

인터넷 게임 과다사용자와 탈신체화 : 기능적 뇌자기공명영상을 이용한 신경 상관물

충북대학교 의과대학 정신건강의학교실,¹ 서울아산병원 정신건강의학과²
오종현¹ · 손정우¹ · 김지은¹ · 신용욱²

Internet Game Overuser and Disembodiment : Neural Correlates as Revealed by Functional Magnetic Resonance Imaging

Jong-Hyun Oh, MD,¹ Jung-Woo Son, MD,¹ Ji-Eun Kim, MD,¹ Yong-Wook Shin, MD²

¹Department of Neuropsychiatry, College of Medicine, Chungbuk National University, Cheongju, Korea

²Department of Psychiatry, Asan Medical Center, Seoul, Korea

Objectives The purpose of this study was to investigate the difference of brain activity between internet game overusers in adulthood and normal adults in a state of disembodiment.

Methods The fMRI images were taken while the internet game overuser group (n = 14) and the control group (n = 15) were asked to perform the task composed of ball-throwing animations. The task reflected on either self-agency about ball-throwing or location of a ball. And each block was shown with either different (changing viewpoint) or same animations (fixed viewpoint). The disembodiment-related condition was the interaction between agency task and changing viewpoint.

Results 1) In within-group analyses, the control group exhibited higher brain activation in the left precentral gyrus, the left inferior frontal gyrus, and the left insula. And the overuser group exhibited higher activation in the right cuneus, the left posterior middle occipital gyrus, and the left parahippocampal gyrus. 2) In between-group analyses, the control group exhibited higher activation in the right posterior superior temporal gyrus. And the overuser group exhibited higher activation in the left cuneus, and the left posterior middle occipital area.

Conclusions These results show that the disembodiment-related brain activation of internet game overusers in adulthood is different from that of normal adults.

Key Words Internet game overuser · Disembodiment · fMRI.

Received: March 18, 2014 / Revised: April 4, 2014 / Accepted: April 22, 2014

Address for correspondence: Jung-Woo Son, MD

Department of Psychiatry, Chungbuk National University Hospital, 776 Isunhwan-ro, Cheongju 361-711, Korea

Tel: +82-43-269-6187, Fax: +82-43-267-7951, E-mail: mammosss@hanmail.net

서론

컴퓨터 기술과 IT 산업의 발전에 힘입어 게임은 일상적으로 많이 이용되고 있다. 특히 아동기 및 청소년기부터 인터넷과 게임에 이전 세대보다 더 많이 노출된 20~30대에서는 평균 하루에 60분 이상 게임을 이용하는 등, 게임에 대한 노출이 심각하며 이들 중에는 인터넷 게임 과다사용자(internet game overuser)도 상당히 많은 것으로 보고되고 있다.

인터넷 게임 과다사용자에 대한 심리사회적 연구는 지금도

진행되고 있는 중이다. 온라인 게임의 한 종류인 대규모 다중 사용자 온라인 롤 플레이 게임(massive multiplayer online role-playing game, 이하 MMORPG)을 과다 이용하는 경우에 현실도피 경향, 가상세계에 대한 친밀감 상승 등의 요인이 크게 작용하여 게임에 대한 심리적 의존과 심각한 삶의 갈등을 유발한다고 하며,¹⁾ 청소년에서 중독적 인터넷 게임 사용은 외재적 동기보다는 내재적 동기가 더 중요하다는 결과도 있다.²⁾ 결국 이와 같은 결과들을 종합해 보면 온라인 게임 과다사용은 현실에서 벗어나려는 내재적 동기에 의한 사이버 공간으로

의 잘못된 몰입현상으로 볼 수 있다. 이 현상은 또한 현실의 삶에서 심리적으로 떨어져 때로는 현실과 가상세계를 구분하지 못하는 현상으로 나타날 때도 있다. 사이버 공간이라는 가상 현실과 실제 현실을 구별하지 못하는 상황을 설명할 수 있는 개념 중의 하나는 ‘탈신체화 현상(disembodiment phenomenon)’이다.³⁾

탈신체화 현상이란 내 몸의 물리적 경계를 벗어나 한 개체의 외연이 투사되는 것으로 마치 자기의 신체가 자기 몸 밖에 있는 것처럼 느끼는 경험을 말한다.⁴⁾ 이 현상의 극단적인 발현 상태로는 ‘유체 이탈 경험’이나 ‘자기 환영’들이 있다.⁵⁾ 아마도 뇌 내의 전정기관 시스템(vestibular system)의 변화 혹은 체성 감각(somatosensory function)의 변화 등이 원인이 되지 않을까 추측하고 있다. 온라인 상황에서 쉽게 들 수 있는 예는 가상 현실 속 아바타에 몰입하여 아바타를 꾸미고 가꾸는 데 마치 자기 스스로가 꾸며지고 가꾸어지는 것처럼 느끼는 현상이다. 또한 몇몇 연구자들 역시 사이버스페이스와 탈신체화 간의 관계에 대하여 논의한 바 있다.^{6,7)} 탈신체화 현상이 일어나는 뇌 부위 연구는 매우 활발히 일어나고 있으며, 양측 측두-두정-후두 연결부(bilateral temporo-parieto-occipital junction), 해마방회(parahippocampal gyrus), 중심전이랑(precentral gyrus) 등이 거론되고 있다.^{8,9)}

