

fMRI를 이용한 온라인게임 중독 특성 분석

남상천[†] · 송기상^{††}

요 약

본 연구에서는 기능적 자기공명영상을 이용하여 온라인 게임 중독의 특징을 분석하였다. 연구대상은 20대 오른손잡이 남자 대학생 6명이며, 온라인 게임 자극을 제시하면서 기능적 자기공명영상을 획득하였다. 획득한 자기공명영상은 SPM5를 사용하여 영상 처리와 통계적 분석을 하였다, 분석 결과는 다음과 같다. 첫째, 온라인 게임 자극이 BA18 영역의 활성화로 이어지며, BA18 영역의 활성화 강도와 중독지수와 상관계수는 .92로 매우 높은 상관관계를 나타냈다. 둘째, 피험자들의 중독지수와 중뇌 영역 활성화 강도의 상관계수는 .75로 높은 상관관계를 나타냈다. 즉, 중독 지수가 높은 피험자들의 뇌는 온라인 게임자극에 의해 중뇌영역의 활성화 강도도 높게 나타났다. 영상의 해석을 통하여 온라인 게임자극이 피험자들에게 시각적 자극으로 처리되어지며, 중독지수가 높은 피험자일수록 뇌에서 온라인 게임 자극이 적극적으로 처리된다는 것을 알 수 있었다. 또한 온라인 게임 자극이 중뇌변연계를 활성화시키는 것을 확인함으로써 뇌에서 일반적인 중독과 온라인 게임 중독의 작용 기전을 비교할 수 있는 기반을 마련하였다.

주제어 : 온라인게임, 게임 중독, fMRI

Analysis of Online Game Addciton with fMRI

Sang-Chun, Nam[†] · Ki-Sang, Song^{††}

ABSTRACT

In this paper, the characteristics of online game addiction have been analyzed using fMRI. The fMRI images are taken from six target subjects who are around 20 years old, right-handed, and undergraduate male students with online game stimulations. The images are processed using SPM5, and statistical analysis showed following characteristics. First, online game stimuli produces an activation in BA18 of brain, and the Pearson correlation coefficient between the activation intensity of BA18 area and the addiction index value is very highly as .94. Second, the Pearson correlation coefficient is .75 between addiction index of subjects and activation index of the mesencephalon. From these observations, we found that the online game stimuli were processed as visual stimuli by subjects' brain, and the subject's brain with bigger addiction index processes more actively from the online game stimuli. Also, the online game stimuli activate the mesolimbic system, and therefore these findings may contribute for comparing the mechanism between general addiction and online game addiction.

Keyword : Online Game, Game Addiction, fMRI

[†] 정 회 원: 고려대학교 대학원 컴퓨터교육학과 박사과정

^{††} 종신회원: 한국교원대학교 컴퓨터교육과 교수

논문접수: 2010년 10월 25일, 심사완료: 2010년 11월 22일

* 이 논문은 한국교원대학교 2010학년도 KNUE 학술연구비 지원을 받아 수행하였음.

1. 서론

정보통신 기술의 발전과 함께 인터넷은 우리 사회에서 필수적인 기술로 널리 사용되고 있다. 2007년 12월을 기준으로 우리나라의 만 6세 이상의 인터넷 이용률은 76.3%에 이르고 있다. 이는 2000년 44.7%에서 7년 만에 무려 32.4%나 증가한 것이다. 또한 학력별 인터넷 이용률을 살펴보면 초등학교생은 99.3%, 중·고등학생은 99.9%의 이용률을 나타내고 있다[1]. 더욱이 한국정보문화진흥원(2007)에 따르면 청소년의 온라인게임 이용 비율은 82.5%로 전체 인터넷 이용인구의 온라인게임 이용률 66.3%보다 16.2% 높게 보고하고 있으며, 주당 평균 온라인게임의 이용시간이 6시간 이상이라고 답한 청소년도 35.7%에 이르고 있다[2]. 이같은 자료를 통하여 청소년들이 인터넷을 사용하는 주된 목적이 온라인게임임을 알 수 있고, 또한 다수의 청소년들이 장시간 온라인게임에 몰두하면서 온라인게임 중독이라는 개인적·사회적인 문제를 일으키고 있는 실정하기에 각종 언론 매체에서 심심치 않게 온라인게임 중독 청소년들에 관한 사건·사고들은 접할 수 있다. 따라서 온라인게임 중독의 특징을 인지뇌과학 연구법을 통하여 밝히고 이를 예방·치료할 수 있는 구체적인 대안을 연구할 수 있는 토대를 마련하는 것은 시기적절한 연구라고 할 수 있다.

