

디지털 콘텐츠 중독과 관련된 두뇌 영역 : 인터넷과 비디오 게임 중독자의 뇌영상을 중심으로

권승혁, 엄증태, 권용주*

한국교원대학교

Brain Regions Associated with Digital Contents Addiction : Focus on Brain-imaging for Internet and Video Game Addiction

Seung-Hyuk Kwon, Jeung-Tae Eom, Yong-Ju Kwon*

Korea National University of Education

<ABSTRACT>

Recently, According to changing a environment of general school to digital based, many people are afraid of 'Digital Contents Addiction' typified by internet addiction and game addiction. Nevertheless, detailed information about these addictions at the level of the neuroscience is unknown. So, the purpose of this study is propose a major regions of addicted brain on internet and game by literature review about study on these addiction using brain-imaging methods for correct apply on digital education field. As a result, major regions of internet addiction are dorsal lateral prefrontal cortex(DLPFC), cingulate cortex(CC), superior frontal gyrus(SFG), Insula, Parahippocampal Gyrus(PHG) and striatum. And, major regions of game addiction are DLPFC, CC, orbito-frontal cortex(OFC), insula, thalamus, striatum and Amygdala. The DLPFC, CC, striatum, insula were collected, because referred on internet addiction and game addiction in common. The abnormality of these regions make reward system on digital experience more sensitive, induce the habit forming of uncontrolled thinking and behavior, finally resulting digital addicted characters. The results of this study suggest the practical information for diagnosis, treatment and prevent the digital contests addiction on digital based learning and learners.

Key words: Digital contents, Internet addict, Game addict, Brain imaging, Neuroscience, Learning, Review, DLPFC, CC, Striatum, Insula

* 교신저자 : 권용주, kwonyju@gmail.com

Received 19 May 2014; Accepted 24 June 2014; Published 30 June 2014

2014. Institute of Brain based Education, Korea National University of Education

I. 서 론

1990년대부터 시작된 인터넷과 게임의 발달, 그리고 이를 이용할 수 있는 디지털 기기의 발달과 보급은 우리 사회의 많은 모습을 바꿔놓았다. 이러한 변화는 좀 더 쉽고, 좀 더 빠르게 우리들이 원하는 것을 할 수 있도록 우리의 삶의 질을 높이고 있다.

하지만 이러한 긍정적인 면과 달리 디지털 기반 생활의 확대 및 심화로 인한 부정적인 면도 존재한다. 그 중 대표적인 것이 바로 인터넷 중독과 게임 중독으로 알려진 ‘디지털 콘텐츠 중독’이다. 기존에 사회적으로 문제가 되었던 중독은 약물, 도박 등을 대상으로 한 중독이었지만, 21세기 들어 인터넷과 게임 중독에 대한 문제가 큰 이슈로 떠오르고 있다.

인터넷과 게임 중독의 대표적인 증상으로는 온라인에 형성된 가상 세계를 지향하는데서 시작한다. Young(2009)에 의하면 인터넷 중독은 인터넷의 과다한 사용, 인터넷을 사용하지 않으면 불안하거나 초조해지는 금단현상(withdrawal), 점점 더 많은 시간의 인터넷을 해야 만족하게 되는 내성(tolerance), 부정적인 대인관계 형성의 증상을 보인다. 특히 금단현상과 내성에 의한 이상 행동은 결국 디지털 콘텐츠 중독자들의 일상생활장애를 유발하여 사회적인 문제가 되고 있다.

특히, 청소년의 디지털 콘텐츠 중독은 교사, 친구, 부모와의 관계 형성에 부정적인 영향을 미치게 되어 정상적인 사회성 형성에 대해 장애 요인으로 작용할 수 있다. 또한 청소년기에 필수적인 충분한 수면, 규칙적인 식사 및 충분한 운동 등과 같은 일상적인 행동을 방해하여 건강에 악영향을 끼칠 수 있다. 더불어 공격성, 충동성을 높여 폭력에 대한 현실적인 인식을 교란한다(Kwon & Jung, 2011).

또한 인터넷 및 게임의 중독자의 수 또한 증가하고 있다. 2013년 인터넷 중독 실태조사(NIA, 2013)에 따르면 우리나라의 인터넷 중독 위험군은 06년 207만명에서 13년 228만명까지 대체적으로 증가하고 있다. 특히 고위험군은 06년 38만 명에서 13년 54만 명으로 중독 위험군 증가인원의 많은 부분이 고위험군으로 나타났다. 이 중 특히 청소년의 인터넷 중독 위험군은 유·아동, 성인과 달리 2011년 이

후 점점 증가하고 있으며, 다른 대상들에 비해 11.7%로 거의 두 배 가량 높다. 이렇듯 인터넷과 게임 중독은 사회적으로, 특히 청소년층에게 심각한 상황이다.

이러한 심각한 상황에서 디지털 기기는 이제 학교 현장에도 투입되고 있다. 디지털 교과서, 스마트 교실 및 수업 등, 디지털 네이티브(Digital Native)로 대표되는 새로운 특성을 가지는 학습자의 등장에 대비하여 정부와 사회는 적극적으로 교육 현장에서 디지털 환경을 구성하려 노력하고 있다.