탈신체화를 유발할 수 있는 자극을 제시하면서 뇌 반응을 조사한 몇 가지 연구 중 한 가지는 애니메이션 동영상을 이용한 연구이다.⁴⁾ 이 연구에서는 적색, 청색, 회색의 인물 3인이 삼각형 대열로 서서 순서대로 공을 주고받는데, 때로는 보이는 시점이 고정되어 있기도 하고(fixed view) 때로는 계속 시점이 전환되는 관점 이동(perspective-shifting) 상태도 있다(changeable view). 또한 피험자는 2가지 과제를 수행하는데 한 과제는 회색 인물 1명이 공을 받은 뒤 던질 때 피험자가 마우스를 클릭하여 마치 피험자의 마우스 클릭으로 그 인물의 공던지기가 실시된 것 같은 느낌을 갖게 하는 과제였고(agency task), 다른 과제는 공이 적색 인물과 청색 인물의 중간에 위치할 때 마우스를 클릭하게 한 물리적 위치 선택 과제였다(control task). 특히 관점 이동 상태에 있게 하면서 마치 마우스 클릭으로 공던지기를 유발케 하는 것처럼 agency task를 수행하게 한 경우에 피험자는 ‘탈신체화된 자신(disembodied self)’을 경험하게 된다고 하였고, 그 결과 우측 후방 중측두회(posterior middle temporal gyrus) 및 중후두회(middle occipital area)에서 뇌 활성화가 뚜렷이 관찰된 바 있다.^{4,10)}

이 functional MRI(이하 fMRI) 연구에서 이용한 동영상 애니메이션 과제 수행 방법은 마치 게임을 하는 것처럼 피험자들에게 제시될 수 있다. Kim 등¹⁰⁾은 이점에 착안하여 조기 청소년 인터넷 중독자 및 일반 조기 청소년에게 위에서 언급한 공

던지기 애니메이션 과제를 실시하면서 두 그룹의 뇌 반응을 조사하였는데, 그 결과 탈신체화 유발 조건에서 청소년 인터넷 중독자에서 일반 청소년에 비해 좌측 측두-두정-후두 영역 및 해마방회 영역의 활성화가 증가된 반면 일반 청소년에서는 이러한 현상이 관찰되지 않음을 보고한 바 있다.

Kim 등¹⁰⁾의 선행 연구는 아직 뇌의 발달이 다 이루어지지 않은 중학생 연령의 청소년을 대상으로 하였고, 게임 중독 혹은 과다사용자가 아닌 인터넷 중독자를 대상으로 실시가 된 연구였다. 따라서, 게임 과다사용자라는 특정 범주 내에서 유사한 결과가 나타나는지를 관찰할 필요성이 제기되었다. 또한 Kim 등¹⁰⁾의 선행 연구는 사이버스페이스에 대한 노출 경험이 성인에 비해서 상대적으로 적은 그룹인 조기 청소년 그룹을 대상으로 한 연구였으며 중독군에서만 탈신체화 관련 뇌 영역 활성화가 관찰되었는데, 과연 이러한 결과가 성인에서도 나타나는지를 조사할 필요성이 제기되었다. 예를 들어 게임 과다사용자가 아닌 일반 성인도 일상 생활 속에서 인터넷 검색, 메일 이용 등 게임을 과다사용하지 않았다 하더라도 게임 이외의 사이버스페이스에 쉽게 노출되었을 수 있다. 따라서 오랫동안 컴퓨터 및 인터넷을 쉽게 접해온 일반 성인들 및 온라인 게임 과다사용자 간에도 청소년기에서의 뇌 활성화 차이가 반복되는지를 확인해야 할 필요성이 제기되는 것이다. 한편 탈신체화 체험은 해리 현상(dissociative phenomenon)과 유사하다는 보고도 있다는 걸 감안할 때¹¹⁾ 일반적인 해리 현상 체험의 정도가 과연 탈신체화 관련 영역의 뇌 활성화와 어떠한 관계가 있는 것인지도 조사할 필요성이 제기된다.

따라서 이번 연구에서는 온라인 게임을 과다사용하는 성인 및 온라인 게임을 접해보았지만 과다하게 게임을 사용하지 않은 일반 성인을 대상으로, 탈신체화 현상을 유발하는 동영상 자극을 주었을 때 성인기 온라인 게임 과다사용군과 일반 성인 간에 뇌 활성화의 차이가 유의하게 나타나는지를 알아보고자 하였다.

방 법

연구 대상

성인 온라인 게임 과다사용군(이하 과다사용군) 및 대조군은 충북 지역의 대학 및 충북 지역 1개 병원에서의 공지를 통하여 모집하였다. 두 군에 공통적으로 적용된 모집 기준은 1) 만 20세 이상 30세 이하의 남자 대학생, 2) 오른손잡이, 3) 한 번이라도 온라인 게임을 해본 경험이 있으며 현재도 온라인 게임을 하는 자, 4) 단축형 지능검사 실시 결과 intelligence quotient(이하 IQ) 80 이상, 5) 두부외상, 경련성 질환의 과거력이 없음, 6) 심각한 내과적 혹은 외과적 질환을 앓고 있지 않음, 7)

Mini International Neuropsychiatric Interview Korean version¹²⁾을 이용한 면담에서 주요 정신 질환이 공존하지 않는 경우 등이었다. 또한 피험자가 사용하는 온라인 게임의 종류는 월드오브워크래프트(world of warcraft) 혹은 아이온(Aion)과 같은 MMORPG 게임의 부류로 한정하였다.

과다사용군 및 대조군의 구분을 위해 한 주당 온라인 게임 시간을 이용하여 두 군을 분류하였다. 이러한 분류 방식은 Ko 등¹³⁾의 연구에서도 동일하게 적용되었었다. 과다사용군은 1주일에 30시간 이상 온라인 게임을 이용하는 사람으로, 또한 대조군은 온라인 게임의 경험은 있으나 1주일에 2시간 이하로 게임을 이용하는 사람으로 한정하였다. 연구에 최종적으로 참여하게 된 피험자는 과다사용군 14명, 대조군 15명이었다.

한편 이번 연구는 충북대학교병원 생명윤리위원회의 승인을 얻었으며, 연구 참여자들에게 연구의 목적과 방법에 대하여 충분히 설명한 후 서면으로 연구 참여를 동의받았다.

설문 평가

연구 참여자들에게 실시한 설문지는 다음과 같다.

