

# 정신분열병 환자에서 가상현실을 이용한 추론과제 수행 중 활성화된 뇌영역과 현존감과의 관계 : 기능자기공명영상 연구

연세대학교 의과대학 정신과학교실,<sup>1</sup> 의학행동과학연구소,<sup>2</sup> 한양대학교 의공학과,<sup>3</sup> 강남베드로병원<sup>4</sup>  
최수희<sup>1</sup> · 김재진<sup>1,2</sup> · 박일호<sup>1,2</sup> · 김소영<sup>2</sup> · 구정훈<sup>2,3</sup> · 이형래<sup>3</sup> · 윤강준<sup>4</sup> · 김인영<sup>3</sup> · 김선일<sup>3</sup>

## The Relationship between Cortical Activation during an Inference Task and Presence in the Virtual Environment in Patients with Schizophrenia : An fMRI Study

Soo Hee Choi, MD<sup>1</sup>, Jae-Jin Kim, MD, PhD<sup>1,2</sup>, Il Ho Park, MD<sup>1,2</sup>, So Young Kim, MA<sup>2</sup>, Jeonghun Ku, PhD<sup>2,3</sup>, Hyeong Rae Lee, MS<sup>3</sup>, Kang-Jun Yoon, MD<sup>4</sup>, In Young Kim, MD, PhD<sup>3</sup> and Sun I. Kim, PhD<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Psychiatry, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

<sup>2</sup>Institute of Behavioral Science in Medicine, Yonsei University College of Medicine, Gwangju, Korea

<sup>3</sup>Department of Biomedical Engineering, Hanyang University, Seoul, Korea

<sup>4</sup>St. Peter's Hospital, Seoul, Korea

**Objectives** : Virtual reality has been increasingly used in the psychiatric field. Presence, the sense of “being there,” is an essential concept in terms of the effectiveness of the virtual reality. The present study aimed to investigate the characteristics of the presence-related brain regions in patients with schizophrenia.

**Methods** : Using fMRI, brain activities were measured while performing the virtual reality tasks in fifteen healthy normal subjects and fifteen patients with schizophrenia. The tasks consisted of listening to some stories and inferring the content of the previous events. Ambiguous information was given for the experimental task, whereas clear information was given for the control task. Correlations between the image contrast values and the presence scores were analyzed.

**Results** : The presence-related brain regions in healthy controls were identified in the two discrete region groups that could be referred to as the cognitive neural correlates and the perceptual neural correlates. The former included the anterior cingulate, the left inferior temporal gyrus, the right lingual gyrus, and the right cuneus, whereas the latter consisted of the right posterior cingulate, the left lingual gyrus and the right fusiform gyrus. Compared with healthy controls, regional correlation patterns were different in patients with schizophrenia, including that the posterior cingulate had significant correlations.

**Conclusion** : These results suggest that patients with schizophrenia utilize perceptual apparatus for the presence more than the cognitive aspect. A peculiar pattern of the presence in schizophrenia may be related to increased correlations between the posterior cingulate and other brain regions. (J Korean Neuropsychiatr Assoc 2008;47 (3) :239-246)

**KEY WORDS** : Presence · Virtual reality · fMRI · Schizophrenia · Cingulate cortex.

### 서 론

가상현실(virtual reality)을 이용한 치료 기법들이 다양한 정신과 영역에서 이용되고 있다. 가상현실 기술은 컴

퓨터 프로그램과 대형 화면, 입체 영상 안경세트를 통한 3차원 영상과 디지털 음장 과정(digital sound field processing), 힘 반향 제어(force feedback mechanism), 촉각적 장치 등의 다양한 제시 기법을 이용하여 참여자에게 몰입(immersion)할 수 있는 환경을 제공한다.<sup>1)</sup> 이러한 환경은 고소공포증,<sup>2)</sup> 비행공포증,<sup>3)</sup> 거미공포증,<sup>4)</sup> 광장 공포증<sup>5)</sup> 등의 특정 공포증과 사회공포증,<sup>6)</sup> 외상후 스트레스 증후군<sup>7,8)</sup> 환자들을 대상으로 통제 가능한 안전한 환경 속에서 불안을 유발시키는 노출치료에 적용되거나, 자폐성향,<sup>9)</sup> 주의력 결핍,<sup>10)</sup> 기질성 뇌장애<sup>11)</sup> 등의 평가와 제

접수일자 : 2007년 10월 10일 / 심사완료 : 2008년 4월 14일

Address for correspondence

Jae-Jin Kim, M.D., Ph.D. Department of Psychiatry, Yonsei University College of Medicine, 612 Eonjuro, Gangnam-gu, Seoul 135-720, Korea

Tel : +82.2-2019-3341, Fax : +82.2-3462-4304

E-mail : jaejkim@yonsei.ac.kr

본 연구는 과학재단 특정기초연구사업 지원(R01-2005-000-10963-0)에 의하여 이루어졌음.

활치료에도 활용되고 있다.

최근에는 정신분열병 환자에서 양성 및 음성 증상, 사회적 기능 상실 등의 여러 증상들을 평가하거나 치료하는데에 가상현실이 도입되고 있다.<sup>1,12)</sup> 정신분열병 영역에서도 어려움이 예상되는 현실적 상황을 가상현실로 구성하여 환자를 반복적으로 노출시키고, 적절한 대처방법을 인지행동적으로 학습하도록 하는 치료 기법을 고려해볼 수 있을 것이다. 그러나 인지기능의 저하와 함께 여러 지각기능의 장애<sup>13-15)</sup>를 동반하는 정신분열병 환자에서 가상현실 기법이 어떻게 적용될지에 대해서는 연구가 부족한 상태이다. 새로운 진단 도구, 혹은 치료 방법의 적용에 앞서, 정신분열병 환자가 가상현실 내의 경험을 기본적으로 어떠한 방식으로 받아들이고 해석할지에 대한 이해가 필요할 것이다.