하지만 디지털 콘텐츠 중독은 약물, 도박과 같은 기존의 중독과 달리 두뇌 수준에서의 기작이 정확히 밝혀지지 않았다. 이러한 현 상황이 지속된다면 향후 발생할 지도 모를 디지털 기반 교육의 역기능인 디지털 콘텐츠 중독을 예상할 수 없다. 또한 만약 문제가 발생할 경우 문제를 진단하고 처방할 수 없을 것이다.

디지털 기기의 무분별한 사용에 따른 부작용은 분명히 존재하므로 학습자로부터 이를 방지하기 위한 노력이 필요하다. 이러한 노력의 시작으로 인터넷 중독자와 게임 중독자의 두뇌의 특징을 규명한 연구 문헌들을 살펴볼 필요가 있다. 이를 통해 두뇌 수준에서 ‘디지털 콘텐츠 중독의 영역과 그 역할들’을 제시한다면 디지털 콘텐츠 중독과 같은 ‘학습에서의 디지털 역기능’을 최소화할 수 있는 기초적인 정보를 제공할 수 있을 것이다.

이에 본 연구에서는 인터넷 중독자와 게임 중독자의 특성을 규명한 뇌영상연구를 고찰하여 디지털 콘텐츠에 중독된 학습자의 두뇌 영역과 그 특성에 대해 논해보고자 한다.

II. 연구 방법 및 절차

인터넷 중독과 게임 중독에 대한 핵심적인 두뇌 영역을 도출하기 위해 본 연구에서는 관련 연구 문헌들을 조사하였다. 문헌들은 주로 ‘Google Scholar’, ‘Science Direct’ 등의 문헌정보 서비스 사이트를 이용하여 웹상으로 검색하였다. 검색 시 사용한 키워드는 ‘인터넷(internet)’, ‘게임(game)’, ‘중

독(addict)', '뇌(brain)'를 대상으로 인터넷 중독과 게임 중독의 문헌 분류에 따라 적절히 조합하여 검색하였다.

검색된 논문 중 실제 분석을 위한 문헌의 선별 조건은 크게 세 가지로 설정하였다. 첫째, 실제 두뇌 영상 측정을 수행한 연구를 바탕으로 작성된 문헌을 선정하였다. 다른 연구를 고찰하거나, 연구의 필요성, 가설적 제안 등을 제시한 연구들은 본 연구의 신뢰성을 높이기 위해 제외하였다. 둘째, 인터넷과 게임 중독과 관련이 없는 과제를 수행하여 두 집단의 특성을 조사한 연구들은 제외하였다. 두뇌 활성은 과제에 따라 매우 다른 활성 패턴을 보인다. 따라서 디지털 콘텐츠 중독과 큰 관련이 없는 과제 이용하여 측정된 결과는 인터넷 중독자의 핵심적인 차이와는 거리가 있다. 셋째, 영역 도출에 타당성 및 신뢰성을 확보하기 위하여 동료 심사에 의해 정상적인 심사 과정을 거치는 학술지의 논문만을 대상으로 하였다.

이와 같은 조건을 통해 디지털 콘텐츠 중독의 핵심 영역 도출을 위해 최종 선정한 논문은 총 15편으로, 인터넷 중독 관련 문헌 8편, 게임 중독 관련 문헌 7편으로 선정하였다.

선정한 문헌을 바탕으로 인터넷 중독과 게임 중독의 두뇌 핵심 영역을 선정하고, 각 중독에서 선정한 영역들의 역할을 제시하였다. 또한 인터넷 중독과 게임 중독의 공통 영역과 서로 다른 영역을 구별하여 디지털 콘텐츠 중독의 공통적인 특징과 인터넷 중독만의 특징, 게임 중독만의 특징을 비교 분석하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 인터넷 중독

Dong 등(2011)은 금전적 보상을 동반한 카드게임 과제를 이용하여 전부 남성으로 이루어진 14명의 인터넷 중독자와 13명의 일반인을 대상으로 기능성 자기공명 영상(fMRI)을 이용한 두뇌 활성을 측정하였다. 보상과 처벌 상황에서의 인터넷 중독자의 두

뇌 활성을 분석하였는데, 인터넷 중독자는 정상인에 비해 안와전두피질(Orbito-frontal cortex)의 활성이 높고, 대상피질(Cingulate Cortex)의 활성은 낮았다. 연구자는 이러한 결과를 인터넷 중독자들은 정상인에 비해 보상에 대해 민감하고, 처벌에 대해서는 덜 민감한 것으로 보인다고 보고하였다.

더 나아가 Dong 등은(2013)은 인터넷 중독자의 중독 행동의 원인을 규명하기 위해 연속된 승리 또는 패배 후 다시 게임을 도전하는 과정을 추가하여 전 연구에서의 카드게임 과제를 수정하였다. 이를 16명의 중독자와 15명의 정상인을 대상으로 fMRI를 이용하여 인터넷 중독자와 정상인의 두뇌 활동 차이를 분석하였다. 그 결과, 승리 상황에서는 섬엽(Insula), 하전두이랑(Inferior Frontal Gyrus), 전대상피질(Anterior Cingulate Cortex), 하대상피질(Inferior Cingulate Cortex)에서 인터넷 중독자는 높은 활성을 보였으며, 미상핵(Caudate), 후대상피질(Posterior Cingulate Cortex)에서 낮은 활성을 보였다.

