작용하는 것으로 알려져 있고 신호강도의 증가율이 높은 것으로 보고되어 있어 저자들은 본 연구에서 한 측정열(series)에 두 가지 작업을 두 번 반복하는 파라다임을 사용하였다. 그러나 본 연구의 결과는 기타 다른 연구의 Wada검사와 낮은 일치율을 보여서 언어 작업에서는 서로 간의 영향을 줄 가능성을 완전히 배제할 수 없을 것이다.

언어기능은 단순 시각이나 운동 등의 기능을 넘어서는 상위의 뇌 인식 기능으로 이를 분석하는데 있어서 몇가지 가정이 필요하다. PET를 이용한 뇌 지도화시 사용하는 가정은 첫째, 뇌기능 활성화에 따른 혈류증가부위는 뇌신경세포 활성화가 증가된 곳일 수도 있고 저해된 곳일 수도 있지만 일단, 모두 활성화 되었다고 본다. 둘째, 뇌 활성화에 필요한 여러 기본단위가 합쳐져서 특히 선형적으로 누적되어 혈류변화로 나타난 것으로 가정한다. 셋째, 넓은 부위가 함께 활성화될 경우에도 모두 활성화된 것으로 본다. 넷째, 서로 떨어진 곳이 할성화 될 경우에는 이 부분들이 서로 협동하여 작업을 수행한 것으로 본다. 이 가정을 간과하면 직접적인 활성화의 부위를 놓치거나 인근 또는 연결된 곳의 활성화를 과대 평가하게 된다 (18). 저자들의 경우에 있어서 하전두엽 이외의 활성화, 즉 측두엽 및 그와 인접한 하두정엽의 활성화는 단어 형태의 조합, 어휘 판단과정, 어의 판단과정 등이 관여하는 부위가 흩어져 있는 것으로 추정된다.

종래의 Wada검사의 단점은 국소화가 안되고 혈관의 변이가 있을시 뇌혈류의 교차혈류(cross flow) 등으로 종종 언어반구의 대칭성이 과장된다. 침습적인 점 이외에도 사람에 따른 마취제량의 결정이 어렵다는 점을 들 수 있다. 이에 비하여 fMRI는 비침습적이고 각각의 반구의 공간적인 분해능이 좋아 수술시 뇌기능 보전을 위한 중요한 정보를 제공해 준다.

다른 연구와 마찬가지로 편재화지수가 다양하게 나타나는데 이러한 결과에 대한 설명으로 언어기능의 편재화가 불연속적이라기보다 연속적인 스펙트럼을 갖고 있기 때문이라고 할 수 있다. 여기에 대한 설명으로 두 가지 가정을 할 수 있는데 첫 번째는 언어와 관련된 음성학, 의미, 순간기억, 기타 여러 가지 기능을 가진 중추가 일측 또는 양측 반구에 따로 위치하고 사람에 따라 이러한 위치가 조금씩 다를 수 있다는 것이고 두번째 가정은 여러 가지 언어작업에 관여하는 기능 영역이 양측 대뇌반구에 나누어져 있고 사람에 따라 우세 정도가 다르다는 것이다. 언어중추는 양측 대뇌반구 중 어느 한쪽으로 완전하게 치우쳐있는 경우는 드물며 좌우측 대뇌반구에 그 기능이 어느 정도 분산되어 있다고 추정되고 있다 (11). 이러한 상대적인 측정치가 오히려 수술 전후의 예후 판정에 도움이 되리라고 생각된다.

언어기능의 편재화지수를 측정하기 위하여 선택하는 뇌의 영역은 여러 연구에서 다양한데 Desmond (19) 등과 Bahn (20) 등은 전두엽의 하전두회에서 Binder (11) 등은 대뇌반구 전체에서 각각 활성화 화소수를 측정영역으로 하였으며 아직 어떤 부위를 비교하는 것이 좋은지 통일된 방법이 정립되어 있지 않은 실정이다. 저자들의 경우는 하전두회가 가장 강하고 밀집된 신호강도를 보여 편재화율을 구하기가 용이하므로 전두엽피질만으로 한정 하였다. 그러나 이외에도 두정엽이나 후두엽, 중심구 및 대상회 및 측두엽에 약간의 활성화 신호가 관찰되어 기타 연구 (11, 19-21)와 일치하고 있으며 이들 부위가 언어작업시 연관된 보조 기능을 담당한다고 추측할 수 있다.

fMRI 검사의 단점은 MRI의 일반적인 단점인 운동 인공물의 발생, 협소공포증 환자에서의 제약 및 EPI가 자화율(susceptibility)에 민감하여 두개골절제술이나 두개골기저부의 자화율 인공물 등의 발생 등을 들 수 있다. 이중에도 특히 환자의 움직임이 신호판정에 지장을 초래하게 되어 동작을 줄이기 위하여 머리를 고정하는 기포패드나 머리고정 도구 등을 사용하거나 후처리 과정시 동작보정 프로그램을 적용할 수 있다.