가상현실 기술에서 중요하게 다뤄지고 있는 주관적 지표 중 ‘현존감(presence)’이라는 개념이 있다. 이는 가상현실 체계에 대한 참여자의 반응으로서, 매개된 환경에서 ‘그 곳에 있음’을 느끼는 정도이다.<sup>16)</sup> 참여자는 가상현실이 만들어 낸 착각(illusion) 속에서 일어나는 일이 진짜의 사건이 아님을 알면서도 실제로 현실에서 일어나고 있는 것처럼 생각하고 느끼며 행동하게 된다. 예를 들어, 참여자에게 절벽 위에서 있는 듯한 삼차원 자극을 제시하면, 참여자는 눈앞에 보이는 낭떠러지가 가상임을 알지만 두려움으로 인해 앞으로 나아가기를 꺼리고 긴장으로 인해 맥박도 점차 빨라진다. 즉, 다른 세계에 들어온 듯한 착각에 빠지게 되어, 인지적으로는 앞에 아무것도 없는 것을 알지만, 실제로는 의식적으로든 무의식적으로든 무엇이 있는 듯 반응하게 되고, 이러한 역설적 행동의 근저에 현존감의 개념이 있는 것이다. 현존감에 대한 연구는 초기 공학 영역에서 시작되었고, 점차 심리학자들의 관심을 얻었지만, 신경과학의 영역에서는 아직 미미한 수준이다.<sup>17)</sup> 현존감에 영향을 미치는 요소에 대한 선행 연구에 의하면, 화면표시 변수(display parameter),<sup>18)</sup> 음향,<sup>19)</sup> 촉각<sup>18)</sup> 등이 중요하고, 가상현실 공간에서 통일되고 완성된 정신적 표상(mental representation)의 구현은 상향식(bottom-up) 감각 입력(sensory input)과 하향식(top-down) 지식 전달의 상호작용에 따라 가능하다.<sup>16)</sup>

본 연구에서 저자들은 정상인에서 현존감과 관련된 하향식 전달 체계가 어떻게 구성되어 있는지, 즉, 가상현실 내의 현존감과 관련된 뇌의 영역과 경로를 규명하고, 이와 비교하여 정신분열병 환자에서의 가상현실 내 현존감과 관련된 뇌 영역이 정상인의 그것과 어떻게 다른지 분석해 보고자 하였다. 이를 위해 피험자가 가상현실에서

답이 명확한 과제와 명확하지 않은 과제를 수행하는 동안 기능자기공명영상(functional magnetic resonance imaging, 이하 fMRI)을 촬영하여 그 차이가 현존감의 정도와 어떠한 상관성을 갖는지에 대하여 각각의 집단에서 비교 분석하였다.

## 방 법

### 대 상

대상자는 지역사회에서 모집한 정신과적, 내과적 질환이 없는 15명의 정상 성인과 세브란스정신건강병원의 외래 환자 중 인지기능이 비교적 양호하고 과제를 이해하여 수행할 수 있는 정도의 기능을 보이는 정신분열병 환자 15명으로 구성되었다. 두 집단의 평균 연령은 각각 27.0세(SD=3.48)와 28.7세(SD=4.1), 평균교육수준은 각각 14.6년(SD=1.2)과 13.8년(SD=2.0)으로, 두 변수 모두에서 집단 간 차이는 유의하지 않았다. 단축형 K-WAIS로 측정된 지능은 각각 104.4(SD=4.5)와 96.4(SD=11.3)로 정상 성인군에서 유의하게 높았다(p<0.05). 환자군에서 평균 유병기간은 5.91년(SD=4.35), 양성 및 음성 증후군 척도 총점 평균은 61.87(SD=13.57)이었다. 본 연구는 임상시험심사위원회의 승인을 받았으며, 모든 참여자에게 서면 동의서를 받았다.

### 과제 및 실험 설계

본 연구에서는 아바타(avatar)를 이용하여, 타인과 대화하는 수많은 상황 중 가장 보편적인 형태인 상대를 마주보고 있는 장면을 설정하였다. 실험 환경에서 개인의 지각적 차이를 발생시킬 수 있는 요소를 최소화하기 위해 몸짓이나 손짓 등의 의사 표시를 제외하였으며, 얼굴 표정만을 가진 아바타가 정면에서 마주보고 사용자에게 이야기를 하는 상황으로 구성하였다. 아바타의 말과 입술의 움직임을 동기화하여 자연스럽게 하였다. 또한 방음 가능한 헤드폰 안쪽으로 이어 플러그를 장착하여, 자기공명영상으로 인한 소음은 차단하고 컴퓨터 시스템으로부터 제시되는 청각 자극은 전달되도록 하였으며, 예비 실험(pre-test)을 통해 의미전달에 지장을 주지 않을 정도로 소음이 차단되었음을 확인하였다.

실험과제로는 사회적 상황에서 흔히 주고받는 대화와 관련된 내용으로, 모호한 정보를 제공하는 실험과제(애매한 내용, ambiguous condition, 이하 A형 과제)와 명확하게 모든 정보를 알려주는 대조과제(명확한 내용, clear condition, 이하 C형 과제) 등, 두 가지로 구성하였다(표 1).

**Table 1.** Examples of the avatar's narration during the task

A : 아참! 아까 무슨 일이 있었는지 이야기해 줄 테니 들어봐. 아까 인사동에 갔었거든. 오랜만에 가보니까 새 건물도 꽤 들어선 것이 많이 변했더라. 그래서 여기저기 둘러보고 있었는데, 뒤에서 무슨 소리가 나는 것 같더라. 처음엔 잘 못 들었는데, 무슨 일인가 하고 뒤돌아 봤더니, 그래서더라고. 딴 데 정신 팔고 있느라고 참엔 무슨 소리가 했지.
O/X : 길 가던 친구가 주인공을 불렀다. (O)
B : 우리 오늘 점심은 뭘 먹을까? 아까부터 일도 손에 잘 안 잡히는 게... 오늘따라 나 왜 이렇게 배가 고프는지 모르겠네. 평소엔 12시쯤 돼야 슬슬 배가 고팠는데 지금은 11시밖에 안 됐는데 말이야. 아- 그래 생각해보니 아침에 세수만 대충하고 나왔구나. 다른 날엔 잘 들리던 알람이 왜 오늘 아침엔 그렇게 안 들리던지. 오늘 점심은 좀 푸짐하게 먹자.
O/X : 주인공이 늦잠을 자는 바람에 아침을 먹지 못했다. (O)
A : ambiguous condition (A-task), B : clear condition (C-task)