Hou 등(2012)은 5명의 인터넷 중독자와 9명의 일반인을 대상으로 단일광자 단층촬영(SPECT)을 실시했다. 이를 통해 인터넷 중독자는 선조체(Striatum)의 도파민 운반체의 수준과 선조체의 부피와 무게가 감소했음을 밝혔다. 이는 인터넷 중독자는 선조체의 도파민 조절에 이상이 있음을 뜻한다고 설명하였다.

선조체의 도파민 대사 이상에 관한 또 다른 연구는 Kim(2011)등에 의해 수행되었다. 5명의 인터넷 중독자와 7명의 일반인을 대상으로 도파민 수용체 측정을 위한 양전자 단층촬영(PET)을 이용하였다. 그 결과 앞의 Hou 등(2012)의 연구와 마찬가지로 인터넷 중독자들은 선조체의 도파민 D2 수용체 가용성이 일반인에 비해 낮다는 것을 밝혔다. 더불어 선조체의 도파민 D2 수용체의 가용성과 인터넷 중독 검사(Young, 1998)를 이용하여 측정한 인터넷 중독 정도(Internet addiction severity)가 부적인 상관관계가 있음을 보였다. 이러한 결과에 따라 인터넷 중독자의 이상 행동은 도파민 시스템의 이상과 관련이 있다고 주장하였다.

한편, Lin 등(2012)은 인터넷 중독자와 일반인 각 14명을 대상으로 확산 강조 영상(DTI)을 이용하여

분할이방성(Fractional Anisotropy)을 측정하였다. 그 결과, 인터넷 중독자는 일반인과 비교하여 안와 전두백질, 대상속(대상피질의 백질), 하측 전두-후두속(fronto-occipital fasciculus), 방사관(corona radiata)에서 낮은 분할이방성이 나타났다. 이러한 결과는 일반적인 중독에서의 연구 결과와 유사하여 인터넷 중독 또한 일반적인 중독의 두뇌 구조적 특성을 공유한다고 주장하였다.

Liu 등(2010)은 대학생이면서 인터넷 중독자와 정상인 각 19명을 대상으로 휴지기(resting state) fMRI를 측정하여 지역적 동질성에 기반한 활성을 분석하여 집단별로 비교하였다. 그 결과, 소뇌, 뇌간, 우측 대상이랑, 양측해마겔이랑, 우측 전두엽, 좌측 상전두이랑, 우측 하측두이랑, 좌측 상측두이랑, 좌측 중측두이랑에서 인터넷 중독자의 활성이 높은 것을 확인하였다. 이러한 결과에 따라 연구자는 인터넷 중독자들은 위 영역들에서 두뇌의 기능적 이상을 갖고 있으므로 인터넷 중독 행동을 보일 것이라 예상하였다.

Yuan 등(2011)은 인터넷 중독 학생과 정상 학생 18명을 대상으로 fMRI를 이용한 DTI 및 부피소 기반 형태 계측을 통해 인터넷 중독자에게서 나타나는 두뇌의 구조적 변화를 분석하였다. DTI를 통한 분할이방성(FA) 분석 결과 인터넷 중독자들은 내포(internal capsule)의 좌후측 변연부(PLIC)에서 높은 분할이방성을 나타내었다. 반면에 우측 해마겔이랑(PHG)에서는 낮은 등방성을 나타내었다. 또한 배외측전전두피질(DLPFC), 우측 전대상피질(rACC), 보완운동영역(SMA)의 회백질 부피와 PLIC의 백질 분할이방성은 인터넷 중독 기간과 상관관계가 있음을 보였다.

Zhou 등(2011)은 18명의 인터넷 중독 청소년과 15명의 정상인을 대상으로 MRI를 이용한 회백질 밀도 분석을 실시하였다. 그 결과 인터넷 중독자들은 정상인에 비해 좌전측 대상피질(left anterior cingulate cortex), 좌후측 대상피질(left posterior cingulate cortex), 좌측 섬엽(left insula)의 회백질의 밀도가 낮은 것으로 밝혀졌다.

이상의 문헌에서 언급된 두뇌 영역들을 문헌별로 정리하면 다음 표(Table 1)와 같다.

