

기능적 자기공명영상을 이용한 단기 기억 뇌기능 매핑연구

가톨릭대학교 의과대학 의공학교실

주라형 · 최보영 · 서태석

작동기억 및 얼굴 영상에 대한 정보 처리 과정의 장애는 정신분열병 환자에서 나타나는 광범위한 인지기능 장애 중의 하나이다. 본 연구는 기능적 자기공명영상기법을 이용하여 정신분열병 환자군과 정상 대조군 간의 얼굴 영상의 작동기억에 관여하는 뇌 활성의 차이를 분석하고자 하였다. 10명의 정신분열병 환자와 10명의 정상 대조군을 대상으로 선정하였다. 얼굴영상 자극을 이용한 1-back 작동기억 패러다임을 수행하는 동안 뇌 피질의 활성을 측정하기 위해 기능적 자기공명영상으로 두 군 간의 뇌 활성의 차이를 SPM을 사용하여 분석하였다. 정신분열병 환자군은 정상대조군에 비해 작동기억 수행 점수가 유의하게 저하되어 있었다. 환자군에서 대뇌의 좌측 방추상 이랑, 우측 위 전두 이랑, 양측 중간 전두 이랑, 도, 좌측 중간 측두 이랑, 설전부 피질과 소뇌의 사각엽과 충부의 활성이 감소되어 있었다. 반면, 외측 전전두 피질과 두정엽의 활성이 증가되었고, 또한 두 군 모두에서 우측반구의 활성이 증가되어 있었다. 정신분열병 환자에서 좌측 방추상 이랑의 활성이 감소된 것은 얼굴 영상에 대한 정보 처리 과정의 장애를 의미하며 기능적 자기공명영상분석법으로 작동기억능력의 유용성을 평가하였다.

중심단어: 정신분열병, 작동기억, 얼굴 영상, 방추상 이랑

서 론

정신분열병 환자는 사회적 인지기능의 저하로 얼굴표정을 인식하는 능력의 장애를 보인다.¹⁻³⁾ 뇌 영상연구 및 신경인지기능 검사에서 정신분열병 환자가 감정을 표현하는 얼굴 형태에 대해 비정상적 뇌 반응을 나타낸다는 것이 보고되었는데,^{4,5)} 인지 기능의 감정적 요소에 관여하는 편도(amygdala)가 비정상적으로 활성화되었다.^{6,7)} 현재까지 연구 결과들은 후두측두 이랑 하부에 위치한 방추상 이랑(fusiform gyrus)이 안면정보의 시각적 처리(visual processing)와 부호화(encoding)에 있어 중요한 역할을 한다고 제시하였다. 이러한 결과들은 방추상 이랑이 정신분열증 환자에서 비정상적인 얼굴정보 처리에 관여하는 중요한 신경기질(neural substrate)이라는 것을 시사한다. 또한 정신분열병

환자에서 얼굴 영상이라는 기억 증진 내용을 이용하여 작동기억의 신경회로를 분석한 연구는 드물며 이에 본 연구에서는 정신분열병 환자에게 작동기억 내용으로서 얼굴영상을 보여주고 기능자기공명영상(functional magnetic resonance imaging; 이하 fMRI)을 이용하여 뇌 활성화정도 측정하여 이를 정상대조군과 비교하여 방추상 이랑과 시각피질영역(visual cortex area)과 같은 안면정보를 처리하는 신경 기질의 활성화정도를 분석하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

정신장애 진단기준(DSM-IV)²⁵⁾에 의해 정신분열병으로 진단된 10명의 환자(남자 6명, 여자 4명)와 연령, 성별, 교육정도, 지능지수 등을 10명의 정상대조군과 비교하였다. 환자군과 대조군은 18세에서 45세 사이의 연령, 지능지수 75 이상, 오른손잡이였으며, 신경학적 질환의 병력이 없었고 알코올과 약물 의존의 과거력도 없었다. 정상 대조군은 주요 정신질환이나 신경계 질환의 과거력이 없거나 정신질환의 가족력이 없는 사람을 대상으로 하였다. 정신분열병 환자의 증상 정도는 brief psychiatric rating scale (BPRS)⁸⁾로 평가하였으며 mini-mental state examination (MMSE)⁹⁾을

This work was financially supported by R&D Program of the Ministry of Health & Welfare [0405-ER00-0301-0006]

이 논문은 2005년 3월 3일 접수하여 2005년 3월 18일 채택되었음.