하나의 과제 블록은 아바타가 이전에 경험한 일에 대하여 이야기하는 것을 보고 듣는 30초, 아바타에 무슨 일이 있었을 것인가를 추론하는 20초, 그리고 아바타가 이야기한 내용과 일치하는지에 대한 질문에 O/X로 응답하는 10초의 구간으로 구성되었다. 하나의 세션에는 총 12개의 블록(A형 과제 6개와 C형 과제 6개)을 무작위로 배열하여, 피험자는 총 2개의 내용이 서로 다른 세션을 수행하도록 하였다. 추론 구간에서는 '주인공에게 이전에 어떠한 일이 있었을지를 생각해 보세요.'라는 지시문이 화면 하단부에 주어졌다.

과제 제작 과정에서 두 종류의 과제에서 정보의 명확도 차이를 알아보기 위해 정상인 5명을 대상으로 예비 실험을 시행하였다. 동일한 실험 설계에서, 매 블록마다 진행을 잠시 멈추고 '주인공에게 어떤 일이 있었는지 생각해 본 내용을 확신할 수 있습니까?'라는 질문을 하였다. '매우 확신할 수 있었다.'를 7점으로 하고 '전혀 확신할 수 없었다.'를 1점으로 한 리커트 척도(Likert scale)로 두 과제의 차이를 비교하여 보았다. 예비 실험에서 C형 과제에 대하여는 평균 6점으로 내용을 거의 확신하는 것으로 보였고, A형 과제에 대하여는 평균 4.5점 정도로 약간의 확신을 하지만 C형 과제에 비해서는 정보의 명확성을 미약하게 인식하는 결과를 보였으며, 이는 통계적으로 유의한( $p < 0.05$ ) 정도의 차이였다.

### 현존감 점수 측정

피험자는 fMRI 촬영 후 경험했던 가상현실에 대해서 설문지를 통해 현존감 점수를 보고하였다. 설문지는 현존감 측정 설문지 중 가장 빈번히 사용되고 있는 Witmer의 현존감 설문지<sup>20)</sup>를 사용하였다. 여기에는 관여도/조종성(involve/control), 자연스러움(natural), 소리(auditory), 촉감(haptic), 해상도(resolution), 인터페이스의 질(interface quality) 등과 관련된 문항들이 포함되고, 각 문항들은 통제성 요소(control factors), 감각성 요소(sensory factors), 산만성 요소(distract factors), 사실성 요소(realism factors) 중 하나 또는 둘 이상의 요

소를 가지고 있다.<sup>20)</sup> 설문 문항에서 촉감과 관련된 문항은 본 실험과 관계가 없어 제외하여 사용하였고, 각 피험자의 현존감 점수는 각 문항의 점수를 모두 더하여 산출하였다. 수정된 현존감 설문지에서 가능한 점수의 범위는 '0-190'이었다. 본 연구 참여자들의 응답을 바탕으로 신뢰성을 분석한 결과, 수정된 현존감 설문지는 내적 신뢰성이 있다고 판단되었다(설문 문항 수=19, Cronbach's  $\alpha = 0.84$ ).

### fMRI 영상 촬영

fMRI 촬영에는 1.5 T MRI 장비(GE Medical System)를 사용하였다. BOLD(blood oxygenate level dependent) 신호는 EPI sequence(Gradient Echo)로 횡단면(axial) 방향으로 촬영하였다(64×64×30 matrix with 3.75×3.75×5-mm spatial resolution, TE : 14.3 ms, TR : 2 sec, FOV=240 mm, flip angle=90°). fMRI 촬영은 두 세션으로 나누어 진행되었으며, 두 세션 사이에 T1 강조영상을 촬영하였다. T1 강조영상은 FSPGR sequence로 관상면(coronal) 방향으로 촬영하였다(256×256×116 matrix with 0.94×0.94×1.50-mm spatial resolution, TE : 1.8 msec, TR : 8.5 msec, FOV=240 mm, flip angle=12°).

### fMRI 영상 데이터의 처리

데이터 분석에는 AFNI(Analysis of Functional Neuro-Images, Ver. 2005\_12\_30\_09<sup>34)</sup>를 이용하였다. 머리의 움직임에 의한 MR 신호의 비정상적인 값을 제거하기 위해서 메디안필터(median filter)를 사용하여 시간적 평활화(temporal smoothing)를 하였다. 이미지 데이터를 Talairach 좌표로 변환해 주기 위한 공간표준화(spatial normalization)에는 AFNI 소프트웨어에서 제공하는 Montreal Neurological Institute(MNI) N27 template를 사용하였다. 먼저 T1강조영상을 공간표준화한 후, 여기에서 생성된 파라미터를 이용해 EPI 데이터를 2×2×2 mm<sup>3</sup>의 해상도에서 이중선형 보간법(bilinear interpolation)으로 공

간표준화하였다. 가우시안 필터(Gaussian filter)를 사용한 공간적 평활화(spatial smoothing)는 FWHM(full-width at half maximum)을 9 mm로 하여 시행하였다.

**fMRI 영상 데이터의 통계분석**

개개인의 fMRI 데이터를 전처리(preprocessing)한 후 General Linear Model을 사용한 분석을 통하여, 각각의 피험자 별로 경험구간(30초)과 추론구간(20초)에서 A형 과제와 C형 과제 대조영상의 뇌 활성화 지도를 얻었다. 현존감과 상관성을 보이는 뇌 영역을 살펴보기 위해 uncorrected p=0.01 수준으로 현존감 점수와 대조영상지도와의 상관분석(correlation analysis)을 시행하였다. 이후 현존감과 관련된 신경계의 회로를 알아보기 위해 p=0.05 수준으로 활성화된 뇌 영역들 사이의 상관분석을 시행하고, 주성분분석 방법으로 요인분석을 시행하였다. 응답구간(10초)은 피험자의 실험 참여 집중도를 유지하기 위한 목적이었으므로, 행동반응의 결과는 분석하였으나 뇌 활성화 분석은 실행하지 않았다.