인터넷 중독에서 주로 언급된 영역을 종합한 결

과, 배외측전전두피질(DLPFC), 대상피질(ACC, PCC), 상전두이랑(SFG), 섬엽(Insula), 해마겔이랑(PHG), 선조체(Striatum)가 복수의 연구에서 인터넷 중독에 특징적인 영역으로 언급되고 있음을 알 수 있었다. 배외측전전두피질은 두뇌 각 영역에서 전달되는 정보와 관련된 기억을 회상하고, 다음 행동을 계획하고 실행에 옮기는 기능을 담당한다(Lin et al., 2012; Yuan et al., 2011). 또한 해마겔이랑은 기억의 형성 및 인출, 습관화를 담당한다(Liu, 2010). 인터넷 중독자는 복수의 연구에서 이 영역들에서 비정상적인 활성을 보이는 것으로 보아, 기억의 인출과 이를 통한 회상에 장애가 있음을 알 수 있다. 이는 과거 인터넷을 사용했던 기억이나, 인터넷의 무리한 사용으로 인한 결과들을 정상적으로 떠올리지 못하는 것 인터넷 중독자의 행동적 증상과 관련이 있는 것으로 보인다.

또한 대상회질은 감각기관으로부터의 자극을 통합하고, 감정 및 행동을 조절하는 역할을 수행한다.(Dong et al., 2011; Lin et al., 2012; Yuan et al., 2011; Zhou et al., 2011). 인터넷 중독자는 자신이 계획하고 행동이나 정상적이고 일상적인 활동을 제대로 하지 못한다. 이러한 행동적 특징은 정상적인 판단과 실행을 담당하는 배외측전전두피질의 이상과 이를 통제하고 조절하는 대상피질의 이상이 영향을 미치고 있다고 볼 수 있다.

이러한 비정상적인 행동 욕구의 조절 실패는 주로 강한 욕구에 의해 발생할 것으로 추측할 수 있다. 인터넷 사용자는 인터넷을 통해 링크를 클릭하여 원하는 정보에 바로 접근하고, 온라인상의 타인과 원하는 시간, 원하는 형태의 상호작용이 가능하다. 인터넷을 통해 받아들이는 자극들은 자극에 의해 발생하는 욕구를 느끼고 조절하는 상전두이랑을 크게 자극할 수 있다(Liu et al., 2010; Yuan et al., 2011). 인터넷 중독자의 상전두이랑은 정상인에 비해 비정상적인 높은 활성을 나타낸다. 따라서 인터넷 중독자는 인터넷의 사용으로 인한 자극에 정상인보다 더 높은 욕구가 발생할 것으로 예상할 수 있다. 이러한 높은 욕구는 결국 자기 조절의 실패로 이어질 것이다.

선조체는 도파민 회로의 주요 표적으로 보상을 통해 성취감을 느끼고 행동을 습관화 시키는데 주

<Table 1> Brain Regions of Internet Addiction in Included Study

Brain Region	Study	Dong et al., 2011	Dong et al., 2013	Hou et al., 2012	Kim et al., 2011	Lin et al., 2012	Liu et al., 2010	Yuan et al., 2011	Zhou et al., 2011
Frontal Lobe									
Dorsal lateral prefrontal cortex						○	○	○	
Orbito frontal cortex		○							
Cingulate cortex		○	○			○	○	○	○
Superior frontal gyrus (SMA)							○	○	
Insula			○						○
Temporal Lobe									
Superior temporal Gyrus							○		
Middle temporal Gyrus							○		
Inferior temporal Gyrus							○		
Parahippocampal gyrus							○	○	
Subcortical									
Striatum				○	○				
Basal ganglia									
Caudate			○						
White Matter									
Fronto-occipital fasciculus						○			
Corona radiata						○			
Posterior Limb of internal capsule								○	
Cerebellum									
Brainstem									

요한 역할을 하여, 동기-보상 시스템의 중요한 역할을 담당하고 있다. 인터넷 중독자는 이러한 선조체의 도파민 운반체 및 수용체의 가용성이 낮다(Hou, et al., 2012; Kim et al., 2011). 인터넷 중독자는 정상인에 비해 인터넷에 의한 정신적, 감정적 보상에 매우 민감하다. 따라서 선조체의 구조적 이상은 이러한 민감성에 직접적인 원인일 것이다. 이와 더불어 섭염 또한 보상에 관련된 기능을 담당하고 있다. 또한 섭염은 특성 행동에 대한 자기주도성을 높인다고 보고되고 있다(Zhou et al., 2011; Dong et al., 2013). 따라서 인터넷 이용을 통한 보상과 인터넷 미사용으로 인한 불안, 좌절 등의 이상 현상은 이 영역들의 비정상적 활성화 및 구조에 의한 것으로 볼 수 있다.

2. 게임 중독

Ko 등(2009)은 게임 중독자와 일반인 각 10명을 대상으로 게임 이미지와 모자이크 이미지를 보여줬을 때 뇌 활성화의 차이를 기능성 자기공명 영상(fMRI)을 이용하여 측정하였다. 그 결과 게임 중독자 집단에서 게임 이미지를 봤을 때 특이적으로 배외측전전두피질(DLPFC), 안와전두피질(OFC), 전대상피질(ACC), 내측전두피질(Medial frontal Cortex), 측좌핵(Nucleus Accumbens), 선조체(Striatum)에서 활성화가 높게 나타났다. 연구자는 이러한 결과를 기존의 게임 경험을 회상하여 긍정적 보상기대가 형성되고 목표지향적 행동이 강하게 나타나고 있음을 뜻한다고 설명했다.