한국판 인터넷 게임 중독/관여 척도(Korean version of Game Addiction/Engagement Scale)의 중독 요인 하위 척도

Jang과 Lee¹⁴⁾는 Charlton과 Danforth¹⁵⁾가 개발한 척도를 번안하여 한국어판 인터넷 게임 중독/관여 척도를 발표한 바 있으며, 이에 대한 타당도 검증이 이루어져 있다. 본 연구에서는 이 척도의 중독 요인 하위 척도(이하 중독 소척도)만을 이용하여 인터넷 게임 중독 정도를 평가하였다. Jang과 Lee¹⁴⁾에 의하면 중독 소척도의 Cronbach's α 계수는 0.91이었다.

성인 인터넷 중독 진단 척도(Internet Addiction Proneness Scale for Adults)의 가상세계 지향성(Inclination toward virtual reality) 하위 요인

성인 인터넷 중독 진단 척도는 인터넷 사용의 병리적 측면을 인지적 구조 모델로 설명한 Davis¹⁶⁾의 이론을 바탕으로 한국정보문화진흥원¹⁷⁾에서 개발한 척도이다. 국내에서 이미 발표되었던 6가지 척도의 문항과 Davis의 인지구조 모델, 인터넷 사용자들과 중독관련 종사자들을 대상으로 연구자들이 시행한 면담을 참조하여 요인 분석을 거쳐 개발되었으며 자가보고식 A척도와 관찰자용 B척도 2가지로 구성되어 있다. 이 척도의 Cronbach's α 는 0.87로 보고되었다. 이 중 A척도는 총 20문항으로 가상세계 지향, 인터넷 사용에 대한 긍정적 기대, 내성 및 몰입, 인터넷 사용에 대한 자기 인식 총 4개의 요인으로 구성되었다. 이번 연구에서는 가상세계 지향 요인에 해당되는 설

문만 가상세계 지향성 하위 요인(이하 가상세계 지향성 소척도)으로 선택하였다.

한국어판 해리 경험 척도(Dissociation Experience Scale-Korean version)

Bernstein과 Putnam¹⁸⁾의 해리 경험 척도를 국내 실정에 맞게 한국어로 번안한 척도이다. Park 등¹⁹⁾에 의한 타당도 연구에서 기억장애, 주체성변화, 이인증, 비현실감, 자기몰입, 주의산만 등 총 6개의 요인이 확인되었으며 Cronbach's α 는 0.94로 우수하였다. 이번 연구에서는 6개의 하위 요인 중 탈신체화 현상과 유사한 하위요인인 이인증(depersonalization), 비현실감(derealization)만 추출한 총 14개의 문항을 사용하였다. 피험자들은 문항을 읽고 이인증 혹은 비현실감을 평소 얼마나 경험하는지에 대해 0~100%의 Visual Analog Scale로 표시하였다.

Functional MRI(이하 fMRI) 촬영을 위한 디자인

이번 실험에서는 블록 디자인(block design)을 사용하였다. 실험에 사용된 자극은 Corradi-Dell'acqua 등⁴⁾ 및 Kim 등¹⁰⁾의 연구에서 사용된 애니메이션 자극을 바탕으로 자극의 길이와 디자인을 수정하여 사용하였다. 자극의 제시는 E-prime software 2.0 version(Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA, USA)으로 시행되었다.

우선 6초짜리 애니메이션 4종류를 제작하였으며, 공통적인 구성은 다음과 같다 ; 검은 바탕화면에 사람 3명(붉은색, 파란색, 회색)이 삼각형 구도로 서 있다. 붉은 사람(red player)이 파란 사람(blue player)에게 공을 던지고, 파란 사람이 공을 받아 회색 사람(gray player)에게 공을 던지고, 회색 사람이 공을 받아 붉은 사람에게 공을 던져서 붉은 사람이 공을 받으면 애니메이션이 완료된다. 이 애니메이션들의 등장 인물은 같지만 인물들 간 구도는 다른데, 1) 화면의 중앙 아래에 회색 사람이 등을 보이면서 서 있고 화면 양쪽에 붉은 사람과 파란 사람이 서서 회색 사람을 보고 있는 역삼각형 구도(back-of-the-gray-player view)(Fig. 1A), 2) 화면 중앙의 뒤쪽으로 붉은 사람이 정면을 향해 서 있고 화면 양쪽에 파란 사람과 회색 사람이 옆면을 보이는 채로 마주보며 서 있는 구도(laterally drifted view), 3) 회색 사람의 시야처럼 구성된 화면 속에 양측에는 붉은 사람과 파란 사람이 있으며 회색 사람이 공을 던질 때 공 던지는 손이 약간 보이는 구도(eyeball-of-the-gray-player view)(Fig. 1B), 4) 공중 한가운데서 수직으로 세 사람을 내려다보고 있는 구도(ceiling view) 등 4개 구도로 이루어졌다. 대조 자극으로 6초 동안의 흑백 배경 영상이 제작되었는데, 2초는 검정색 배경만 나타나고, 2초는 검정색 배경

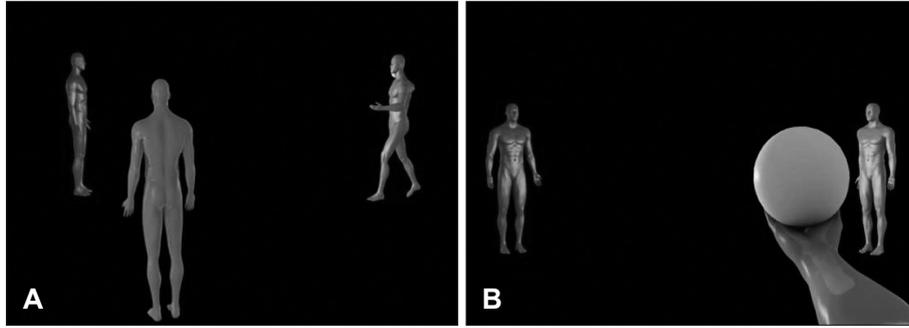


Fig. 1. Two examples of 3-D animation snapshots depicting each of the four points of view and base control. A : Back-of-the-gray-player view. B : Laterally drifted view (The permission for making animations similar to those of Corradi-Dell'acqua et al.⁴⁾ was obtained from the corresponding author).