**결 과**

**현존감 점수 및 행동반응**

피험자의 현존감 점수 평균은 정상 성인군에서 107.9 (SD=15.5), 정신분열병 환자군에서 100.0(SD=19.5)이었다. t-검정 결과, 두 집단 간의 현존감 점수 평균에 유의한 차이는 없었다.

피험자의 실험과제에 대한 정답률 평균은 A형 과제의 경우 정상 성인군에서 74.0%(SD=12.5), 정신분열병 환자군에서 63.3%(SD=17.5)로 나타났으며, t-검정 결과 두 집단 간의 정답률 평균에 유의한 차이는 없었다. B형 과제의 경우 정답률 평균은 정상 성인군에서 84.9%(SD=12.6), 정신분열병 환자군에서 72.2%(SD=21.3)였고, t-검정 결과 역시 두 집단 간의 유의한 차이는 없었다.

**정상 성인군에서 현존감 점수와 관련된 뇌 영역**

경험구간(30초)에서 A형 과제와 C형 과제 대조영상의 뇌 활성화 차이와 피험자의 현존감 점수와의 상관관계가 유의수준 p<0.01에서 유의미하게 나타나는 영역은 없었다. 추론구간(20초)에서는 A형 과제와 C형 과제 대조영상의 뇌 활성화 차이와 피험자의 현존감 점수와의 상관분석 결과 정적 상관관계가 유의수준 p<0.01에서 유의미하게 나타나는 영역들이 있었다. 즉, 우측 혀이랑(right lingual gyrus), 우측 췌기소엽(right cuneus), 좌측 혀이랑(left lingual gyrus), 우측 방추상이랑(right fusiform gyrus), 좌측 하측두이랑(left inferior temporal gyrus), 전대상피질(anterior cingulate cortex), 그리고 우측 후대상피질(right posterior cingulate cortex) 등이 모두 정적 상관관계를 보였다(표 2).

또한 이들 영역 사이의 요인분석 결과, 전대상피질과 좌측 하측두이랑을 중심으로 우측 혀이랑과 우측 췌기소엽이 포함된 신경망과 후대상피질을 중심으로 좌측 혀이랑과 우측 방추상이랑이 포함된 신경망으로 나뉘어 각 영역들 간의 p<0.05 유의성의 의미 있는 관계 양상을 보였다(그림 1A).

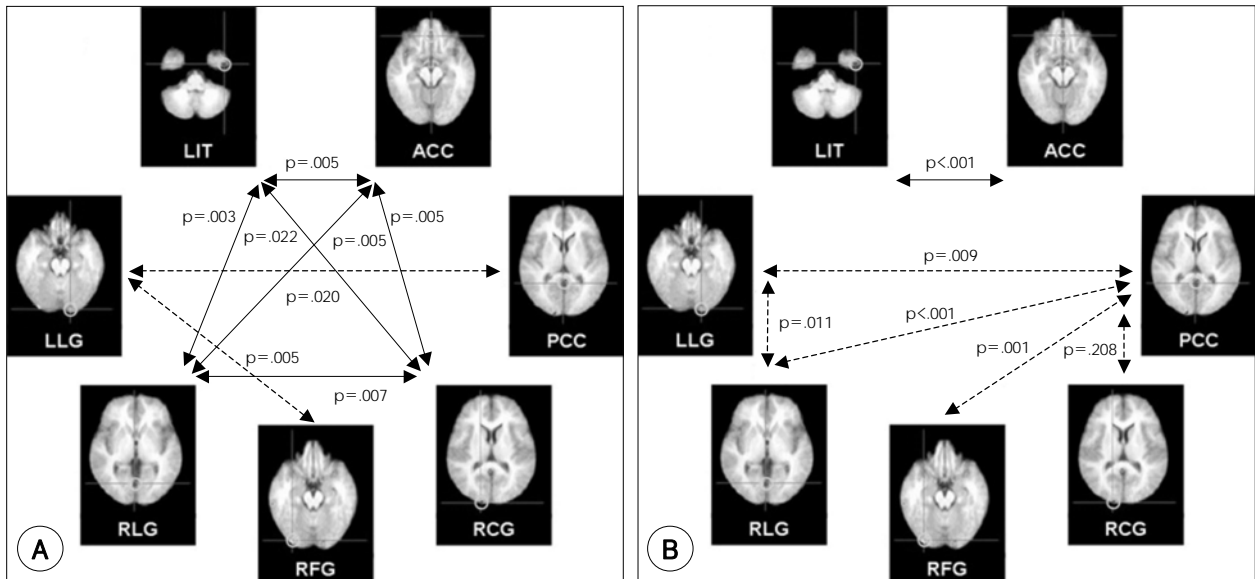
**정신분열병 환자군에서 fMRI 데이터와 현존감 점수의 상관분석 결과**

경험구간(30초)과 추론구간(20초)에서 A형 과제와 C형 과제의 대조영상의 뇌 활성화 차이와 피험자의 현존감 점수와의 상관분석 결과 정적 상관관계가 유의수준 p<0.01에서 유의미하게 나타나는 영역은 없었다. 정상 성인군에서 현존감과 유의미하게 상관관계를 보인 영역들을 정신분열병 환자군의 뇌 영역에 대입하여 각 영역들 간의 상관 관계를 알아보았고, 그 결과, 환자군에서는 정상군과는 다른 회로를 형성하고 있는 것을 관찰할 수 있었다. 전대상피질과 좌측 하측두이랑을 중심으로 하는 기타 영역들과의 연계가 끊어져 있었고, 두 영역 사이에만 p<