책임저자 : 서태석, (137-701) 서울시 서초구 반포동 505

가톨릭대학교 의과대학 의공학교실

Tel: 02)590-2414, Fax: 02)532-1779

E-mail: suhsanta@catholic.ac.kr

사용하였다(Table 1).

2. 뇌영상 분석

영상은 Matlab (Mathworks Inc., USA)상에서 구현되는 SPM (Statistical Parametric Mapping, Institute of Neurology, University College London, UK)을 이용하였다. DICOM 영상은 헤더 정보와 영상정보를 분리하여 Analyze 파일 포맷으로 변환하였고, 각 대상자에 대한 움직임과 파일크기에 대한 교란변수들을 교정하기 위해 정합 보정하고 모두 동일한 MRI 표준 공간으로 공간 정규화(spatial normalization)하였다.

1) 영상재조정과 융합

영상재조정은 각 영상에서 9 Rigid-body transformation parameter 설정에 의해 수행되고 기준으로 설정하는 영상과의 평균제곱차를 최소화하기 위한 파라미터를 결정한다. x, y, z 초기 파라미터를 결정하기 위해 반복적 방법(iteration)으로 재조정하고 현재 설정된 파라미터를 이용하여 최적의 조건을 갖는 최적의 함수 모델로 만들어낸다. Trilinear interpolation 방법으로 8화소의 중심에 평균무게중심을 실어 샘플링함으로써 x, y, z 방향에서 전체 화소에 의해 변형되는 영상보다 평편화된 영상을 얻을 수 있도록 영상융합하였다.

2) 공간정규화와 평편화

공간정규화는 각 영상의 볼륨을 Montreal Neurological Institute (MNI, McGill University, Montreal, Quebec, Canada)

에서 제공하는 표준템플릿에 정합하기 위해 least square 방법을 사용해서 비선형 16 parameter affine transformation 방법으로 수행하였다. 화소 크기는 $2 \times 2 \times 2 \text{ mm}^3$ 으로 공간 정규화하고 그 결과로 나온 볼륨을 EPI 템플릿으로 영상 융합을 수행하였다. 25 mm의 cutoff로 16 nonlinear iteration 방법으로 비선형 정규화하였고 3-D piece-wise nonlinear matching에 의해 보다 정교한 해부학적 스케일을 조정하여 평편화시켰으며 isotropic Gaussian kernel로 중첩적분하여 신호대 잡음비를 높이기 위해서 반폭치를 8 mm로 하였다.

3) 뇌 fMRI 지표(parameters)

자기공명영상은 1.5T MR scanner (Magnetom Vision Plus, Siemens, Erlangen, Germany)로 EPI (echo planar imaging) 기법(반복시간(TR)/에코시간(TE)=3,000/60 msec, 속입각(flip angle) =90°, FOV=240)을 이용한 BOLD (blood oxygenation level dependent) 기법으로 신경 활성화와 연관된 영상 차를 측정하였다.

4) fMRI를 위한 과제 패러다임(task paradigm)

fMRI의 과제 패러다임으로 사람의 얼굴 영상을 이용한 1-back 작동기억 검사를 시행하였다. Yale Face Database¹⁰⁾에 의한 기준을 통해 10명의 남자와 10명의 여자(모두 한국인, 평균 연령 32세, 24~48세의 범위)의 얼굴 영상을 선정하였다. 이렇게 제작된 시각 자극은 Presentation software (Version 4.06, Neurobehavioral Systems, CA)를 사용하여 프로그래밍되었으며, 영상은 MRI실 밖에 위치한 스크린에 제시되었다. 각 자극의 지속시간은 1초로 2.5초마다 제시되었다. 12개의 자극이 30초의 한 단위로 4번 주어졌으며 그 사이에 5번의 30초간 휴식기가 있어 그 동안 피검자들은 거울의 한 가운데 위치한 작은 십자가 모양을 응시하도록 하였다. 목표 자극은 총 48개였으며 전체 자극의 30%를 차지하였다. 목표 자극의 순서는 무작위적으로 할당되었다.