속에 기호 '○'이 나타나며, 마지막 2초는 다시 검정색 배경만 나타나는 구성이었다.

피험자들에게는 총 3가지 과제가 주어졌다. 첫 과제는 '행위자 과제(agency task)'로, 회색 사람이 파란 사람에게서 공을 받고 나서 붉은 사람에게 던지는 순간 마우스를 클릭하게 하였다. 이 경우 피험자는 회색 사람의 공던지기가 피험자 자신의 마우스 클릭으로 유발(trigger)되는 것처럼 느끼게 된다. 둘째 과제는 '위치 과제(location task)'로, 붉은 사람이 파란 사람에게 던진 공이 두 사람 사이의 중간 지점을 통과할 때 피험자가 마우스를 클릭하게 하였다. 마지막으로 '대조 과제(control task)'로, 흑백 배경 영상으로 이루어진 대조 자극에서 '○'이 나타나자마자 마우스를 클릭하게 하였다.

애니메이션이 나타나는 블록에서는 1개 블록당 총 6개의 애니메이션이 연속해서 제시되었는데, 같은 애니메이션이 6회 반복되거나(고정 관점, fixed view) 서로 다른 애니메이션끼리 섞여서(변화 관점, changeable view) 제시되었다. 즉, 고정 관점에서는 관점이 고정된 상태에서 애니메이션을 보게 되며, 반면 변화 관점에서는 관점이 계속 바뀐다. 4개 종류의 애니메이션 동영상으로 변화 관점을 구성하여야 하므로 애니메이션 각각을 a, b, c, d라고 할 때 고정 관점 블록의 제시 순서가 a-a-a-a-a-a, b-b-b-b-b-b, c-c-c-c-c-c, d-d-d-d-d-d 중 하나였고, 반면 변화 관점 블록의 제시 순서는 a-b-d-c-d-c, b-d-a-c-a-c, c-b-d-b-a-d, d-a-b-c-b-a 중 하나였다. 한편 대조 블록에서는 흑백 배경 영상으로 이루어진 대조 자극이 6개 연속으로 제시되었다.

결과적으로 이번 실험은 과제(task), 관점(viewpoint), 그룹(group)을 모두 고려하여야 하는 실험이었다. 각 애니메이션 블록은 과제와 관점에 의하여 4개 조건(condition)으로 구성될 수 있었다 ; 1) 행위자-고정 관점(agency-fixed, 이하 AF) 조건, 2) 행위자-변화 관점(agency-changeable, 이하 AC) 조건, 3) 위치-고정 관점(location-fixed, 이하 LF) 조건, 4) 위치-변화 관점(location-changeable, 이하 LC) 조건(흑백 배경 영상으로 이루어진 대조 블록은 실험 기획 단계에서는 전체 자극에 포함되었으나, 촬영 이후 분석 단계에서는 뇌영

상 분석에 포함시키지 않았다). 서론에서도 언급하였듯이⁴⁾ 이러한 조건들의 조합으로 이루어지는 [(AC-LC)-(AF-LF)] 대조 조건은 피험자를 관점 이동 상태에 있게 하면서 마치 마우스 클릭으로 공던지기를 유발케 하는 것처럼 행위자 과제를 수행하는 경우에 해당되므로, 이 대조 조건이 피험자의 탈신체화 유발 상태를 반영하는 조건에 해당된다.

전체 블록 수는 AF 조건, AC 조건, LF 조건, LC 조건 각각 4개 블록씩에 대조 블록 2개를 제작하여 총 18개였다. 1개 애니메이션 블록은 1) 과제 설명 화면 2초, 2) 공백 화면(blank) 1초, 3) 각 애니메이션 6개 36초로 구성되어 총 39초가 1개 블록에 소요되었고, 1개 휴식기(rest period)당 21초가 소요되었다. fMRI 촬영 전체 시간은 dummy scan에 소요된 15초를 포함하여 총 18분 15초였다. 18개 블록은 무작위 순서로 제시되었다.

뇌영상 획득(Image acquisition)

뇌자기공명영상의 촬영에는 대전 KAIST에 위치한 3.0 T whole-body ISOL Technology FORTE scanner(ISOL Technology, Seoul, Korea)를 이용하였다. fMRI 촬영 전 T1 구조적 영상을 먼저 얻었다. 실험 자극은 fMRI scanner의 LCD projector를 통해 제시되었다. fMRI 촬영에는 echo planar imaging sequence를 이용한 blood oxygen level dependent technique이 적용되었다. 각각의 image slice의 두께는 5 mm였고 slice 간의 gap은 허용되지 않았다. 다른 MR parameter는 TR = 3000 ms, TE = 35 ms, flip angle = 80°, field of view = 220 × 220 mm, matrix = 64 × 64였다. Axial section image로 총 30개의 slice가 얻어졌다. T1 구조적 영상의 MR parameter는 TR = 2800 ms, TE = 16 ms, flip angle = 80°, field of view = 192 × 220 mm, matrix = 192 × 256이었다.

뇌영상 데이터 분석(Neuroimaging data analyses)

중독군과 대조군의 영상학적 자료는 SPM8(Wellcome Department of Cognitive Neurology, London, UK) 소프트웨어를 이용하여 분석하였으며 일반 선형 모델(general linear

model)을 적용하였다. 얻어진 뇌영상학적 자료들은 움직임에 대한 교정(motion correction)과 동시기록(coregistration), 기능적 영상의 해부학적인 위치를 파악하기 위해 표준 뇌 좌표와 실험에서 얻은 영상 자료를 일치시키는 표준화(normalization)와 편평화(smoothing) 과정을 거쳐서 분석하였다. 편평화 커널의 크기는 10 mm로 하였다.