**Table 2.** Brain regions showing correlation with presence scores during the inference section in the healthy controls

Region	Side	Volume*	r	Coordinates		
				x	y	z
Inferior temporal gyrus	Left	760	.759	-43	-1	-36
Lingual gyrus	Left	656	.750	-15	-88	-16
	Right	464	.710	3	-67	3
Cuneus	Right	432	.776	16	-95	14
Fusiform gyrus	Right	280	.688	32	-83	14
Posterior cingulate	Right	272	.748	2	-50	10
Anterior cingulate		144	.676	0	-38	-10

p<0.01. \* : microliter



**Fig. 1.** The brain regions that correlated with the presence in the virtual environment showed two discrete pathways in the healthy controls ; one neural correlates consisted of the anterior cingulate cortex, the left inferior temporal gyrus, the right lingual gyrus, and the right cuneus, whereas the other neural correlates consisted of the right posterior cingulate cortex, the left lingual gyrus and the right fusiform gyrus (A). These brain regions that correlated with presence in the healthy controls showed different pathways in the patients with schizophrenia ; in particular, there were more neural circuits that correlated with the posterior cingulate gyrus compared to the healthy controls ( $p<0.05$ ) (B). LIT : left inferior temporal gyrus, LLG : left lingual gyrus, RLG : right lingual gyrus, RFG : right fusiform gyrus, RCG : right cuneus gyrus, PCC : posterior cingulate gyrus, ACC : anterior cingulate gyrus.

0.05 유의성의 상관관계를 보이는 것을 알 수 있었다. 반면, 후대상피질을 중심으로는 좌측 헤이랑과 우측 방추상이랑뿐 아니라 우측 헤이랑과 우측 췌기소엽까지 연계되어 있었다(그림 1B).

### 고 찰

가상현실을 경험하는 동안 현존감의 결정에는 지각, 정서, 인지 등이 모두 영향을 미친다.<sup>16)</sup> 정신분열병 환자에서는 인지기능 감퇴와 지각장애가 흔하고, 이는 가상현실 경험 중 느끼는 현존감이 정상인과 다를 수 있음을 시사한다. 본 연구에서는 가상현실 환경에서 정보의 습득 시 피험자가 보고하는 현존감과 상관 관계가 있는 뇌의 영역을 알아보기 위해, 피험자가 사회적 상황과 관련된 내용을 아바타로부터 전달받는 가상현실을 경험하고 추론하는 동안 뇌의 영상을 촬영하였다. 제시된 실험과제에서 보듯이 (표 1), 경험구간 자체로는 애매함과 명확함의 차이를 알기 어렵고, 경험구간이 끝난 뒤 아바타의 경험에 대해 질문이 제시되면서 이를 추론할 때에서야 비로소 두 과제 간의 차이가 드러나도록 구성되어 있으므로, 추론구간에서 얻은 대조영상을 사용하였다.

실험결과를 해석하는데 있어 미리 고려할 점은, 본 연구의 실험과제 자체가 현존감에 특이한(specific) 방법은

아니라는 것이다. 추론구간에서 도출된 두 과제 간의 대조영상은 애매한 내용과 모호한 내용의 차이를 나타내게 되므로 인지기능의 차이를 나타내는 뇌 활성화도라고 생각할 수 있고, 이 활성화도와 현존감의 상관성을 조사한 것이 본 연구의 핵심이다. 현존감이 높을수록 피험자는 사회적 상황과 관련된 대화로 이루어진 과제에 더욱 몰입하여 질문에 답을 하기 위해 보다 많은 노력을 하게 될 것이고, 뇌 혈류량 증가로 이어져 뇌기능영상으로 나타날 것이다. 이는 명확한 답이 존재하는 질문에서 보다 애매하여 답을 찾기 어려운 과제에서 더욱 두드러질 것으로 예상할 수 있다. 애매한 내용을 추론할 동안의 뇌 영상과 현존감 점수를 직접 비교하게 되면, 추론능력 이외에도 시각 및 청각 자극과 같은 지각적 요소와 집중, 기억 등과 같은 인지적 요소 등 많은 요소들과 현존감의 상관성 결과가 획득되므로, 이를 보정하기 위해 애매한 내용 추론과 명확한 내용 추론의 대조영상을 현존감 점수와 비교하는 방법을 사용하였다. 따라서 본 연구의 결과는 현존감 자체의 뇌상관체라기보다는 추론기능과 관련되는 뇌영역 중 현존감과 상관성을 보이는 영역이라고 정리될 수 있다.

결과를 보면, 정상 성인군에서 현존감과 상관관계를 보이는 뇌의 영역은 전대상피질과 좌측 하측두이랑을 중심으로 하는 신경망과 후대상피질을 중심으로 하는 신경망으로 분류됨을 알 수 있었다. 먼저, 전대상피질과 좌측 하

측두이랑을 중심으로 한 우측 허이랑, 우측 췌기소엽 등의 뇌 영역들은, 현존감에서 주의, 집중 등의 인지 기능과 연관되어 있다고 볼 수 있다. 전대상피질은 뇌의 다른 많은 영역들과 연결되어 있고, 작동기억(working memory), 의사결정(decision making)과 이를 위한 감시(monitoring)나 평가(evaluating), 그리고 인지 과정에서 필요한 집중과 동기 자원을 배분하는 일 등의 기능을 갖는 것으로 보고되고 있다.<sup>21,22)</sup> 좌측 하측두이랑은 시각적 단어 체계(visual word grapheme system)와 어의 처리과정(semantic process)에 관여하며, 시각 경로뿐 아니라 다양하고 고차원인 감각처리 과정(multimodal and higher sensory processing)에 작용한다고 한다.<sup>23)</sup> 그러므로 이 두 영역들이 우측 허이랑과 우측 췌기소엽, 즉, 일차 시각영역들과 상호 작용하여 현존감의 형성에 작용한다고 볼 수 있다. 두 번째 경로에서, 후대상피질은 공간 시각 처리 과정에 관여하여 주변 환경에 대한 방향감과 해석을 담당하며 감각 자극을 감시하는 등의 평가 기능으로, 우리 내부와 주위의 정보를 수집하여 주변 사회에 대한 표상을 제시하는 역할을 한다고 생각되고 있다.<sup>24)</sup> 따라서 후대상피질을 중심으로 한 좌측 허이랑과 우측 방추상이랑은 현존감에서 지각 요인과 연관되어 있다고 할 수 있다.