Han 등(2011)은 19명의 남자를 대상으로 10일 동안 인터넷 게임인 'War Rock'을 하도록 한 후 More Internet Game Player(MIGP) 6명, General Player(GP) 13명으로 구분하여 각각 게임 영상을 보여줬을 때와 중립 영상을 보여줬을 때 뇌 활성화의

차이를 기능성 자기공명 영상(fMRI)을 이용하여 측정하였다. 그 결과 배외측전전두피질(DLPFC), 해마옆이랑(PHG), 안와전두피질(OFC), 시상(Thalamus)의 활성이 증가하였으며 특히 인터넷 게임을 하고자 하는 욕구와 관련이 있는 것으로 설명하였다.

Sun 등(2012)은 게임 중독자와 일반인 각 10명을 대상으로 게임 이미지와 중립 이미지를 보여줬을 때 뇌 활성의 차이를 기능성 자기공명 영상(fMRI)을 이용하여 측정하였다. 그 결과 게임 욕구 정도와 양의 상관관계를 가지는 뇌 활성 부위로 배외측전전두피질(DLPFC), 전대상피질(ACC), 하부두정엽(Inferior parietal lobe)을 제시하였다.

Han 등(2010)은 21명의 피험자(남자 14명, 여자 7명)를 대상으로 실험에 들어가기 전 기능성 자기공명 영상(fMRI)을 이용하여 게임 이미지를 보여줬을 때 뇌 활성을 측정하고 6주 동안 온라인 게임을 하게 한 뒤 Excessive Internet Game Playing(EIGP) 그룹 6명, General Player(GP) 그룹 15명으로 구분하여 fMRI를 이용하여 게임 이미지를 보여줬을 때 뇌 활성의 차이를 측정하였다. 그 결과 EIGP 그룹에서 전대상피질(ACC)과 안와전두피질(OFC)에서 활성이 증가하였다.

Han 등(2012)은 게임 중독자 20명과 일반인 18명을 대상으로 자기공명 영상(MRI)을 이용하여 회백질의 두께 변화를 측정하였다. 그 결과 게임 중독자에게서 시상(Thalamus)의 두께가 증가하였고, 이는 도파민의 주요 타겟인 시상의 활성이 증가하였음을 의미한다고 설명하고 있다.

Hoeft 등(2008)은 22명의 피험자(남자 11명, 여자 11명)를 대상으로 게임 조건과 컨트롤 조건에서 뇌 활성의 차이를 측정한 결과 섬엽(Insula), 배외측전전두피질(DLPFC), 전운동피질(Premotor Cortex), 설전부(Precuneus)에서 활성이 증가하였으며, 여성에 비해 남성에서 더 활성화된 부위로 측좌핵(Nucleus Accumbens), 안와전두피질(OFC), 편도체(Amygdala)가 나타났다.

Koepp 등(1998)은 8명의 남성에게 Raclopride를 사용하여 양전자 단층촬영(PET)을 한 결과 기준치보다 비디오 게임을 할 경우 선조체(Striatum)에서 도파민 분비량이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 선조체에서 도파민이 특정한 행동상황에서 분

비량이 증가하고 목표지향적 행동과 관련이 있다고 설명하고 있다.

이상의 문헌에서 언급된 두뇌 영역들을 문헌별로 정리하면 다음 표(Table 2)와 같다.

게임 중독에서 주로 언급되는 영역들을 살펴보면 행동의 계획과 실행, 동기와 보상, 정서기억과 관련된 영역들의 활성이 두드러지게 나타났으며, 그와 관련된 영역들을 정리해보면 배외측전전두피질(DLPFC), 안와전두피질(OFC), 전대상피질(ACC), 섬엽(Insula), 선조체(Striatum), 시상(Thalamus), 미상핵(Amygdala)으로 정리할 수 있다.

배외측전전두피질은 기존의 경험을 회상하며, 현재 상황과 과거의 기억을 연관짓는 뇌의 다른 부위들과 함께 작용하여 적절한 목표지향적 행동을 실행하고, 행동전략을 수정하는 기능도 담당한다(Ko et al., 2009; Han et al., 2011; Sun et al., 2012; Hoeft et al., 2008). 선조체에서의 도파민 분비는 보상을 얻기 위한 목표지향적 행동을 유발하고 자극에 대한 반응성을 습관화하는 역할도 한다(Ko et al., 2009; Hoeft et al., 2008; Koeppe et al., 1998). 게임 중독자는 복수의 연구에서 이 영역들에서 정상인에 비해 높은 활성을 나타냈다. 이는 게임 중독자가 게임 자극에 의해 기존의 게임 경험을 회상하는 정도가 강하고 비정상적으로 과도한 목표지향적 행동을 유발할뿐만 아니라 그러한 반응이 습관화되는 것으로 보인다.