분석 조건으로는 4가지의 애니메이션 블록 분류(AF, AC, LF, LC)를 통해 과제-관점 상호작용 조건인 [(AC-LC)-(AF-LF)] 조건만 분석하였다. 이는 결국 변화하는 관점 상황에서 피험자가 회색 사람을 조종하여 공을 던지는 것 같은 행위자 기능이 반영되는 것이다, Corradi-Dell'acqua 등⁴⁾과 Kim 등¹⁰⁾의 연구에서는 이 조건이 탈신체화 요인을 반영하는 것이라고 하였다.

우선, 전체 뇌 분석(whole brain analysis)이 수행되었다. 이번 연구에서는 voxel 수준에서 uncorrected $p < 0.001$ 의 역치를 넘으며 30개 voxel의 범위를 초과하는 cluster를 활성화 영역으로 간주하였다. 개별 분석(individual-level test) 후에 과다사용군 및 대조군 각각 군 내 분석(within-group analyses)을 수행하여 과제-관점 상호작용 조건에서의 뇌 활성화 영역을 확인하였다. 이후 군 간 분석(between-group analyses)을 실시하여 각 군에서 타 군보다 유의하게 뇌 활성화도가 높은 부분을 확인하였다.

또한, 상기한 군 내 분석 및 군 간 분석 결과에서 차이가 나타난 영역을 기반으로 관심 영역(region of interest, 이하 ROI)을 정의하였다. ROI의 radius는 10 mm였으며 MarsBaR toolbox(<http://marsbar.sourceforge.net>)를 이용하여 표준화 영상(normalizing image)에서 계산되었다. 이렇게 정의된 ROI 좌표를 가지고 피험자 개개인의 각 조건에서 beta value를 구하였다. 이후 각 군별로 ROI 값과 가상세계 지향성 정도, 해리 경험 정도 간의 상관관계를 분석하였다.

기타 통계 분석

통계 분석에는 Statistical Package for the Social Sciences (이하 SPSS) 12.0 K를 이용하였다. 두 군 간의 연령, IQ, 설문

지 값의 비교에는 Student's t-test를 적용하였다. 각 군별 ROI 값과 가상세계 지향성 정도, 해리 경험 정도 간의 상관관계 분석에는 Pearson's correlation analysis가 적용되었다.

결 과

대상군의 특성

전체 대상군의 특성은 다음과 같다(Table 1). 과다사용군과 대조군의 평균 나이는 같았으며, 두 군 간의 IQ 차이는 유의하지 않았다($p = 0.088$). 온라인 게임 사용시간에서는 큰 차이가 나타났으며 과용군의 경우 1주일에 평균 45시간 정도를 게임에 사용한 반면 대조군은 1주일 평균 1시간 미만으로 나타났 다($p = 0.000$).

온라인 게임을 이용한 기간 분포에서도 두 군에서 유의한 차이가 있었다. 과다사용군 14명 중 1명을 제외한 13명이 3년 이상 온라인 게임을 이용한 반면, 대조군 15명 중에서 7명이 3년 이상 온라인 게임을 이용하였으며 8명은 3년 미만의 기간 동안 이용한 것으로 나타났다($p = 0.007$).

중독 소척도에서는 과다사용군의 중독 점수가 대조군에 비해 상당히 높게 나타났으나($p = 0.000$), 가상 현실 지향성 소 척도($p = 0.205$) 및 해리 경험 소척도($p = 0.796$)에서는 두 군 간에 유의한 차이가 발견되지 않았다.

fMRI 영상 데이터 분석 결과

과다사용군 및 대조군 각각에서 나타난 뇌의 활성화 부위 (Table 2)

과다사용군 및 대조군 각각에서 과제-관점 상호작용 조건인 [(AC-LC)-(AF-LF)] 조건에서의 뇌 활성화 소견은 다음과 같다.

과다사용군에서는 우측 췌기엽(right cuneus)(BA 18), 좌측 후측 중앙 후두엽(left posterior middle occipital gyrus)(BA 18), 좌측 해마방회(left parahippocampal gyrus)(BA 37)에서 뇌 활성화 소견이 나타났다.

Table 1. Comparison of demographic and clinical characteristics between online game overuser group and control group

	Overuser (n = 14)		Control (n = 15)		t	p value
	Mean	SD	Mean	SD		
Age (years)	25.00	1.61	25.00	1.41	0.000	1.000
IQ	108.64	6.54	113.33	7.72	-1.768	0.088
Time for using online game per week (hours)	45.14	13.10	0.73	1.03	12.990	0.000*
Addiction	47.00	11.58	21.93	6.16	7.197	0.000*
Dissociation	7.64	8.46	6.80	8.96	0.260	0.796
Inclination toward virtual reality	11.85	2.74	10.40	3.29	1.299	0.205

By Student's t-test. * : $p < 0.0001$. SD : standard deviation, IQ: intelligence quotient

대조군에서는 좌측 중심전회(left precentral gyrus)(BA 6), 좌측 하전두회(left inferior frontal gyrus)(BA 44), 좌측 뇌섬엽(left insula)(BA 13)에서 뇌 활성화 소견이 나타났다.

과다사용군과 대조군 간의 뇌 활성화 부위 비교(Table 3)

[(AC-LC)-(AF-LF)] 조건에서 과다사용군과 대조군 간의 뇌 활성화 부위의 차이를 알아본 결과는 다음과 같다.

과다사용군에서 대조군보다 더 높은 뇌 활성화를 보인 영역은 좌측 뿔기엽(BA 18, BA 19)과 좌측 후측 중앙 후두엽(BA 18)의 연합 영역이었다(Fig. 2A). 또한 대조군에서 과다사용군보다 더 높은 뇌 활성화를 보인 영역은 우측 후측 상측두엽(right posterior superior temporal gyrus)(BA 42)의 일부 영역이었다(Fig. 2B).