그러나 정신분열병 환자군의 뇌 영상 결과에서 현존감과 상관관계를 보이는 영역은 관찰되지 않았으며, 정상인군에서 현존감과 유의미하게 상관관계를 보인 영역들을 환자군의 뇌 영역에 대입하여 요인분석으로 살펴본 결과, 이들의 상호 관계 역시 결여되어 있음을 알 수 있었다. 그 중 두드러지게 차이를 보이는 부분은, 정상 성인군에서 활발한 상관관계를 보이던 전대상피질과 좌측 하측두이랑을 중심으로 한 연결 회로가 모두 끊어져 있는 반면, 후대상피질은 새로이 여러 영역들과 연결되고 있다는 것이다.

생각을 억제하고 인지를 통제하는 신경 기능을 하는 전대상피질<sup>25)</sup>의 역할이 축소되면서, 정신분열병 환자는 가상현실 내에서 현존감을 느끼는 데에 지각의 영향을 더욱 쉽게 받음을 예측할 수 있다. 정신분열병 환자에서 주의와 작동기억의 결함, 그리고 목표 지향적 행동의 붕괴 등이 있음이 알려져 있다.<sup>26,27)</sup> 이로 인해 대화 중 초점을 유지하기 어렵고 일정을 지키지 못하며, 작업과 활동에 집중하지 못하거나 개인적인 목표나 직업상의 목표를 완수하지 못하는 것이며, 이러한 장애는 주의의 목표에 초점을 맞추는 능력의 부족과 부적절한 자극들의 방해로 억제하는 능력의 결함에서 비롯된다.<sup>28)</sup> 정신분열병 환자는 가상현실 내에서 감소된 인지 기능의 역할이 더욱 축소되고, 조직화에 결손이 있는 지각<sup>29)</sup>의 영향을 받게 되므로

가상현실에서의 현존감이 정상인에 비해 독특하게 구성되어 있다고 생각할 수 있다.

후대상피질은 뇌 영상을 이용한 연구에서, 휴지기에 기본적으로 대사량이 증가해 있고, 종류와 무관하게 집중을 요하는 과제 수행 시 활성도가 떨어지는 영역으로 밝혀졌다.<sup>30)</sup> 후대상피질은 언제나 자동적으로 작동하여 세상에 대한 근본적인 감시망으로 작용하며, 특정 과제 수행 시에는 뇌의 다른 부분이 활성화되면서 그 대사량이 감소한다.<sup>31)</sup> 특히 환자군에서 이러한 후대상피질 영역이 현존감과 관련하여 여러 시각 경로와 상관관계를 형성한다는 것은, 가상현실 경험에서 지각에 의존하는 경향을 나타내는 것이라 할 수 있다. 현존감을 위해 후대상피질 이외의 주의 집중에 필요한 영역의 활성이 높아져야 하는 정상인과 달리, 정신분열병 환자는 가상환경을 보다 독특하게 지각하면서 후대상피질의 감시망 역할을 강화시켜야 했을 것이다. 또한 주의력이 요구되는 과제 수행 시 정신분열병 환자에서 정상인에 비해 우측 후대상피질이 활성화되는 연구<sup>28)</sup>에서처럼, 가상환경 내에서의 현존감을 위해서도 역시 더욱 많은 주의력이 요구되어 정상 성인과 달리 보상적으로 후대상피질이 여러 영역들과 상관성을 보인다고 할 수 있다.

이제까지 저자들은 현존감 점수가 정신분열병 환자군의 뇌 활성도와는 상관관계를 보이지 않고, 주성분 분석 결과가 정상인과는 다르다는 점에서 정신분열병의 현존감은 정상인과 다른 형태일 것임을 시사하였다. 그러나 두 집단 간에 현존감 점수 자체가 큰 차이가 없다는 점을 착안하면 달리 해석될 여지도 있다. 즉, 정상집단과 달리 정신분열병에서는 추론 관련 뇌영역의 활성화와 현존감 간에 상호관련성이 없다고 해석될 수도 있다. 물론 이러한 경우 에라도 정신분열병 환자들에서 현존감과 관련된 뇌기능이 정상인과 다르다는 점은 분명한 것 같다.

가상환경을 실제처럼 느끼고 행동하게 하는 현존감의 개념은 가상현실을 이용한 진단과 치료, 연구 등 모든 분야에서 중요한 요소이다. 정신분열병 환자들은 전두엽 기능 저하를 비롯한 각종 뇌기능 장애를 동반하므로 이에 따른 인지기능 결핍이 있고,<sup>32)</sup> 이에 따라 가상환경을 경험하는데 있어서도 정상인과는 다른 방식이 작용할 것으로 예측된다. 정신분열병 환자에서 가상현실에서의 현존감의 형성이 정상인과 다르게 구성되어 있다는 점은 임상 영역에서 다양한 의의가 있겠다. 첫째, 정신분열병 환자에서도 특유의 방법으로 현존감을 형성하므로 가상환경이 정신분열병 환자에 적용 가능하다는 점이다. 둘째, 정신분열병 환자의 병리를 밝히는 데 가상환경 내에서의 현존감을 이용

할 수 있을 것이다. 지각장애에 대한 측정 도구로 사용할 수 있을 것이며, 동시에 뇌 영상을 촬영하여 연관된 뇌 영역을 밝힐 수도 있겠다. 셋째, 감정을 조절하는 후대상 피질<sup>31)</sup>이 현존감과 관련되어 정상인에 비해 다른 영역들과 상관도가 높아진다는 점을 이용하여, 가상환경에서 감정을 이용한 과제를 제시할 시 정상인보다 우월한 현존감을 제공하여 치료 및 평가에 있어 보다 효과적인 도구로 사용될 수도 있을 것이다. 넷째, 가상환경과 마찬가지로 아바타에 대한 현존감을 이용하여 실제 대인관계상의 여러 문제들에 대해 측정하고 치료하는 데에 이용할 수 있을 것이다. 마지막으로, 정신분열병 환자의 치료 도구로써 가상현실 프로그램 개발 시 현존감의 특성에 대한 이해를 바탕으로 보다 효과적인 프로그램 개발하는 데 기여할 수 있을 것이다.