3. 통계분석

피험자의 휴식기와 활성화기의 영상정보처리를 위해 SPM의 일반선형모델(general linear model)을 사용하여 각 화소의 통계학적 유의성을 측정하였다. 개별-수준 분석(individual-level analysis)을 마친 후, 그룹분석을 위해 conjunction을 fixed모델로 하고 SPM의 two-stage analysis method를 이용하여 환자군과 대조군의 군집-수준 활성을 검사하였다. 분석된 t 통계값은 Z 점수로 정규화되었고 의미 있는 활성화군(clusters of significant activation)은 활성화의 높이

Table 1. Demographic and clinical characteristics of patients with schizophrenia and healthy comparison subjects.

	Patients (n=10)			Control subjects (n=10)		
	Mean	SD	Range	Mean	SD	Range
Age (y)	24.9	4.8	20~30	22.6	1.4	20~30
Education	13.3	2.3	9~16	14.3	1.1	12~16
IQ	111.5	5.7	97~132	114.4	8.5	100~121
MMSE	29	0.8	29~30	29.8	0.4	29~30
SES	2.9	0.6	2~4	2.3	0.35	2~3
Parents SES	2	0.7	1~3	2.1	0.7	1~3
Age of onset	23.2	4.3	18~28			
BPRS total score	24.7	3.8	21~34			

*Patients and healthy comparison subjects were matched throughout all the demographic variables (paired two-sample t-test, $p > 0.05$). IQ: intelligence quotient, MMSE: mini-mental state examination, SES: socioeconomic status, BPRS: brief psychiatric rating scale

Table 2. Group activation results, thresholded at height $p < 0.005$ and extent corrected $p < 0.05$ ($n=10$ in each group).

Anatomy	BA*	R/L [†]	Control group				Patient group			
			x	y	z	Z _{score} [‡]	x	y	z	Z _{score} [‡]
Superior frontal gyrus	8	R	4	31	44	3.91				
	6	R	6	14	48	3.4	6	14	49	3.55
Middle frontal gyrus	8	R	26	14	38	2.91				
	9/46	R	48	15	18	2.92	46	36	15	3.58
		L	-44	11	31	3.81	-46	15	25	3.22
	6	R	30	14	53	4.07	26	15	58	3.12
L		-32	8	51	3.8	-26	16	53	2.95	
Inferior frontal gyrus	10/46	R					40	51	1	2.91
Anterior cingulate gyrus	32	R	12	26	23	3.6	8	26	23	3.45
Precuneus/parietal lobule	7/40	R	34	-56	42	4.55	34	-56	53	3.48
		L	-34	-56	51	3.1	-34	-55	53	3.27
Visual area	17/18	R	24	-91	3	3.37	-28	-93	10	3.44
		L	-18	-97	3	4.16	24	-83	-8	3.06
Fusiform gyrus	37	R	48	-57	-16	4.32	44	-55	-16	2.68
		L	-40	-51	-14	3.77	-44	-51	-16	2.98
Putamen		R	24	6	-4	4.09				
		L	-22	8	-4	4.3				
Anterior insula		R	36	21	-9	3.97	32	23	-8	3.39
		L	-30	27	-6	4.04	-34	15	-7	2.93

*Anatomical location of the maximum activation is given along with its Brodmann's area nomenclature (BA). [†]Hemisphere L- Left, R- Right. [‡]Extent threshold voxel value

(height)와 공간적(spatial) 범위($p < 0.05$)의 결합 기대 확률 분포(probability distribution; $Z_{score}=2.58$, $p < 0.005$)를 이용하여 정의하였다.^{11,12)} Talairach 좌표 상의 활성화의 위치는 각각에 해당하는 해부학적 용어와 브로드만 영역(Broadmann area; BA)의 숫자로 전환하였다.

결 과

1. 그룹내 분석

환자군에서 과제의 정확도는 $80.6 \pm 9.45\%$ 였다. 대조군은 과제의 정확도가 $87.7 \pm 2.87\%$ 로 환자군에 비해 의미 있는 차이를 나타내었다(paired t-test, $t=4.28$, $d.f.=9$, $p=0.002$). 두 대상군은 주어진 작동기억 과제를 처리하는 데 있어 공통적인 신경 기질을 나타내었다. 환자군과 정상대조군 각 그룹내 분석에서 각각의 활성화영역과 Talairach 좌표 상의 브로드만 영역을 x, y, z좌표와 그 좌표에서의 extent threshold voxel value를 Z_{score} 로 Table 2에 나타냈다. 후두엽의 일차/이차 시각 영역(primary/secondary visual areas, BA17/18)과 방추상 이랑(BA37)은 과제와 연관되어 활성화되었다. 중간 전두 이랑(middle frontal gyri)의 배외측 전전두 피질