여러 선행연구에서는 온라인게임 중독에 가장 영향을 주는 변인이 우울, 자기통제력, 공격성과 같은 심리적 특성이라고 밝히고 있으며, 많은 연구에서도 온라인게임 중독은 개인의 심리적 특성에 영향을 받는다는 것을 보고하였다[3][4][5][6].

인지뇌과학이 발달함에 따라 인간의 인지와 감정을 조절하는 뇌의 기전들이 밝혀지고 있다. 중독의 경우에도 인간의 심리적인 특성을 넘어서 생리학적인 접근들이 이루어지고 있다. 그러한 연구 방법 중 하나로 기능적 자기공명영상법(functional Magnetic Resonance Image: fMRI)을 꼽을 수 있다[7].

기능적 자기공명영상법은 뇌의 기능적인 영상을 얻는 방법으로 기존의 MRI(자기공명영상법)의 원리를 이용하여 뇌의 기능적 역할을 수행하는 위치를 확인할 수 있는 방법이다. 또한 fMRI는 이전의 Positron Emission Therapy(PET) 기법에

비해 높은 공간적 해상도를 가진 영상을 촬영할 수 있는 기법이다[8][9][10].

이에 본 연구에서는 fMRI(기능적 자기공명영상법)를 이용하여 온라인게임 중독자의 뇌의 기능적 영상을 획득하고, 이러한 결과를 바탕으로 온라인게임 중독의 특징을 분석하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 중독

중독은 특정 물질의 사용으로 인하여 생리적인 의존성과 내성, 금단 증상 등을 동반하여 사회적, 직업적 기능 손상이 뒤따르는 현상이라고 정의할 수 있다. 이러한 중독의 일반적인 특징을 살펴보면 <표 1>과 같다.

<표 1> 중독의 일반적인 특징

특징	설명
집착·의존성	특정 행위를 지속하려는 경향성, 중독 행위가 지속하지 않을 경우에도 중독 행위를 상상
내성	같은 정도의 만족감을 얻기 위하여 더 많은 시간을 투입하거나, 더 큰 자극을 통해서만 일정 수준의 만족감을 유지할 수 있는 현상
금단증상	특정 행위를 중단하거나 금지 당했을 경우, 불안, 우울, 초조 등의 증상을 유발
일탈	중독으로 인하여 사회 규범 상에 배치되는 행위를 함

2.2 온라인게임 중독

Young(1996)은 ‘인터넷 중독’을 정의하면서 인터넷 중독을 알코올이나 다른 충동조절 장애처럼 행동장애로 규정하면서, 병적인 도박장애를 기준으로 인터넷 중독의 준거를 정의하였다. 그리고 인터넷의 사회·경제·문화적 영향력이 점차 확대되어 가면서 인터넷에 대한 관심도 높아지고, 또한 정보통신기술의 발달은 인터넷을 통한 새로운 놀이문화라고 할 수 있는 인터넷을 통한 게임, 즉 온라인 게임이라는 새로운 영역을 개척하였다. 그러나 온라인 게임이 여러 사회적·개인적 문제를 일으키게 됨에 따라 관련 분야의 여러 연구자들은 온라인 게임 중독에 대한 연구를 활발히 진행

하고 있다. 연구자들에 따라 온라인 게임의 정의는 약간씩 차이가 있으나, 중독의 하위 요소로서 온라인게임 중독을 설명하고 있다.

<표 2> 온라인게임 중독의 정의[10]