안와전두피질은 자극에 대한 보상가치를 평가하여 보상에 대한 동기행동을 유발하도록 한다. 그 과정에서 목표를 달성하기 위해 적절한 행동을 선택하는 역할도 한다(Ko et al., 2009; Han et al., 2011; Han et al., 2010; Hoeft et al., 2008). 섬엽은 행동에 따른 손해나 보상을 판단하여 적절한 의사 결정을 할 수 있도록 조절하는 과정에 관여한다(Hoeft et al., 2008). 시상은 도파민의 주요 타겟이며, 조건강화와 보상기대에 주요한 역할을 한다(Han et al., 2011; Han et al., 2012). 이러한 영역에서의 과도한 활성은 게임 중독자에게 있어서 게임 자극에 대한 보상 가치를 비정상적으로 높게 평가하고, 그러한 왜곡된 보상체계로 인해 게임 중독자에게 게임중독에 대한 효과를 강화시키는 것으로 보인다.

대상피질은 주로 자극의 통합과 감정적 반응을

<Table 2> Brain Regions of Game Addiction in Included Study

Brain Region	Study	Ko et al., 2009	Han et al., 2011	Sun et al., 2012	Han et al., 2010	Han et al., 2012	Hoeft et al., 2008	Koeppet al., 1998
Frontal Lobe								
Dorsal lateral prefrontal cortex		○	○	○			○	
Orbito frontal cortex		○	○		○		○	
Cingulate cortex		○		○	○			
Medial frontal cortex		○						
Insula							○	
Premoter cortex							○	
Parietal Lobe								
Inferior parietal lobe		○						
Precuneus							○	
Temporal Lobe								
Parahippocampal gyrus			○					
Subcortical								
Striatum		○					○	○
Thalamus			○			○		
Amygdala							○	

조절하는 역할을 수행한다. 구체적으로 인지와 정서 처리를 통합한다고 알려져 있으며, 게임 자극에 의해 유발되는 신호를 측정하여 통합하는 역할을 수행한다. 또한 변연계의 일부로서 정보를 평가하여 감정적 반응을 관리, 중재하는 역할을 하며, 중독관련 자극을 받을 경우 즉각적이고 강한 감정적 반응을 일으키는 역할도 한다. (Ko et al., 2009; Sun et al., 2012; Han et al., 2010). 편도체는 자극이 주어질 경우 기존의 정서기억과 관련지어 평가한 뒤 그에 따른 정서적 반응을 조절하는 역할을 한다(Hoeft et al., 2008). 이러한 영역에서의 과도한 활성화는 게임 중독자가 게임 자극을 받을 경우, 자극의 통합이 정상적으로 이루어지지 않고 감정적, 정서적 반응이 강하게 나타날 것으로 생각된다. 이는 배외측전두피질, 안와전두피질, 섬엽, 선조체의 과도한 활성화와 더불어 자신의 행동을 이성적으로 통제하지 못하고 지나치게 감정적으로 행동하는 결과를 낳을 것이다.

3. 인터넷 중독과 게임 중독의 비교

이상의 논의를 토대로 인터넷 중독의 핵심영역과

게임 중독의 핵심 영역, 그리고 공통적인 영역을 제시하면 다음과 같다. 인터넷 중독과 게임 중독에서 동시에 나타나는 핵심 영역은 배외측전두피질, 대상피질, 선조체, 섬엽이다. 인터넷 중독자와 게임 중독자는 공통적으로 인터넷과 게임과 같은 보상에 비정상적으로 민감하게 행동한다. 또한 디지털 관련 경험에 의한 성취감이 높고 이러한 감정 반응과 행동은 쉽게 습관화 된다. 인터넷 중독과 게임 중독으로 대표되는 디지털 콘텐츠 중독에서의 이러한 비정상적 증상은 두뇌의 공통 영역인 계획 및 실행을 담당하는 배외측전두피질과 보상 및 습관화를 담당하는 선조체, 섬엽의 이상에 따른 행동적 결과와 일치한다.

한편 Fig. 1에 따르면 인터넷 중독의 영역들은 게임 중독의 영역들에 비해 기억과 감정의 조절에 관련된 영역이 핵심 영역임을 볼 수 있다. 게임보다 글이 많고, 다양한 사람과의 상호작용, 뉴스 등을 통한 기억 자극이 많은 인터넷 중독의 특성에 따른 결과로 볼 수 있다. 게임 중독자와 다른 인터넷 중독자의 이러한 특징은 자극과 기억으로부터 유발되는 감정을 조절하지 못하고 욕구 또한 조절하지 못