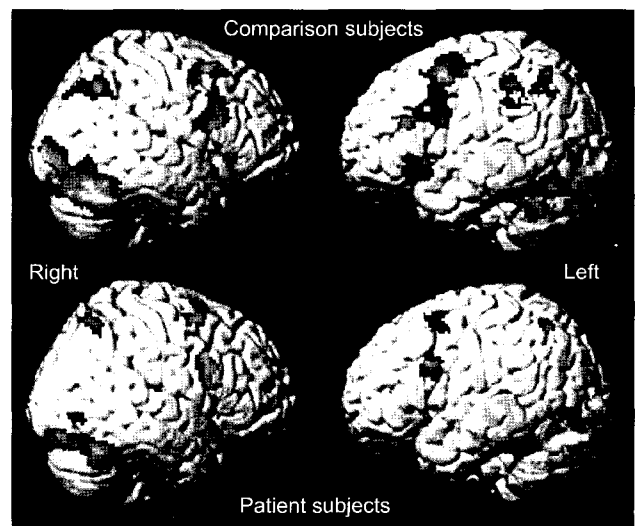


Fig. 1. Group activation results of patients and comparison subjects on a 3D rendered brain.

(dorsolateral prefrontal cortices, BA46/9)과 설전부/두정엽(precuneus/parietal lobules, BA40/7)은 환자군과 대조군 모두에서 양측이 활성화되었다. 한편 우반구의 위, 중간 전두

이랑(superior and middle frontal gyri, BA8)와 양측 피각(putamen)이 대조군에서 선택적으로 활성화되었으며 외측 전전두 피질(lateral prefrontal cortex, BA10/46)의 우측 아래 전두 이랑(right inferior frontal gyrus)의 활성화는 환자군에서만 관찰되었다. 소뇌의 경우 양측 사각엽(quadrangular lobules)이 두 군 모두에서 활성화되었으나, 결절(nodulus)과 편도(tonsil)의 활성화는 대조군에서만 관찰되었다(Fig. 1).

2. 환자군과 대조군의 그룹 간 분석

과제 수행 동안의 신경 활성화의 차이를 알아보기 위해 환자군과 정상대조군 두 그룹 간 비교를 시행하여 각각의 활성화영역과 Talairach 좌표 상의 브로드만 영역을 x, y, z 좌표와 그 좌표에서의 extent threshold voxel value를 Z_{score}로 Table 3에 나타냈다. Table 3에서는 정상군과 비교해 환자군에서 비활성을 보인영역을 control subject > patient로 정

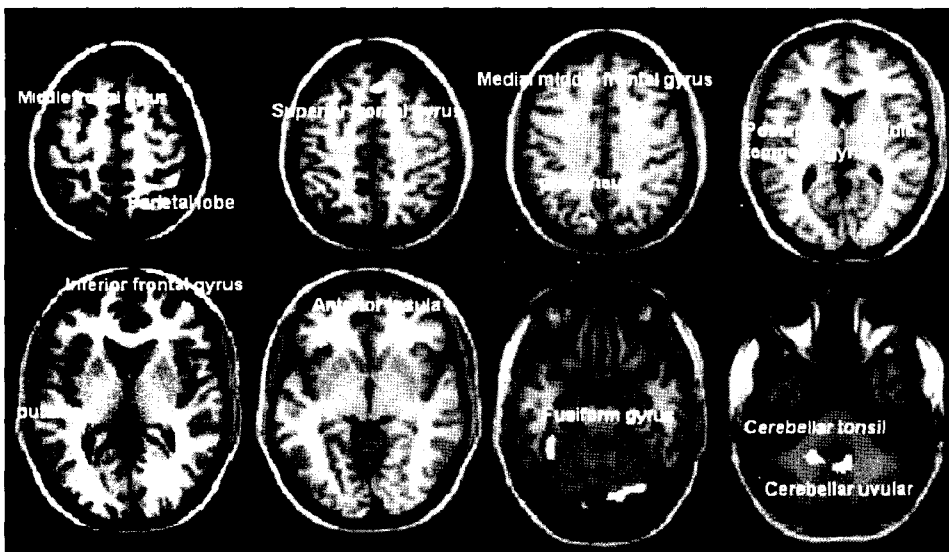


Fig. 2. Group activation results comparing healthy subject group > patient subject group (in yellow) and patient subject group > healthy subject group (in blue). Talairach coordinates in the superior-inferior direction is shown in the upper left corner of each axial slice image.