연구자	온라인게임 중독의 정의
어기준	온라인게임이 일상생활에 큰 비중을 차지하고 있으며, 게임 자체가 하나의 습관으로 자리 잡고 있는 상태이며, 온라인게임에 대한 통제력을 상실하여 게임에 대한 자제를 인정하면서도 자신의 의지대로 통제하지 못하는 상태
이송선	온라인게임에 과도하게 빠져들어 중독적인 증상이 나타나는 것으로, 스트레스를 게임을 통해 해소를 하려는 심리적인 의존과 중단했을 때 나타나는 금단, 내성 증상과 학업, 사회적인 기능상의 심각한 변화와 부적응을 보이는 것
이유경	온라인게임 중독은 온라인게임을 절제하지 못하고 과도하게 빠져들어 중독적인 증상이 나타나는 것
이경남	게임에 몰입하고 만족하기 위해 게임시간을 더 늘리는 내성현상이 있으며, 학업에 소홀하고 일상생활에 흥미를 잃고 게임에 몰두하고 게임을 하지 않으면 불안, 초조, 환상 등의 금단 현상을 경험하는 것
노운정	온라인게임에 몰두하는 시간이 많고 이로 인해 일상생활에 지장을 초래하는 상태
박성혜	인터넷 중독의 하위 유형으로 신체적, 사회적, 정서적으로 부작용을 낳고 있다. 즉, 과도한 게임으로 인해 학업과 가정 및 대인관계에 지대한 영향을 끼치고 현실과 가상공간을 구분하지 못하게 되는 등의 심각한 문제를 야기하는 증상이 나타난

2.3 기능적 자기공명영상법

기능적 자기공명영상법(functional Magnetic Resonance Image)은 자기공명영상법의 원리를 이용하여 뇌의 기능적 영상을 촬영하는 방법이다.

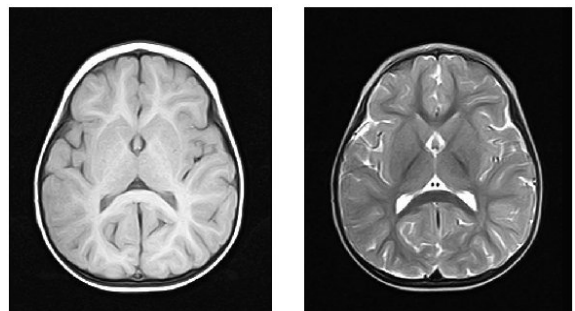
뇌는 각각의 부위별로 고유한 기능을 가지고 있으며, 특정 기능을 수행하기 위해서는 뇌의 특정 부위의 신경세포의 활동량이 증가하게 된다. 이렇게 신경세포의 활동량이 증가하게 되면 신경세포의 산소 소모량이 증가하게 되고, 해당 부위의 혈류량이 증가하게 된다. 결국 신경세포 주변의 모세혈관에는 산화헤모글로빈(oxy-Hb)의 농도는 증가하는 반면 환원헤모글로빈(deoxy-Hb)의 농도가 감소하게 된다. 산화헤모글로빈은 자기장의 영향을 받지 않지만 환원헤모글로빈은 자기장의 균일성을 저하시켜 자기장의 미세한 변화를

만들어 낸다. 결국 산화헤모글로빈의 농도 변화는 환원헤모글로빈의 농도 변화로 이어지고, 이를 통하여 자기장의 변화를 감지하여 뇌의 기능적 영상을 촬영할 수 있는 것이다[11][12].

2.4 T1 강조영상, T2 강조영상

원자는 원자핵과 전자로 이루어져 있으며 원자핵은 양성자와 중성자로 이루어져 있다. 그리고 원자핵은 스핀(spin)과 자기모멘트(magnetic moment)를 가지고 있어 미세 자석과 같은 역할을 하게 된다. 원자핵은 자기장이 없는 상태에서는 원자핵의 자전축이 무작위로 배열되어 있지만, 자기장이 가해지면 자기장의 축에 따라 세차운동을 하게 된다[12]. 이때 공명현상을 일으키기 위해 외부에서 세차 주파수와 동일한 공명 주사수의 라디오파를 단시간에 가하게 되면 핵들은 고에너지 상태인 여기(excite)상태가 되고, 라디오파를 제거하면 이완(relaxation)하여 원래의 상태로 돌아가게 된다. 이때 원자핵은 자기장의 방향과 동일한 방향으로 여기되기도 하며, 자기장의 수직방향으로 여기되기도 한다. 전자를 종축자기화(T1)라고 하고 후자를 횡축자기화(T2)라고 한다.

고밀도의 인체조직에서는 종축자기화나 횡축자기화 이완 속도가 빠르고, 물과 뇌척수액 같은 조직에서는 종축자기화 이완과 횡축자기화 속도가 빠르다. 이 때 종축자기화가 빠른 조직에서는 T2 신호가 높게 나타나며, 횡축자기화가 빠른 조직에서는 T1 신호가 높게 나타난다. 그러므로 T1 영상에서는 뇌척수액 같은 부분은 검게 보이고, 지방은 희게 보인다. 반대로 T2 영상에서는 뇌척수액이 검게, 지방 조직은 희게 보이게 된다[12].