본 연구에서 비록 Wada 검사와 fMRI 검사에서 동일한 측정 방법을 사용하지 못한 점과 복합과제의 상호 영향에 대한 규명이 어려웠던 점 등을 들 수 있으나 편재화를 결정하는 데는 무리가 없었다.

결론적으로 fMRI를 이용한 언어기능 검사는 기존의 침습적인 Wada검사를 대체할 가능성이 높고 언어중추에 대한 국소화가 가능하여 언어회로(language circuit)에 대한 이해를 높일 수 있으리라 생각된다.

참 고 문 헌

1. Connelly A, Jackson GD, Frackowiak RS, Belliveau JW, Vargha-Khadem F, Gadian DG. Functional mapping of activated human primary cortex with a clinical MR imaging system. *Radiology* 1993;188:125-30
2. Belliveau JW, Kennedy DN Jr, McKinstry RC, et al. Functional mapping of the human visual cortex by magnetic resonance imaging. *Science* 1991;254:716-719
3. Yoshiura T, Hasuo K, Mihara F Masuda K. Morioka T. Fukui M. Increased activity of the ipsilateral motor cortex during a hand motor task in patients with brain tumor and paresis. *AJNR Am J Neuroradiol* 1997;18:865-869
4. Ogawa S, Lee TM. Magnetic resonance imaging of blood vessels at high fields : In vivo and in vitro measurements and image simulation. *Magn Reson Med* 1990;16:9-18
5. Frahm J, Bruhn H, Merboldt KD, Hanicke W. Dynamic MR imaging of human brain oxygenation during rest and photic stimulation. *J Magn Reson Imaging* 1992;2:501-505
6. Belliveau JW, Kwong KK, Kennedy DN. et al. Magnetic resonance imaging mapping of brain function: human visual cortex. *Invest Radiol* 1992;27 Suppl 2:S59-65
7. Kwong KK, Belliveau JW, Chesler DA, et al. Dynamic magnetic resonance imaging of human brain activity during primary sensory stimulation. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1992;89:5675-5679
8. Wada J and Rasmussen T. Intracarotid injection of sodium amytal for the lateralization of cerebral speech dominance. *J Neurosurg* 1960;17:266-282
9. McCarthy G, Blamire AM, Rothman DL, Gruetter R, Shulman RG. Echo-planar magnetic resonance imaging studies of frontal cortex activation during word generation in humans. *Proc Natl Acad Sci USA* 1993;90:4952-6
10. Jackson GD, Saling MM, Abbott DF, et al. *Language lateralization and localization using functionalMRI*. Proceedings of 3rd Conference of of the Human Brain Mapping 1997;S588
11. 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
12. 유재욱, 나동규, 변홍식, 등. 언어영역의기능적자기공명영상 . *대한자기공명의과학회지*1999;3:53-59
13. 유인규, 장기현, 송인찬, 등. EPI기법을이용한운동성뇌언어중추의기능적자기공명영상. *대한방사선의학회지*1998;38:957-964
14. Oldfield RC. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia* 1971;9:97-113
15. 신병석, 이호규, 박성태, 등. 기능적자기공명영상을이용한단일과복합수지운동의비교연구. *대한방사선의학회지*1998;38:965-970
16. Price CJ, Wise RJ, Watson JD, Patterson K, Howard D, Frackowiak RS. Brain activity during reading. The effects of exposure duration and task. *Brain* 1994;117:1255-1269
17. Petersen SE, Fox PT, Posner MI, Mintun M, Raichle ME. Positron emission tomographic studies of the cortical anatomy of single-word processing. *Nature* 1988;331:585-589
18. Roland PE. Brain activation. New York: Wiley-Liss, 1993;420-424
19. Desmond JE, Sum JM, Wagner AD, et al. Functional MRI measurement of language lateralization in Wada-tested patients. *Brain* 1995;118:1411-1419
20. Bahn MM, Lin W, Silbergeld DL, et al. Localization of language cortices by functional MR imaging compared with intracarotid amobarbital hemispheric sedation. *AJR Am J Roentgenol* 1997;169:575-579
21. Yetkin FZ, Hammeke TA, Swansoin SJ, et al. A comparison of functional MR activation patterns during silent and audible language tasks. *AJNR Am J Neuroradiol* 1995;16:1087-1092

J Korean Radiol Soc 2000;42:721-727

Determination of Language Dominance Using Functional MRI in Patients with Intractable Seizure: Comparison with Wada Test[1]

Ho Kyu Lee, M.D., Joong Ku Kang, M.D.[2], Jung Kyo Lee, M.D.[3], Ji Hoon Shin, M.D.,
Sung Tae Park, M.D., Choong Gon Choi, M.D., Dae Chul Suh, M.D., Tae-Hwan Lim, M.D.

[1]*Department of Diagnostic Radiology, Asan Medical Center, College of Medicine, University of Ulsan*
[2]*Department of Neurology, Asan Medical Center, College of Medicine, University of Ulsan*
[3]*Department of Neurosurgery, Asan Medical Center, College of Medicine, University of Ulsan*

Purpose: To investigate the efficiency or potency of functional MRI (fMRI) for the determination of language dominance by comparing the results of fMRI with those of the Wada test.