Table 3. Group comparison results, thresholded at height $p < 0.005$ and extent corrected at $p < 0.05$.

Anatomy	BA	R/L	Patient > comparison				Comparison > patient			
			x	y	z	Z _{score}	x	y	z	Z _{score}
Cerebrum										
Superior frontal gyrus	8	R	6	31	44	3.41				
Middle frontal gyrus	6	L	-32	-1	53	2.95				
	8	R	24	17	36	3.03				
Inferior frontal gyrus	10/46	R					40	49	1	3.31
Middle temporal gyrus	39	L	-42	-73	13	3.67				
Precuneus	7	L	-7	-72	42	3.57				
Parietal lobule	40	R					46	-34	57	3.37
Fusiform gyrus	37	L	-38	-48	-18	3.26				
Putamen		L	-22	-4	4	2.97				
Anterior insula		R	30	29	-1	2.98				
		L	-32	29	-3	2.84				
Nodulus		m	4	-58	-29	3.24				
Uvula		m	-4	-46	-31	3.03				
Tonsil		R	14	-49	-31	3				
		L	-14	-48	-33	3.03				

상군과 비교해 환자군에서 활성을 보인영역을 control subject < patient으로 나타냈다(Fig. 2). 환자군에서 대조군에 비해 상대적인 신호(signal)의 감소를 나타낸 신경 기질을 살펴본 결과 대뇌와 소뇌에서 광범위한 신경망이 관찰되었다. 여기에는 우측 위 전두 이랑(right superior frontal gyrus, BA8), 중간 전두 이랑(middle frontal gyrus, 좌측 BA6과 우측BA8), 좌측 설전부(precuneus, BA7), 좌측 방추상 이랑(BA37), 양측 전도(bilateral ant. insula), 좌측 피각(putamen)이 포함되었다. 소뇌의 경우, 환자군에서 사각엽(quadrangular lobule), 충부(vermis), 양측 편도(tonsil)의 활성이 감소되었다. 반면, 환자군에서 외측 전전두 피질(lateral prefrontal cortex, BA10/46)의 우측 아래 전두 이랑(right inferior frontal gyrus)와 우측 두정엽(right parietal lobule, BA40)은 활성이 증가하였다.

고 찰

환자군에서 활성이 감소된 영역은 대조군에 비해 좌측 방추상 이랑에서 과제와 연관된 자기공명 신호의 의미 있는 감소를 나타냈으며, 정신분열병 환자에서 방추상 이랑, 특히 좌측 방추상 이랑 부위의 부피 감소가 관찰되는 이전의 해부학적 자기공명영상 분석의 결과와 매우 잘 부합한다.¹³⁾ 정신분열병 환자의 좌측 설전부와 후 측두 이랑에서 관찰되는 상대적인 활성 저하는 시각연합 영역을 통한 안면 정보의 처리과정이 매우 비능률적인 상태임을 의미한다. 따라서 좌측 반구에서 방추상 이랑의 뚜렷한 기능 저하는 안면 정보의 처리 과정에 영향을 줄 수 있다. 본 연구에서 환자군은 양측 도(insula)의 활성이 상대적으로 감소되었다. 이는 정신분열병 환자에서 도의 대사 저하를 보고한 이전 연구의 결과와 유사하며¹⁴⁾ 이러한 결과들은 얼굴 표정 인식의 결함과 연관성을 시사한다.⁴⁾ 또한 위 전두 이랑, 보조 운동 영역(supplementary motor area, SMA)의 좌측 중간 전두 이랑과 좌측 피각과 같은 운동 관련 영역의 활성 감소는 정신분열병 환자의 특징적인 임상 증상 중의 하나인 비효율적인 운동기능을 나타낸다.¹⁵⁾ 정신분열병 환자군에서 활성이 증가된 영역은 우측 두정엽과 아래 전두 이랑은 증가된 활성을 나타내었다. 두정 연합 영역은 기억 증진 과정을 위한 일시적인 '그림판(sketch pad)' 역할을 수행하는 작동기억에 중요한 부위이며,¹⁸⁾ 정신분열병에서 나타나는 비정상적인 작동기억 처리 과정에 관여한다.^{16,19)} 반면에, 외측 전전두 영역은 작동기억 처리 과정의 조작, 통합, 실행 기능의 조절에 관여한다.^{17,20)} 특히, 전전