본 연구의 제한점으로는 우선 현존감 측정 시 현존감 설문지만을 이용했다는 것이다. 특히 정신분열병 환자에서 자극을 독특하게 지각하고 처리하며 반응하는 경향으로 인해 설문지로는 편향된 결과를 나타낼 수 있다. 비록 두 집단 간의 현존감 점수의 평균에서 유의미한 차이는 없었지만, 환자군에서 정상 성인군과 달리 현존감 점수와 상관관계를 보이는 뇌의 활성화 영역이 없었던 것은 현존감 측정 방법의 제한으로 인한 영향일 수 있겠다. 따라서 향후 현존감 연구에서는 행동 반응을 관찰하거나,<sup>33)</sup> 신체의 생리학적 변화를 측정하는 방법,<sup>18)</sup> 또는 현존감의 분열 현상(breaks in presence)을 이용하는 방법<sup>34)</sup> 등을 함께 사용하는 것이 고려되어야겠다. 두 번째는 본 연구의 실험 디자인상 피험자가 가상의 대상과 상호 교류하는 것이 아니라 일방적으로 아바타의 서술을 듣고 정답을 맞추는 형식으로 설계되어, 피험자의 현존감을 반영하는 데에 한계가 있을 수 있다는 점이다. 그러나 상대방과의 대화 중 중심이 되는 내용에 집중하고 그 의미를 파악하는 데에도 현존감이 중요한 역할을 하므로<sup>35)</sup> 본 연구의 결과가 의미 있다고 할 수 있겠다. 또한, 기타 지각적 차이의 발생을 방지함으로써 현존감 특유의 요소만을 관찰했다는 의의가 있다고 볼 수 있다. 세 번째 제한점은, 상관분석에서의 유의수준을 uncorrected p-value <0.01로 지정하여 역치가 비교적 낮다는 것이다. 이처럼 역치를 낮게 잡은 이유는 상관성 관련 영역의 규명이 최종목표가 아니고, 이 영역들 간의 활성 요인분석이 최종목표였기 때문에 가능한 한 관심영역을 크게 하기 위함이었다. 그러나 관심영역 추출 과정에서 위양성을 충분히 배제하지 못한 점은 이 연구의 한계라고 볼 수 밖에 없다. 마지막으로, 환자군에서 정상인보다 유의한 수준으로 낮은 지능을 보였

다는 점도 제한점의 하나이다. 그럼에도 불구하고 분석과정에서 이를 고려하지 않았는데, 그 이유는 정상군과 환자군을 직접적으로 비교한 과정이 없었기 때문이다. 정상군에서 과제 간의 대조영상을 구하고, 대조영상에서 현존감 점수와 상관성을 보이는 영역을 얻은 뒤, 이 영역들을 환자군의 대조영상에 대입하는 식으로 분석이 이루어졌으므로 두 군 간의 지능 보정 과정은 생략되었다.

## 결론

정상 성인군에서 현존감과 관련된 뇌 영역들이 두 가지 주된 신경회로를 구성하고 있는 것에 비해, 정신분열병 환자군에서는 이 신경회로내 영역들 간의 상관관계가 정상 성인들과는 상이함을 알 수 있었다. 이는 정신분열병 환자가 가상환경 내에서 정상인과 다른 방식의 현존감을 형성한다는 것을 의미할 수 있다. 정상인은 가상환경에서 주의, 집중을 이용한 인지적으로 통합된 처리 과정으로 현존감을 느끼는 반면, 인지적 결함을 보이는 정신분열병 환자는 보다 넓은 영역의 지각을 이용하여 다소 독특한 입력 체계를 통해 현존감을 느낀다고 할 수 있겠다. 가상현실 환경에서 이와 같은 정신분열병 환자의 특성을 이해하여 가상현실 기술을 환자들의 진단 및 치료에 적용할 시 고려해야 할 것이다.

**중심 단어 :** 현존감 · 가상현실 · 기능자기공명영상 · 정신분열병 · 대상피질.

## REFERENCES

- 1) Ku J, Cho W, Kim JJ, Peled A, Wiederhold BK, Wiederhold MD, et al. A virtual environment for investigating schizophrenic patients' characteristics: assessment of cognitive and navigation ability. *Cyberpsychol Behav* 2003;6:397-404.
- 2) Rothbaum BO, Hodges LF, Kooper R, Opdyke D, Williford JS, North M. Effectiveness of computer-generated (virtual reality) graded exposure in the treatment of acrophobia. *Am J Psychiatry* 1995;152:626-628.
- 3) North MM, North SM, Coble JR. Virtual reality therapy for fear of flying. *Am J Psychiatry* 1997;154:130.
- 4) Garcia-Palacios A, Hoffman H, Carlin A, Furness TA 3<sup>rd</sup>, Botella C. Virtual reality in the treatment of spider phobia: a controlled study. *Behav Res Ther* 2002;40:983-993.
- 5) Botella C, Villa H, García Palacios A, Quero S, Baños RM, Alcaniz M. The use of VR in the treatment of panic disorders and agoraphobia. *Stud Health Technol Inform* 2004;99:73-90.
- 6) Klinger E, Bouchard S, Lèqeron P, Roy S, Lauer F, Chemin I, et al. Virtual reality therapy versus cognitive behavior therapy for social phobia: a preliminary controlled study. *Cyberpsychol Behav* 2005;8:76-88.
- 7) Josman N, Somer E, Reisberg A, Weiss PL, Garcia-Palacios A, Hoffman H. BusWorld: designing a virtual environment for post-traumatic stress disorder in Israel: a protocol. *Cyberpsychol Behav* 2006;9:241-244.
- 8) Rothbaum BO, Anderson P, Zimand E, Hodges L, Lang D, Wilson J.