Materials and Methods: Among 34 patients with intractable seizure who underwent both fMRI and the Wada test, we analyzed the results of 30 (men:women = 19:11; mean age = 29.7 years). Using echoplanar imaging and the blood oxygen level dependent technique, fMRI was performed using a 1.5 T MR imager with a standard head coil. The language task consisted of two parts: reading words and generating words. For fMRI, a multi-event multi-task paradigm consisting of two sets of activation, rest, and alternative periods was used. Image processing involved the use of the Z test (Z threshold = 1.0_1.2). To determine the lateralization index, we calculated the activation pixels within the whole frontal cortex., and to ascertain the discrepancy between the two tasks, the clustering grade of activation pixels was measured. After the injection of thiopental, language dominance was determined by means of a modified Wada test. The results of this and the findings of fMRI were compared with the results of Fisher's exact test ($p < 0.05$).

Results: The correlation indices between the findings of fMRI and the results of the Wada test were 77% for word generation and 50% for reading. The diference was only marginally significant ($p = 0.06$). For the two tasks, the opposite results were 33% for reading and 3.3% for word generation, and these were significantly different ($p < 0.05$). The clustering grade for more than one unit was 40% for word generation, and 23% for readings, a difference which was not statistically significant($p > 0.05$).

Conclusion: For the determinaton of language dominance, fMRI showed good correlation with the Wada test. The word generation task was more efficient than the reading task. fMRI which is non-invasive and repeatable, is therefore more efficient and useful than the invasive Wada test.

Index words : Brain, MR
Magnetic resonance(MR), image processing
Magnetic resonance(MR), technology

Address reprint requests to : Ho Kyu Lee, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Asan Medical Center, College of Medicine, University of Ulsan, 388-1, Pungnap-dong, Songpa-gu, Seoul 138-736, Korea.
Tel. 82-2-2224-4371/4400 Fax. 82-2-476-4719
E-mail: hklee2@www.amc.seoul.kr

2000년도 대한방사선의학회 중요행사 일정 (I)

대 회 명	일 정		장 소
	내 용	일 정	
2000년도 제43회 전문의고시	응시원서 배부 응시원서 접수 수험표 교부	99. 11. 1(월)- 6일(토) 99. 11. 8(월)-13일(토) 99. 12. 20(월)-22일(수)	의협 학술부 학회 사무국 학회 사무국
	1차시험 2차시험(slide 시험) (구술시험)	00. 1. 13(목) 10:00-13:00 00. 1. 20(목) 10:00-13:00 00. 1. 21(금) 08:00-22:00	서울대학교병원 서울대학교병원 서울올림픽파크텔
	1차시험 합격자발표 2차시험 합격자발표	00. 1. 18(화) 16:00- 00. 2. 3(목) 12:30-	의협ARS, 학회 홈페이지
쉐링연구비 게르베연구비	2000년도 연구계획서 제출마감	00. 1. 31(월)	학회 사무국
	수혜자 발표 및 연구비 지원	00. 4. 22(토)	춘계학회장
연구회, 지회 보고서 제출	1999년도 학술활동 보고서 및 2000년도 학술활동 계획서 제출마감	00. 1. 31(월)	학회 사무국
학술상, 저술상	학술상 및 저술상 신청마감	00. 1. 31(월)	학회 사무국
ECR 2000	European Congress of Radiology	00. 3. 5(일)-10(금)	Austria, Vienna
SGR	The 29th Society of Gastrointestinal Radiologists	00. 3. 12(일)-17(금)	Hawaii
대한자기공명의과학회 춘계학술대회	대한자기공명의과학회 춘계학술대회	00. 3. 18(토)	연세대학교 공학관
ISMRM	The 8th International Society for Magnetic Resonance	00. 4. 1(토)- 7(금)	Denver, Colorado
ASNR	ASNR 38th Annual Meeting	00. 4. 2(일)- 8(토)	Atlanta, GA
춘계학술대회	2000년 춘계학술대회	00. 4. 21(금)-22(토)	경주 교육문화회관
	초록마감 사전등록마감 의료기기 전시참가 신청마감	00. 1. 31(월) 00. 3. 15(수) 00. 3. 31(금)	학회 사무국
춘계전공의연수교육	2000년도 춘계전공의연수교육	00. 4. 22(토) 13:30-17:30	경주 교육문화회관
	사전등록마감	00. 3. 15(수)	학회 사무국
세계초음파의학회	2000년 세계초음파의학회	00. 5. 6(토)-10(수)	Florence, Italy
ARRS	100th American Roentgen Ray Society	00. 5. 7(일)-12(금)	Washington DC
대한초음파의학회 학술대회	2000년도 춘계초음파학회 학술대회	00. 5. 19(금)-20(토)	서울중앙병원
전공의 오리엔테이션	2000년도 신입 전공의 오리엔테이션	00. 5. 12(금)-13(토)	천안 상록회관
	사전등록마감	00. 4. 29(토)	학회 사무국