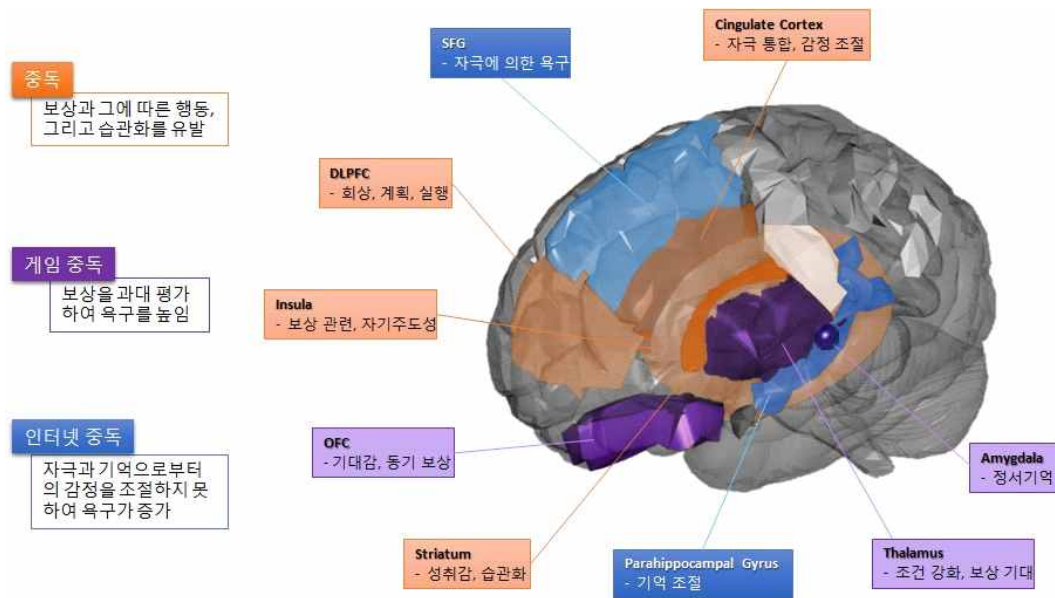


Fig. 1 Brain Regions of Internet & Game Addiction

하여 인터넷 중독 행동으로 나타남을 잘 설명한다.

게임 중독의 영역들은 인터넷 중독의 영역들에 비하여 보상 관련 영역들이 핵심적인 역할을 하고 있음을 알 수 있다. 이는 두뇌의 보상 중추가 게임을 통한 보상에 매우 민감하게 반응하여 같은 게임 자극이라도 게임에 대한 보상을 더 높게 판단함을 뜻한다. 그리고 이러한 판단은 보상을 얻고자 하는 욕구, 즉 게임을 하려는 욕구를 높일 것이다.

IV. 결론 및 교육적 함의

1. 결론

본 연구의 목적은 뇌과학분야의 문헌 연구를 통해 게임 중독과 인터넷 중독의 두뇌 핵심영역을 밝히는 것이다. 이에 따른 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 인터넷 중독의 주요한 영역은 배외측전전두피질(DLPFC), 대상피질(ACC, PCC), 상전두이랑(SFG), 섬엽(Insula), 해마겔이랑(PHG), 선조체(Striatum)인 것으로 도출하였다. 이러한 영역들의 이상은 자극과 기억으로부터의 감정을 조절하지 못하고 욕구가 증가하여 인터넷 금단현상, 규칙적인

생활 불가, 좌절, 필수적인 활동 불가 등으로 나타나는 전반적인 인터넷 중독의 증상에 원인이 된다.

둘째, 게임 중독의 주요한 영역은 배외측전전두피질(DLPFC), 전대상피질(ACC), 안와전두피질(OFC), 섬엽(Insula), 시상(Thalamus), 선조체(Striatum), 편도체(Amygdala)인 것으로 도출하였다. 이러한 영역들의 이상은 보상을 과대 평가하여 게임 욕구를 높인다. 그 결과 지속적이고 과도한 게임 시간, 병적인 게임 과몰입, 내성과 금단, 일상적인 활동 불가능, 다른 활동에 대한 흥미 감소 등 전반적인 게임 중독의 증상에 원인이 된다.

셋째, 디지털 경험에 의한 중독, 즉 디지털 콘텐츠 중독의 핵심 영역은 인터넷 중독의 핵심 두뇌 영역과 게임 중독의 핵심 두뇌 영역을 공통 영역인 배외측전전두피질, 대상피질, 선조체, 섬엽으로 나타났다. 이 영역들의 이상은 디지털 경험에 대한 비정상적인 보상과 그에 따른 강력한 습관화를 유발하여 최종적으로 디지털 콘텐츠 중독 증상을 일으키는 것을 알 수 있다.

2. 교육적 함의

본 연구를 통해 규명한 인터넷 중독과 게임 중독의 핵심 영역에 대한 결론은 교육적 관점에서 다음과 같은 의미를 지닌다.

첫째, 인터넷 중독과 게임 중독의 핵심영역을 도출함으로써 이에 의한 피해를 입고 있는 학생들에게 진단 및 처방을 할 수 있는 기초적인 자료가 될 수 있다. 그 동안 행동 평가에 의한 진단으로 주로 이루어지던 인터넷 중독과 게임 중독을 두뇌 촬영을 통해 과학적이고 실제적으로 진단할 수 있는 근거가 될 수 있다. 또한 이러한 결과를 토대로 중독에 의해 이상을 보이는 영역별로 효과적으로 개선이 가능한 맞춤형 처방의 가능성을 높일 수 있다.