- Virtual reality exposure therapy and standard (in vivo) exposure therapy in the treatment of fear of flying. *Behav Ther* 2006;37:80-90.
- 9) Mitchell P, Parsons S, Leonard A. Using virtual environments for teaching social understanding to 6 adolescents with autistic spectrum disorders. *J Autism Dev Disord* 2007;37:589-600.
  - 10) Cho BH, Ku J, Jang DP, Kim S, Lee YH, Kim IY, et al. The effect of virtual reality cognitive training for attention enhancement. *Cyberpsychol Behav* 2002;5:129-137.
  - 11) Rose FD, Brooks BM, Rizzo AA. Virtual reality in brain damage rehabilitation: review. *Cyberpsychol Behav* 2005;8:241-262; discussion 263-271.
  - 12) Sorkin A, Weinshall D, Modai I, Peled A. Improving the accuracy of the diagnosis of schizophrenia by means of virtual reality. *Am J Psychiatry* 2006;163:512-520.
  - 13) Tüscher O, Silbersweig D, Pan H, Smith T, Beutel M, Zonana J, et al. Processing of environmental sounds in schizophrenic patients: disordered recognition and lack of semantic specificity. *Schizophr Res* 2005; 73:291-295.
  - 14) O'Donnell BF, Swearer JM, Smith LT, Nestor PG, Shenton ME, McCarley RW. Selective deficits in visual perception and recognition in schizophrenia. *Am J Psychiatry* 1996;153:687-692.
  - 15) Tek C, Gold J, Blaxton T, Wilk C, McMahon RP, Buchanan RW. Visual perceptual and working memory impairments in schizophrenia. *Arch Gen Psychiatry* 2002;59:146-153.
  - 16) Riva G, Davide F, IJsselstein WA, editors. Amsterdam: IOS Press; 2003.
  - 17) Sanchez-Vives MV, Slater M. From presence to consciousness through virtual reality. *Nat Rev Neurosci* 2005;6:332-339.
  - 18) Meehan M, Razzaque S, Insko B, Whitton M, Brooks FP Jr. Review of four studies on the use of physiological reaction as a measure of presence in stressful virtual environments. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2005;30:239-258.
  - 19) Västfjäll D. The subjective sense of presence, emotion recognition, and experienced emotions in auditory virtual environments. *Cyberpsychol Behav* 2003;6:181-188.
  - 20) Witmer BG, Singer MJ. Measuring presence in virtual environments: a presence questionnaire. *Presence* 1998;7:225-240.
  - 21) Carter CS, MacDonald AW 3<sup>rd</sup>, Ross LL, Stenger VA. Anterior cingulate cortex activity and impaired self-monitoring of performance in patients with schizophrenia: an event-related fMRI study. *Am J Psychiatry* 2001;158:1423-1428.
  - 22) Carter CS, Botvinick MM, Cohen JD. The contribution of the anterior cingulate cortex to executive processes in cognition. *Rev Neurosci* 1999; 10:49-57.
  - 23) Kuroki N, Shenton ME, Salisbury DF, Hirayasu Y, Onitsuka T, Ersner-Hershfield H, et al. Middle and inferior temporal gyrus gray matter volume abnormalities in first-episode schizophrenia: an MRI study. *Am J Psychiatry* 2006;163:2103-2110.
  - 24) Vogt BA, Finch DM, Olson CR. Functional heterogeneity in cingulate cortex: the anterior executive and posterior evaluative regions. *Cereb Cortex* 1992;2:435-443.
  - 25) Wyland CL, Kelley WM, Macrae CN, Gordon HL, Heatherton TF. Neural correlates of thought suppression. *Neuropsychologia* 2003;41: 1863-1867.
  - 26) Braff DL. Information processing and attention dysfunctions in schizophrenia. *Schizophr Bull* 1993;19:233-259.
  - 27) Lee J, Park S. Working memory impairments in schizophrenia: a meta-analysis. *J Abnorm Psychol* 2005;114:599-611.
  - 28) Gur RE, Turetsky BI, Loughhead J, Snyder W, Kohler C, Elliott M, et al. Visual attention circuitry in schizophrenia investigated with oddball event-related functional magnetic resonance imaging. *Am J Psychiatry* 2007;164:442-449.
  - 29) Uhlhaas PJ, Silverstein SM. Perceptual organization in schizophrenia spectrum disorders: empirical research and theoretical implications. *Psychol Bull* 2005;131:618-632.
  - 30) Raichle ME, MacLeod AM, Snyder AZ, Powers WJ, Gusnard DA, Shulman GL. A default mode of brain function. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2001;98:676-682.
  - 31) Gusnard DA, Raichle ME, Raichle ME. Searching for a baseline: functional imaging and the resting human brain. *Nat Rev Neurosci* 2001;2:685-694.
  - 32) Kim JJ, Mohamed S, Andreasen NC, O'Leary DS, Watkins GL, Boles Pont L, et al. Regional neural dysfunctions in chronic schizophrenia studied with positron emission tomography. *Am J Psychiatry* 2000;157:542-548.
  - 33) Freeman J, Avons SE, Meddis R, Pearson DE, IJsselstein WA. Using behavioral realism to estimate presence: a study of the utility of postural responses to motion stimuli. *Presence* 2000;9:149-164.
  - 34) Slater MS, A. A virtual presence counter. *Presence* 2000;9:413-434.
  - 35) Lo Priore C, Castelnuovo G, Liccione D, Liccione D. Experience with V-STORE: considerations on presence in virtual environments for effective neuropsychological rehabilitation of executive functions. *Cyberpsychol Behav* 2003;6:281-287.