두 피질 내의 이러한 영역들은 두 가지 과제를 수행할 때, 하나의 과제를 처리하는 동안 다른 하나의 과제의 처리를 유지하고 있는 것과 연관된다고 알려져 있다. 활성의 편측화(lateralization)는 여러 연구에서 정신분열병은 특히 언어 기능의 경우, 뇌 활성의 편측화가 나타날 수 있다고 제시하였다.^{21,22)} 본 연구에서는 환자군의 우측 반구에서 높은 수준의 영상 신호 증가가 관찰되었다. 좌측 전전두엽은 기억의 부호화(encoding)하는 동안에 활성화되지만, 반면에 우측 전전두엽은 기억 증진 복구(retrieval) 단계에서 주로 활성화한다.²³⁾ 작동기억 처리과정 동안 활성의 편측화는 비공간적 대상/언어 영역(non-spatial/verbal domain)의 경우 좌측 전전두 피질에서, 공간 영역(spatial domain)의 경우 우측 전전두 피질에서 주로 나타난다.^{24,25)} 본 연구에서는 기억의 부호화 과정과 복구 과정이 구분되도록 고안되지는 않았으나 우측 전전두 영역에서 나타난 영상 신호의 증가가 공간 영역의 처리 과정이라 생각되는 얼굴 영상의 작동기억의 처리 과정 동안의 보상적 활성화에 대한 우리의 가정을 지지해준다. 그러나 본 연구의 환자군은 비교적 적은 수의 피검자(n=10)에게서 시행되었으므로 이러한 결과를 일반화하기에는 한계가 있다. 결론적으로 본 연구는 정신분열병에서 안면 영상의 작동기억 처리과정 동안에 비정상적 신경 활성이 있다는 것을 관찰하였다. 또한 정상 대조군에서 좌측 방추상 이랑의 활성이 증가된 반면 정신분열병 환자군에서는 같은 영역에서 활성이 상대적으로 감소하였다. 이러한 결과는 정신분열병 환자에서 얼굴 정보 처리 과정의 장애와 연관되어 있다고 알려진 방추상 이랑의 부피 감소에 대한 이전 연구의 결과들과 유사하며 정신분열병과 관련된 신경학적 차이를 좀 더 명확하게 규명하기 위해서는 언어 혹은 공간 작동기억 과제와 같이 다른 형태의 자극을 비교하여 작동기억의 양과 내용을 나누는 연구 과정이 보강되면 더 좋은 연구 결과를 보일 수 있을 것이라 고려된다.

참 고 문 헌

1. Edwards J, Jackson HJ, Pattison PE: Emotion recognition via facial expression and affective prosody in schizophrenia: a methodological review. Clin Psychol Rev 22:789-832 (2002)
2. Quintana J, Davidson T, Kovalik E, Marder SR, Mazziotto JC: A compensatory mirror cortical mechanism for facial affect processing in schizophrenia. Neuropsychopharmacol 25:915-924 (2001)
3. Pinkham AE, Penn DL, Perkins DO, Lieberman J:

- Implications for the neural basis of social cognition for the study of schizophrenia. *Am J Psychiat* 160:815-824 (2003)
4. **Hempel A, Hempel E, Schonknecht P, Stippich C, Schroder J:** Impairment in basal limbic function in schizophrenia during affect recognition. *Psychiat Res* 122:115-124 (2003)
 5. **Gur RE, McGrath C, Chan RM, et al:** A fMRI study of facial emotion processing in patients with schizophrenia. *Am J Psychiat* 159:1992-1999 (2002)
 6. **Lawrie SM, Whalley HC, Job DE, Johnstone EC:** Structural and functional abnormalities of the amygdala in schizophrenia. *Ann N Y Acad Sci* 985:445-460 (2003)
 7. **Hamann S:** Nosing in on the emotional brain. *Nat Neurosci* 6:106-108 (2003)
 8. **Overall JE, Gorham DR:** The brief psychiatric rating scale. *Psychol Rep* 10:799-812 (1962)
 9. **Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR:** "Mini-mental state": a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiat Res* 12:189-198 (1975)
 10. **Georghiades AS, Belhumeur PN, Kriegman DJ:** From few to many: illumination cone models for face recognition under variable lighting and pose. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intelligence* 23:643-660 (2001)
 11. **Friston KJ, Holmes AP, Worsley KJ:** How many subjects constitute a study? *Neuroimage* 10:1-5 (1999)
 12. **Wright IC, Ellison ZR, Sharma T, et al:** Mapping of gray matter changes in schizophrenia. *Schizophr Res* 35:1-14 (1995)
 13. **Lee CU, Shenton ME, Salisbury DF, et al:** Fusiform gyrus volume reduction in first-episode schizophrenia: a magnetic resonance imaging study. *Arch Gen Psychiat* 59:775-781 (2002)
 14. **Desco M, Gispert JD, Reig S, et al:** Cerebral metabolic patterns in chronic and recent-onset schizophrenia. *Psychiat Res* 122:125-135 (2003)
 15. **Bermanzohn PC, Siris SG:** Akinesia: a syndrome common to parkinsonism, retarded depression, and negative symptoms of schizophrenia. *Compr Psychiat* 33:221-232 (1992)
 16. **Kim JJ, Andreasen NC, O'Leary DS, et al:** Direct comparison of the neural substrates of recognition memory for words and faces. *Brain* 122:1069-1083 (1999)
 17. **Klingberg T:** Concurrent performance of two working memory tasks: potential mechanisms of interference. *Cereb Cortex* 8:593-601 (1998)
 18. **D'Esposito M, Aguirre GK, Zarahn E, Ballard D, Shin RK, Lease J:** Functional MRI studies of spatial and non-spatial working memory. *Brain Res Cogn Brain Res* 7:1-13 (1998)
 19. **Quintana J, Wong T, Ortiz-Portillo E, et al:** Prefrontal-posterior parietal networks in schizophrenia: primary dysfunctions and secondary compensations. *Biol Psychiat* 53:12-24 (2003)
 20. **Collette F, Van der Linden M:** Brain imaging of the central executive component of working memory. *Neurosci Biobehav Rev* 26:105-125 (2002)
 21. **Gur RE, Chin S:** Laterality in functional brain imaging studies of schizophrenia. *Schizophr Bull* 25:141-156 (1999)
 22. **Crow TJ:** Schizophrenia as the price that homo sapiens pays for language: a resolution of the central paradox in the origin of the species. *Brain Res Brain Res Rev* 31:118-129 (2000)
 23. **Fletcher PC, Shallice T, Frith CD, Frackowiak RS, Dolan RJ:** The functional roles of prefrontal cortex in episodic memory. II. Retrieval. *Brain* 121:1249-1256 (1998)
 24. **Smith EE, Jonides J, Koeppe RA:** Dissociating verbal and spatial working memory using PET. *Cereb Cortex* 6:11-20 (1996)
 25. **D'Esposito M, Ballard D, Aguirre GK, Zarahn E:** Human prefrontal cortex is not specific for working memory: a functional MRI study. *Neuroimage* 8:274-282 (1998)

Working Memory Mapping Analysis using fMRI

Rahyeong Juh, Boyoung Choe, Taesuk Suh

Department of Biomedical Engineering, The Catholic University of Korea College of Medicine

Impaired processing of facial information is one of the broad ranges of cognitive deficits seen in patients with schizophrenia. The purpose of this study was to elucidate the differences in brain activities involved in the process of facial working memory between schizophrenic patients and healthy comparison subjects. Ten patients with schizophrenia were recruited along with matched healthy volunteers as a comparison group. Functional magnetic resonance imaging (fMRI) was used to assess cortical activities during the performance of a 1-back working memory paradigm using images of neutral faces as mnemonic content. The patient group performed the tasks with reduced accuracy. Group analysis revealed that left fusiform gyrus, right superior frontal gyrus, bilateral middle frontal gyri/insula, left middle temporal gyrus, precuneus and vermis of cerebellum and showed decreased cortical activities in the patient group. On the other hand, an increased level of activation in lateral prefrontal cortex and parietal lobule was observed from the patient group, all in the right hemisphere. A decreased level of activity in the left fusiform gyrus among the patient group implicates inefficient processing of facial information. An increased level of activation in prefrontal and parietal neural networks from the patient group confirms earlier findings on the impaired working memory of patients with schizophrenia.

Key Words: Schizophrenia, Memory, Fusiform gyrus