<그림 2> T1 강조영상(좌), T2 강조영상(우)

3. 실험 설계 및 방법

3.1 실험 대상 선정

기능적 자기공명영상을 이용하여 게임 중독의 특성을 분석하기 위하여 온라인 게임 중독 진단 척도를 이용하여 성인 남녀 대학생을 대상으로 온라인게임 중독 진단 정도를 측정하였다. 사용된 온라인 게임 중독 진단 척도는 신뢰도 계수 (Cronbach's α)가 .93으로 문항간 일치도가 매우 높고, Young의 인터넷 중독척도, 충동성(BIS-II), 자기통제력, UCLA의 외로움 척도의 점수와 유의미한 상관관계를 지니고 있는 진단척도이다[4].

55명의 대학생을 대상으로 온라인게임 중독 지수를 획득하였으며, 다시 KAIST의 '자기공명영상 장치를 위한 설문지'를 통하여 최종 자기공명영상 촬영대상자 6명을 선정하였다. 선발된 피험자는 만 20~29세의 건강한 오른손잡이 남자 대학생으로, 사전에 자기공명영상 촬영에 대한 안내 교육을 실시하였다.

<표 3> 피험자 인적 사항

번호	성별	나이	손잡이	설문점수	백분위점수
피험자1	남자	24	오른손	44	0.83
피험자2	남자	20	오른손	44	0.83
피험자3	남자	21	오른손	28	0.53
피험자4	남자	20	오른손	20	0.38
피험자5	남자	29	오른손	24	0.45
피험자6	남자	24	오른손	13	0.25

3.1.1 실험 대상 선정의 제한점

실험을 위한 fMRI촬영의 피험자 집단은 매우 제한적이다. 본 연구의 협조기관인 KAIST 부설 뇌과학연구소의 기능적 자기공명영상의 촬영 대상자는 성인으로 규정하고 있으며, 중·고등학생을 촬영 대상으로 할 경우에는 보호자의 실험 동의서를 필요로 하고 있다. 중학생 미만의 어린이는 기능적 자기공명영상 촬영을 금지하고 있다. 또한 성별간의 뇌의 기능적 위치의 차이가 발생한다는 연구 결과가 보고되고 있다[14]. 이를 바탕으로 피험자는 20대의 성인 남자 대학생을 대상으로 하

여 실험을 진행하였다.

3.2 기능적 자기공명영상의 촬영

기능적 자기공명영상의 촬영은 KASIT의 ISOL FORTE 3.0T MRI 스캐너를 사용하며, 자극의 제시는 헤드코일에 부착된 IFIS를 사용하였다. 자기공명영상 스캔에 사용된 EPI parameter는 <표 4>와 같다.

<표 4> EPI Parameters

parameter	값
TR	3000ms
TE	30ms
Matrix size	64 × 64
Field of View	220mm × 220mm
no. of slices	25
thickness	6mm

실험을 위한 기능적 자기공명영상 촬영시의 시각적 자료 제시 방법과 인터페이스의 제한으로 인하여 기능적 자기공명영상의 촬영 전 1시간 동안 게임을 하고, 이후 실제 게임 영상을 자극으로 제시하는 방법을 사용하였다.

기능적 자기공명영상 촬영 중에 제시된 자극은 9분 30초의 게임동영상으로 전략시뮬레이션 게임, 1인칭 슈팅 게임, 다중 온라인 롤플레이팅 게임으로 각각 30초의 자극 이후 휴지기 20초로 하였다.

3.3 기능적 자기공명영상의 처리

획득한 자기공명영상은 SPM5(WDIN, London, UK)를 통하여 영상 전처리 과정을 하였다.

먼저 피험자들의 측정오차를 보정하기 위하여 이미지 재정렬(Realign)을 거친 후, 해부학적 영상인 T1 이미지와 상관정렬(Coregistration)을 실시하였다. 그리고 뇌의 개인차를 보정하기 위해 표준화(Normalization)를 실시하고, 8mm FWHM의 가우시안 커널을 사용하여 편평화(Smoothing)를 실시하였다[15].