상관관계 분석 결과

ROI 영역의 뇌 활성화 정도와 가상현실 지향성, 해리 경험 정도 간의 상관관계를 조사한 결과, 과다사용군에서는 좌측 뿔기엽(x = -16, y = -84, z = 29)과 해리 점수(r = 0.57, p = 0.03), 가상현실 지향성(r = 0.66, p = 0.01) 간에 유의한 양의 상관관계가 관찰되었다. 그러나 대조군에서는 두 설문지 결과와 유의한 상관관계를 보이는 ROI 영역은 존재하지 않았다.

고찰

이번 연구에서 피험자들은 IQ와 나이에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 과다사용군에 대한 정의는 연구들에 따라 약간의 차이를 보이고 있지만 이번 연구에서는 Ko 등,¹³ Han 등²⁰의 선행 연구에서 반복해서 사용하고 있는 시간 기준을 이용

Table 2. Significantly activated brain regions associated with task-view interaction condition in each group (uncorrected, p < 0.001, extent threshold $\kappa = 30$)

Location	Region	BA	x	y	z	Cluster size	t value
In control group							
Left	Precentral gyrus	6	-59	-2	27	89	5.33
Left	Inferior frontal gyrus	44	-59	10	16	56	5.17
Left	Insula	13	-43	3	4	42	4.33
In overuser group							
Right	Cuneus	18	2	-94	14	74	4.64
Left	Middle occipital gyrus	18	-12	-96	14		3.96
Left	Parahippocampal gyrus	37	-33	-41	-9	54	4.55

The statistical analyses were done by one sample t-test. Coordinates follow the atlas by Talairach and Tournoux (1988). BA : brodmann area

Table 3. Significantly activated brain regions from between-group analyses of neural activity in response to task-view interaction (uncorrected, p < 0.001, extent threshold $\kappa = 30$)

Location	Region	BA	x	y	z	Cluster size	t value
More activated region in control group than overuser group							
Right	Superior temporal gyrus	42	58	-33	21	51	3.97
More activated region in overuser group than control group							
Left	Cuneus	19	-16	-84	29	463	5.19
Left	Cuneus	18	-2	-90	12		5.00
Left	Middle occipital gyrus	18	-12	-88	17		3.98

The statistical analyses were done by two sample t-test. Coordinates follow the atlas by Talairach and Tournoux (1988). BA : brodmann area

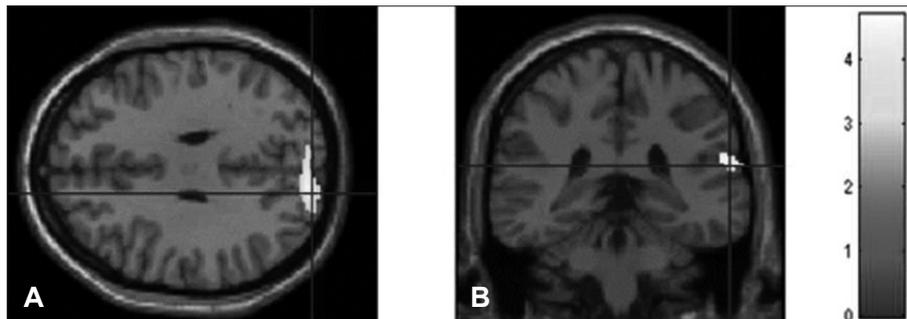


Fig. 2. A : Significantly activated brain regions (peak voxel x, y, z coordinate : -16, -84, 29) associated with task-view interaction condition in overuser group compared to control group (left cuneus and left middle occipital gyrus). B : Significantly activated brain regions (peak voxel x, y, z coordinate : 58, -33, 21) associated with task-view interaction condition in control group compared to overuse group (right posterior superior temporal area).

하여 과다사용군과 대조군을 구분하여, 보다 검증된 방식으로 두 군을 구분하고자 하였다.

중독 소척도에서 두 군 간에 유의한 차이가 나타난 점은 과다사용군일수록 온라인 게임에 중독적으로 몰입하였을 가능성이 더 높음을 시사한다. 그러나 가상세계 지향성 소척도 및 해리 경험 소척도에서는 두 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 대조군 역시 적은 시간 동안이나마 온라인 게임을 이용하고 있다는 점, 또한 대조군에서 3년 이상 게임 이용 경험이 있었던 사람이 15명 중 7명으로 나타났다는 점 등에 기인하였을 것이다.

이번 연구에서 과다사용군은 군 내 분석 결과 과제-관점 상호작용 조건에서 우측 췌기엽, 좌측 후측 중앙 후두엽, 좌측 해마방회 등에서 뇌 활성화 소견이 나타났으며, 군 간 분석 결과 대조군에 비해서 더 유의한 활성화를 보인 영역도 좌측 췌기엽, 좌측 후측 중앙 후두엽의 연합 영역 등으로 나타났다.

췌기엽은 탈신체화 관련 영역으로 자주 보고되지는 않았지만 관점의 이동²¹⁾ 등에서 활성화되는 영역 중의 하나로 보고된 바 있다. 또한 가상현실에 대한 현존감(telepresence)의 정도와 췌기엽의 활성화 간에 정적 상관관계가 보고된 국내 연구도 있다.²²⁾ 다른 관점에서 보면, 췌기엽 및 후두엽 영역은 병적 도박 환자(pathologic gambler)에서 도박 관련 시각적 단서(visual cue)를 제시하였을 때의 갈망 반응과도 연관이 있는 것으로 알려져 있다.²³⁾ 또한 상관관계 분석에서도, 과다사용군에서 췌기엽의 활성화 정도는 가상현실 지향성, 해리 경험 정도와 유의한 양의 상관관계를 보였다. 즉, 과다사용군에서는 오랫동안 게임을 과다사용하였기 때문에 이들의 가상현실 지향성이 높아지고 해리 현상을 경험한 경우가 자주 있을수록 탈신체화 경향이 높아지며 탈신체화 경향이 높아질 때 췌기엽의 과다 활성화가 동반되는 것으로 해석할 수 있겠다.