둘째, 두뇌 수준에서 도출된 디지털 콘텐츠 중독에 대한 핵심영역은 디지털 세대에게 우려되는 디지털 역기능을 예방하는 기초적인 자료가 될 수 있다. 디지털 기기의 확대 보급에 따라 디지털 기기를 이용하는 학습자의 정신 건강 및 인지기능의 정상적인 발달이 우려되고 있다. 이러한 시대적 상황에서 본 연구 결과는 디지털 콘텐츠 중독을 사전에 막기 위해 학습자들에게 두뇌에 기반한 예방책을 마련하는 데 구체적인 정보를 제공한다. 예를 들어 본 연구 결과를 통해 디지털 학습 콘텐츠의 중독 가능성 평가들을 고안할 수 있을 것이다. 고안된 평가들에 따라 디지털 교재를 평가하여 디지털 콘텐츠 중독 유발 여부를 사전에 진단할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- Dong, G., Hu, Y., Lin, X. & Lu, Q. (2013). What makes Internet addicts continue playing online even when faced by severe negative consequences? Possible explanations from an fMRI study. *Biological Psychology*, 94, 282-289.
- Dong, G., Huang, J., & Du, X. (2011). Enhanced reward sensitivity and decreased loss sensitivity in Internet addicts: An fMRI study during a guessing task. *J. Psychiatr. Res.*, 45, 1525-1529.
- Han, D. H., Bolo, N., Daniels, M. A., Arenella, L., Lyoo, I. K., & Renshaw, R. F. (2011). Brain activity and desire for Internet video game play. *Compr. Psychiatry*, 52, 88 - 95.
- Han, D. H., Kim, Y. S., Lee, Y. S., Min, K. J., & Renshaw, P.F. (2010). Changes in cue-induced, prefrontal cortex activity with video-game play. *Cyberpsychol. Behav. Soc. Netw.*, 13, 655 - 661.
- Han, D. H., Lyoo, I. K., & Renshaw, P. F. (2012). Differential regional gray matter volumes in patients with on-line game addiction and professional gamers. *J. Psychiatr. Res.*, 46, 507 - 515.
- Hoeft, F., Watson, C. L., Kesler, S. R., Bettinger, K. E., & Reiss, A. L. (2008). Gender differences in the mesocorticolimbic system during computer game-play. *J. Psychiatr. Res.*, 42, 253 - 258.
- Hou, H., Jia, S., Hu, S., Fan, R., Sun, W., Sun, T., & Zhang, H. (2012). Reduced striatal dopamine transporters in people with Internet addiction disorder. *J. Biomed. Biotechnol*, doi:10.1155/2012/854524.
- Kim, S. H., Baik, S. H., Park, C. S., Kim, S. J., Choi, S. W., & Kim, S. E. (2011). Reduced striatal dopamine D2 receptors in people with Internet addiction. *Neuroreport*, 22, 407-411.
- Ko, C. H., Liu, G. C., Hsiao, S. M., Yen, J. Y., Yang, M. J., Lin, W. C., Yen, C. F., & Chen, C. S. (2009). Brain activities associated with gaming urge of online gaming addiction. *J. Psychiatr. Res.*, 43, 739-747.
- Koepp, M. J., Gunn, R. N., Lawrence, A. D., Cunningham, V. J., Dagher, A., Jones, T., Brooks, D. J., Bench, C. J., & Grasby, P. M. (1998). Evidence for striatal dopamine release during a video game. *Nature*, 393, 266 - 268.
- Kwon, J. Y., & Jung, H. J. (2011). Research on the Realities and Problem Behavior Pattern

- of Internet Game Addiction : Centering on male middle school students from City “J”. Korean Association of Addictioin Crime Review, 1(2), 50-68.
- Lin, F., Zhou, Y., Du, Y., Qin, L., Zhao, Z., Xu, J., & Lei, H. (2012). Abnormal white matter integrity in adolescents with Internet Addiction Disorder: A tract-based spatial statistics study. *PloS One*, 7, e30253.
- Liu, J., Gao, X. P., Osunde, I., Li, X., Zhou, S. K., Zheng, H. R., & Li, L. J. (2010). Increased regional homogeneity in Internet addiction disorder: A resting state functional magnetic resonance imaging study. *Chin. Med. J.*, 123, 1904-1908.
- National Information society Agency (2013). 2013 Internet addiction Research on the Actual Condition.
- Sun, Y., Ying, H., Seetohul, R. M., Xuemei, W., Ya, Z., Qian, L., Guoqing, X., & Ye, S. (2012). Brain fMRI study of crave induced by cue pictures in online game addicts(male adolescents). *Behav. Brain Res.*, 233, 563 - 576.
- Young, K. (1998). *Caught in the Net*; Wiley: New York, NY, USA.
- Young, K. (2009). Internet addiction: diagnosis and treatment considerations. *J. Contemp Psychother*, 39, 241-246.
- Yuan, K., Qin, W., Wang, G., Zeng, F., Zhao, L., Yang, X., Liu, P., Liu, J., Sun, J., & von Deneen, K. M.. (2011). Microstructure abnormalities in adolescents with Internet Addiction Disorder. *PloS One*, 6, e20708.
- Zhou, Y., Lin, F. C., Du, Y. S., Qin, L. D., Zhao, Z.-M., Xu, J. R., & Lei, H. (2011). Gray matter abnormalities in Internet addiction: A voxel-based morphometry study. *Eur. J. Radiol.*, 79, 92-95.