이미지 전처리 과정을 거친 후, 자극 제시 모델을 적용하여, SPM5의 단일표본 T-검증을 실시하

였다. 결과의 다중비교 유의수준 p 값은 무보정 0.05로 하였다. 이후 뇌영역을 Talairach좌표로 변환하여 구체적인 뇌의 영역을 확인하였다.

4. 결과 분석

4.1 기능적 자기공명영상 촬영 결과

6명의 피험자에 대한 기능적 자기공명영상의 촬영 결과는 뇌의 활성화 강도가 가장 높게 나타나는 5개의 voxel의 Talairach 좌표와 cluster-level과 voxel-level의 값을 다음 일련의 표와 같다.

<표 5> 피험자1의 뇌영역별 활성화 강도

일련번호	Talairach 좌표			Cluster Level	Voxel Level
	X	Y	Z		
1	30	-76	-16	96121	25.60
2	-28	-84	2		19.09
3	-44	-70	-18		17.05
4	10	70	-4	144	5.55
5	-6	68	0		5.19

<표 6> 피험자2의 뇌영역별 활성화 강도

일련번호	Talairach 좌표			Cluster Level	Voxel Level
	X	Y	Z		
1	38	-92	2	34700	18.99
2	18	-84	-12		16.04
3	26	-76	-16		15.44
4	2	-42	14	377	6.33
5	-50	34	-8	606	4.67

<표 7> 피험자3의 뇌영역별 활성화 강도

일련번호	Talairach 좌표			Cluster Level	Voxel Level
	X	Y	Z		
1	-40	-72	-6	29706	14.04
2	-26	-78	-22		13.30
3	30	-90	-8		12.75
4	44	50	10	15607	6.74
5	34	56	-18		6.33

<표 8> 피험자4의 뇌영역별 활성화 강도

일련번호	Talairach 좌표			Cluster Level	Voxel Level
	X	Y	Z		
1	34	-76	-16	34299	13.41
2	-20	-92	-6		13.33
3	40	-68	-18		13.17
4	36	16	32	3024	4.52
5	22	2	50		4.03

<표 9> 피험자5의 뇌영역별 활성화 강도

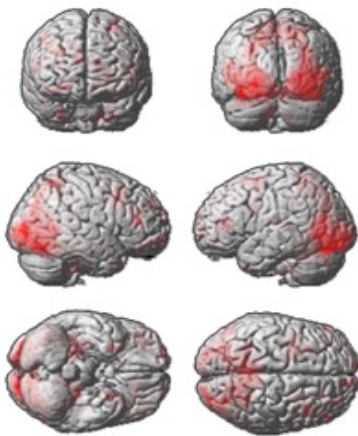
일련번호	Talairach 좌표			Cluster Level	Voxel Level
	X	Y	Z		
1	22	-90	13	37528	13.28
2	-31	-78	-10		12.17
3	-22	-86	-8		12.05
4	30	42	-18	616	5.53
5	34	60	-16		2.40

<표 10> 피험자6의 뇌영역별 활성화 강도

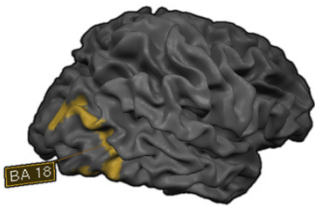
일련번호	Talairach 좌표			Cluster Level	Voxel Level
	X	Y	Z		
1	32	-74	-18	8411	10.86
2	26	-76	-12		10.44
3	46	-70	4		9.59
4	28	-76	28	546	4.47
5	26	-72	38		3.15

4.2 기능적 자기공명영상 분석 및 논의

피험자3을 제외한 모든 피험자는 우뇌의 BA18 영역(2차 시각영역)에서 가장 높은 활성화 신호를 보이고 있다. 또한 피험자3 역시 좌뇌의 BA18영역에서 두 번째로 높은 신호 강도를 보이고 있는데 이를 토대로 모든 피험자는 온라인 게임 자극을 시각적 자극으로 인식하고, 게임 자극에 대하여 각각의 게임 장면을 분석하고 있음을 알 수 있다.



<그림 3> 피험자4 뇌의 3차원 렌더링 영상



<그림 4> 우반구의 BA18 영역

그리고 온라인 게임 중독 지수가 높게 나타나는 피험자들은 동일한 자극에 대하여도 BA18영역의 활성화 강도가 높게 나타난다. 이를 정리하면 다음의 <표 11>과 같다.