또한 과다사용군에서 활성화된 좌측 해마방회 역시 탈신체화 관련 영역으로 보고되었던 바 있으며⁹⁾ 특히 청소년 인터넷 중독군에서도 이번 연구와 같은 탈신체화 관련 조건에서 활성화되었던 영역이다.¹⁰⁾ 이 영역은 관점이 계속 변화하는 과제에서 공간적 배치 파악과 관련하여 활성화되었던 부위였다.²⁴⁾ 이번 연구의 과제-관점 상호작용 조건은 그 특성상 인터넷 게임을 수행할 때의 상황과 매우 유사한 상황을 경험하게 하는 조건이었으므로, 과다사용군이 이러한 과제-관점 상호작용 조건에 더 민감하게 반응하면서 해마방회의 활성화가 더 두드러졌을 가능성도 있다.

이번 연구 결과에서 가장 큰 특징은 대조군 역시 군 내 분석에서 과제-관점 상호작용 조건에서 중심전회, 하전두회, 뇌섬엽 등의 활성화 소견을 보였다는 점, 또한 이 조건에서의 군 간 분석에서 과다사용군에 비해 더 유의한 활성화를 보인 부위로

우측 후측 상측두엽이 나타났다는 점일 것이다. 이러한 부위들은 탈신체화 관련 영역으로 자주 보고된 부위들이며⁸⁾⁹⁾²⁵⁾²⁶⁾ 특히 우측 후측 상측두엽은 탈신체화와 관련하여 매우 자주 언급되는 측두-두정-후두 연결부위에 인접한 영역이다. 이번 연구와 유사한 자극을 이용한 Kim 등¹⁰⁾의 청소년 인터넷 중독 연구에서는 대조군에서 과제-관점 상호 작용 조건에서 유의한 활성화를 보이지 않았었다. Kim 등¹⁰⁾의 연구에서의 대조군의 나이가 13세 이상 16세 미만의 초기 청소년이었던 것을 고려할 때, 이번 연구의 대조군은 평균 연령 25세의 성인이며 비록 주당 온라인 게임을 하는 시간은 적었다 하더라도 온라인 게임 이외의 인터넷 이용 경험 및 사이버스페이스를 경험한 기간은 상당할 것이다. 이러한 차이 때문에 이번 연구에서는 대조군에서도 탈신체화 관련 부위들이 활성화될 수 있었다고 판단된다.

비록 과다사용군이든 대조군이든 탈신체화 관련 자극 조건에서 뇌 활성도가 두 군 다 일어났다 하더라도, 각 군의 뇌 활성화 부위에서 서로 다른 결과를 보였다는 점도 고려해 보아야 할 것이다. 이러한 결과 차이를 온라인 게임에 노출된 기간의 차이에 의해 설명해 볼 수 있을 것이다. 게임에의 반복적인 노출이 뇌의 대체 경로(alternative pathway) 발달에 영향을 미쳐 시야의 확장을 일으킨다는 보고,²⁷⁾ 일반 성인에게 같은 시간 동안 같은 게임을 노출시켰을 때 과사용을 하게 된 대상과 일반적인 사용을 하게 된 사람의 뇌의 반응이 달라진다는 보고,²⁸⁾ 게임에의 노출이 보상과 연관된 뇌 회로를 변화시킨다는 보고²⁹⁾ 등을 고려한다면, 뇌 가소성(neural plasticity)에 의해 게임에의 반복적인 노출이 뇌의 활성화 패턴까지 변화시킬 수 있음을 설명할 수 있다. 따라서 이번 연구에서 과다사용군의 뇌 반응 패턴이 대조군과 다르게 나타났다는 것은, 결국 뇌 가소성의 관점에서 볼 때 온라인 게임을 과다하게 이용함에 따라 측두-두정-후두 연결부 이외의 다른 대체 경로가 활성화된 것이라고 가정할 수 있을 것이다. 다만 이러한 시사점들을 정확하게 알아보기 위해서는 1개 대상군을 조기 청소년기 때부터 성인기까지 추적 관찰하는 종단 연구가 추가적으로 필요할 것이다.

이번 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 이번 연구에서 활성화된 뇌 영역은 탈신체화 관련 뇌 영역이었으나, 이러한 뇌 영역의 활성도가 대상자들의 탈신체화 현상을 완전히 촉발시킨 것은 아니라는 점이다. 추가 연구에서 탈신체화 관련 척도를 개발하여 뇌영상 촬영 직후 혹은 촬영 중에 이를 측정함으로써 이러한 문제들을 해결할 수 있을 것이다. 둘째, 이번 연구에서 이용한 애니메이션은 온라인 게임 등에서 보게 되는 강렬한 시청각적 자극을 주는 화면과 유사하지는 않았다. 청각적 자극은 없는 영상들이었으며, 시각적으로도 공 던지기만 단

순 반복되는 애니메이션이었다. 만약 온라인 게임의 캐릭터를 이용하여 애니메이션을 제작했다면 훨씬 더 강한 뇌 활성화를 유발할 수 있었을 것이다. 다만 이러한 애니메이션을 선택한다면 각 대상자의 각 애니메이션 캐릭터에 대한 노출 경험 및 친숙함 등에서 차이가 날 수 있으므로, 이번 연구에서는 Corradi-Dell'acqua 등⁴⁾의 연구에서 이용한 동영상 애니메이션을 거의 그대로 적용하고자 하였다. 세 번째는 대상군의 수가 적었다는 점이다. 마지막으로 이번 연구는 젊은 성인 남성을 대상으로 한 연구이기 때문에 이 결과를 여성이나 노인에게로 확대하는 데에는 한계가 있을 것이라는 점이다.

이러한 한계에도 불구하고 이번 연구는 성인들의 온라인 게임 경험의 차이가 뇌의 탈신체화 관련 영역의 활성화 패턴에 어떤 차이를 일으키는지를 알아 본 중요한 연구였다. 추가되는 연구들을 통해 성인기 온라인 게임 과다 사용군의 뇌 활성화 특성이 보다 더 상세히 밝혀지길 기대한다.