<표 11> 피험자의 BA18 영역 중 최상위 3개 voxel의 활성화 평균값과 중독지수

번호	1st voxel-level	2nd voxel-level	3rd voxel-level	voxel-level 평균값	중독 지수
피험자1	25.60	19.09	17.05	20.58	0.83
피험자2	18.99	16.04	15.44	16.82	0.83
피험자3	14.04	13.30	12.75	13.36	0.53
피험자4	13.41	13.33	13.17	13.30	0.38
피험자5	13.28	12.17	12.05	12.50	0.45
피험자6	10.86	10.44	9.59	10.30	0.25

<표 12> voxel-level 활성화 평균값, 중독지수에 대한 상관계수

	voxel-level 평균값	중독지수
voxel-level 평균값	1	.92
중독지수	.92	1

위의 <표 12>에서 voxel-level의 평균값과 중독 지수의 상관계수는 .92로 매우 높은 상관관계를 가진다. 이것은 온라인 게임 중독 지수가 높은 피험자일수록 온라인 게임 자극에 대하여 뇌의 활성화 강도가 높게 나타난다는 것을 알 수 있다. 즉, 온라인 게임 중독 지수가 높은 피험자의 뇌는 온라인 게임 자극에 대하여 보다 적극적으로 정보를 처리한다고 할 수 있다.

중뇌는 대뇌반구의 사이에 위치하고 있는 간뇌의 아래에 위치하고 있으며, 중뇌는 중독 현상의 주된 원인이라고 할 수 있는 도파민의 분비를 관장하고 있다[16][17][18][19].

피험자들의 중뇌 영역에서 가장 높게 활성화되는 영역의 Talairach 좌표와 활성화 강도는 다음의 <표 13>과 같다.

<표 13> 중뇌 영역의 Talairach 좌표와 중독지수

번호	Talairach 좌표				voxel-level 평균값	중독 지수
	x	y	z	활성화 강도		
피험자1	-4	30	-6	2.51	20.58	0.83
피험자2	0	13	-12	2.87	16.82	0.83
피험자3	-8	18	-12	2.25	13.36	0.53
피험자4	8	26	-8	2.48	13.30	0.38
피험자5	-4	24	-16	1.75	12.50	0.45
피험자6	8	20	2	1.81	10.30	0.25

<표 14> 중독지수, 중뇌 영역 활성화 강도에 대한 상관계수

	중독지수	중뇌
중독지수	1	.75
중뇌	.75	1

위의 <표 14>에서 중뇌 영역의 활성화 강도와 중독지수의 상관계수는 .75로 높은 상관관계를 가진다. 이는 중독지수가 높을수록 중뇌 영역의 활성화 강도가 높아짐을 의미한다. 따라서 온라인 게임 중독 지수에 따른 중뇌 영역의 활성화 강도의 차이가 있음을 알 수 있다.

5. 논 의

첫째, 본 연구를 통하여 온라인 게임 중독과 뇌의 활성화 영역에 대한 상관관계를 확인하였다. 제시된 온라인 게임 자극은 뇌의 BA18 영역을 활성화한다. BA18 영역은 2차 시각영역으로 온라인 게임 중독자들은 제시된 온라인 게임 자극을 뇌에서 적극적으로 분석하고 처리하고 있음을 알 수 있다. 이러한 온라인 게임 중독자들의 시각적 자극에 대한 민감성을 바탕으로 인지뇌과학 중심의 온라인 게임 중독 치료 프로그램 개발에 대한 연구가 진행되어야 하겠다.