중심 단어: 인터넷 게임 과다사용자 · 탈신체화 · 기능적 자기공명영상.

Acknowledgments

이 연구는 2012년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

Conflicts of interest

The authors have no financial conflicts of interest.

REFERENCES

- 1) **Beranuy M, Xavier C, Griffiths MD.** A qualitative analysis of online gaming addicts in treatment. *Int J Ment Health Addict* 2013;11:149-161.
- 2) **Wan CS, Chiou WB.** The motivations of adolescents who are addicted to online games: a cognitive perspective. *Adolescence* 2007;42:179-197.
- 3) **Btihaj A.** Disembodiment and cyberspace: a phenomenological approach. *Electron J Sociol* 2005;7:1-10.
- 4) **Corradi-Dell'acqua C, Ueno K, Ogawa A, Cheng K, Rumiati RI, Iriki A.** Effects of shifting perspective of the self: an fMRI study. *Neuroimage* 2008;40:1902-1911.
- 5) **Blanke O, Mohr C.** Out-of-body experience, heautoscopy, and autoscopic hallucination of neurological origin Implications for neurocognitive mechanisms of corporeal awareness and self-consciousness. *Brain Res Brain Res Rev* 2005;50:184-199.
- 6) **Hanlon J.** Disembodied intimacies: Identity and relationship on the Internet. *Psychoanal Psychol* 2001;18:566-571.
- 7) **Kang S.** Disembodiment in online social interaction: impact of online chat on social support and psychosocial well-being. *Cyberpsychol Behav* 2007;10:475-477.
- 8) **Lopez C, Halje P, Blanke O.** Body ownership and embodiment: vestibular and multisensory mechanisms. *Neurophysiol Clin* 2008;38:149-161.
- 9) **Zahn R, Talazko J, Ebert D.** Loss of the sense of self-ownership for perceptions of objects in a case of right inferior temporal, parieto-occipital and precentral hypometabolism. *Psychopathology* 2008;

- 41:397-402.
- 10) **Kim YR, Son JW, Lee SI, Shin CJ, Kim SK, Ju G, et al.** Abnormal brain activation of adolescent internet addict in a ball-throwing animation task: possible neural correlates of disembodiment revealed by fMRI. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 2012;39:88-95.
- 11) **Beere D.** Dissociative reactions and characteristics of the trauma: preliminary tests of a perceptual theory of dissociation. *Dissociation* 1995;8:175-202.
- 12) **Yoo SW, Kim YS, Noh JS, Oh KS, Kim CH, Namkoong K, et al.** Validity of Korean Version of the MINI international neuropsychiatric interview. *Anxiety Mood* 2006;2:50-55.
- 13) **Ko CH, Liu GC, Hsiao S, Yen JY, Yang MJ, Lin WC, et al.** Brain activities associated with gaming urge of online gaming addiction. *J Psychiatr Res* 2009;43:739-747.
- 14) **Jang KW, Lee JH.** Development and validation of the Korean Version of the Game Addiction/Engagement Scale (K-GAES). *Korean J Health Psychol* 2007;12:517-527.
- 15) **Charlton JP, Danforth ID.** Distinguishing addiction and high engagement in the context of online game playing. *Comput Human Behav* 2007;23:1531-1548.
- 16) **Davis RA.** A cognitive-behavioral model of pathological Internet use. *Comput Human Behav* 2001;17:187-195.
- 17) **National Information Society Agency.** A Study of Internet Addiction Proneness Scale for Adults. Seoul: National Information Society Agency;2005.
- 18) **Bernstein EM, Putnam FW.** Development, reliability, and validity of a dissociation scale. *J Nerv Ment Dis* 1986;174:727-735.
- 19) **Park JM, Choe BM, Kim M, Han HM, Yoo SY, Kim SH.** Standardization of dissociative experiences scale-Korean version. *Korean J Psychopathol* 1995;4:105-125.
- 20) **Han DH, Hwang JW, Renshaw PF.** Bupropion sustained release treatment decreases craving for video games and cue-induced brain activity in patients with Internet video game addiction. *Exp Clin Psychopharmacol* 2010;18:297-304.
- 21) **Gramann K, Onton J, Riccobon D, Mueller HJ, Bardins S, Makeig S.** Human brain dynamics accompanying use of egocentric and allocentric reference frames during navigation. *J Cogn Neurosci* 2010;22:2836-2849.
- 22) **Choi SH, Kim JJ, Park IH, Kim SY, Ku J, Lee HR, et al.** The relationship between cortical activation during an inference task and presence in the virtual environment in patients with schizophrenia: an fMRI study. *J Korean Neuropsychiatr Assoc* 2008;47:239-246.
- 23) **Crockford DN, Goodyear B, Edwards J, Quickfall J, el-Guebaly N.** Cue-induced brain activity in pathological gamblers. *Biol Psychiatry* 2005;58:787-795.
- 24) **Epstein R, Kanwisher N.** A cortical representation of the local visual environment. *Nature* 1998;392:598-601.
- 25) **Lopez C, Heydrich L, Seeck M, Blanke O.** Abnormal self-location and vestibular vertigo in a patient with right frontal lobe epilepsy. *Epilepsy Behav* 2010;17:289-292.
- 26) **Tsakiris M, Hesse MD, Boy C, Haggard P, Fink GR.** Neural signatures of body ownership: a sensory network for bodily self-consciousness. *Cereb Cortex* 2007;17:2235-2244.
- 27) **Li R, Polat U, Makous W, Bavelier D.** Enhancing the contrast sensitivity function through action video game training. *Nat Neurosci* 2009;12:549-551.
- 28) **Han DH, Kim YS, Lee YS, Min KJ, Renshaw PF.** Changes in cue-induced, prefrontal cortex activity with video-game play. *Cyberpsychol Behav Soc Netw* 2010;13:655-661.
- 29) **Weinstein AM.** Computer and video game addiction-a comparison between game users and non-game users. *Am J Drug Alcohol Abuse* 2010;36:268-276.