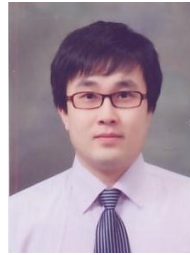
둘째, 온라인 게임 중독 지수와 온라인 게임 자극에 대한 중뇌 영역의 활성화 정도의 상관 계수는 .75로 매우 높은 상관관계를 가진다고 할 수 있다. 중뇌 변연계의 활성화는 온라인 게임 자극

에 대하여 보상회로가 동작한다고 할 수 있다. 이와 같은 연구 결과를 바탕으로 추후 지속적인 연구를 통해 온라인 게임 자극에 대한 보상회로의 활성화 정도를 감소시킬 수 있는 온라인 게임 중독 치료 프로그램을 개발할 수 있는 계기로 삼을 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 한국인터넷진흥원(2007). 2007년 하반기 정보화 실태조사.
- [2] 한국정보문화진흥원(2007). 2007 인터넷중독 실태조사(조사보고 07-06).
- [3] 성윤숙(2003). 청소년의 온라인게임 몰입과정에 관한 문화기술적 연구. 청소년상담연구, 11(1), 96-115.
- [4] 이형초·안창일(2002). 인터넷게임 중독의 진단척도 개발. 한국심리학회지: 건강, 7(2), 211-239.
- [5] 이순복·반재천·이형초·최윤경·이순영(2005). 성인 인터넷 중독 진단척도 개발 연구(조사보고 05-21). 한국정보문화진흥원.
- [6] 이경옥·김민화·김승옥·김혜수(2006). 유·아동 및 청소년의 인터넷 게임 중독 척도 개발 연구(조사보고 06-15). 한국정보문화진흥원.
- [7] 이정모·김민식·감기택·김정오 외 14인 공저(2008). 인지심리학, 학지사.
- [8] 김연희(2001). Functional MRI를 이용한 뇌기능 연구. 한국뇌학회지, 1(1), 65-76.
- [9] 이수열·한병희(2008). 자기 공명영상 신기술. 한국정밀공학학회지, 25(1), 43-50.
- [10] 이경옥·김민화·김승옥·김혜수(2006). 유·아동 및 청소년의 인터넷 게임 중독 척도 개발 연구(조사보고 06-15). 한국정보문화진흥원.
- [11] 정경호(2003). 기능적 자기 공명영상을 이용한 뇌활성화 연구. 대한핵의학회지, 37(1), 63-72.
- [12] Stuart Clare(1997). Functional MRI:Methods and Applications. unpublished Doctoral Dissertation, Univ. of Nottingham.

- [13] Douglas C. Noll(2001). A Primer on MRI and Functional MRI. unpublished
- [14] 손진훈 · 김연희 · 이경화 · 박세훈(2001). 공간 지각 능력 수준에 따른 활성화 뇌 영역의 차이: fMRI 연구. **한국뇌학회지**, 1(2), 201-209.
- [15] S. M. Smith(2004). Overview of fMRI analysis. **The British Journal of Radiology**, 77, 167-175.
- [16] 권도훈 · 조성남(2002). 자극제 남용환자의 약물 치료(임상실제). **생물치료정신의학**, 8(2), 367-374.
- [17] 김유경 · 조상수 · 이도훈 · 류혜정 · 이은주 (2006). [¹¹C]Raclopride PET을 이용한 흡연에 의한 도파민 유리 영상 연구. **대한핵의학**, 39(6), 421-429.
- [18] 이봄비 · 함대현 · 이해정 · 심인섭(2001). 황련이 반복적인 코카인 투여로 인한 보행성 활동량과 c-Fos 발현에 미치는 영향. **한국심리학회지: 생물 및 생리**, 13(1), 57-69.
- [19] 정현모 · 이흥석 · 장동원 · 이민수(1997). 정신분열증, 알코올중독, 약물중독에서 도파민 D2 수용체 유전자의 조절유전자로서의 역할-충동적-강박적-탐닉적 행동을 나타내는 정신질환들에서 도파민 D2 수용체의 조절유전자로서의 역할. **생물정신의학**, 4(2), 225-233.



남 상 천

2005 한국교원대학교
컴퓨터교육과(교육학학사)
2009 한국교원대학교
컴퓨터교육과(교육학석사)
2005~2007 한국교원대학교 컴퓨터교육과 조교
2010~현재 한국교원대학교 컴퓨터교육과
박사과정
관심분야: 컴퓨터교육, 인지뇌과학
E-Mail: happynsc@knue.ac.kr



송 기 상

1983 아주대학교 전자공학과
(공학사)
1985 한국과학기술원 전기 및
전자공학과(공학석사)
1994 University of Washington 전기공학과(Ph.D)
1995~현재 한국교원대학교 컴퓨터교육과 교수
관심분야: ICT를 이용한 교육개발, 멀티미디어의
교육적 적용, 뇌과학 기반 학습
E-Mail: kssong@cc.knue.ac.kr