

가상환경을 이용한 EEG 바이오피드백 훈련이 주의력 및 충동성에 미치는 영향

문병희·현명호

중앙대학교 심리학과

이장한·김인영·김계석·김선일*

한양대학교 의공학과

본 연구에서는 가상환경을 이용한 EEG 바이오피드백 훈련이 주의력 및 충동성에 미치는 영향을 알아보았다. 참가자는 법무부 산하 보호관찰기관에 수용 중인 34명의 청소년을 대상으로 각각 3집단으로 구성하였다: (1) 가상환경 EEG 바이오피드백 훈련집단(VE 집단: Virtual Environments Group), (2) EEG 바이오피드백 훈련집단(non-VE 집단: non-Virtual Environments Group), (3) 통제집단. VE 집단은 가상환경을 이용한 바이오피드백 훈련을, non-VE 집단은 컴퓨터를 이용한 바이오피드백 훈련을 각각 8회기 실시하였고, 통제집단은 훈련을 받지 않았다. 본 연구의 결과를 살펴보면, 가상환경을 이용한 EEG 바이오피드백 훈련이 비가상환경을 이용한 EEG 바이오피드백 훈련에 비하여 주의력의 정보처리능력과 선택적 주의력을 증가시켰다. 그러나, 지속적 주의력, 준비성, 변별력 등은 증가시키지 못했다. 또한, 충동성의 운동반응 제지능력, 반응 경향성 등을 감소시키지 못했다. 본 연구의 시사점을 이론적인 면과 임상적인 면에서 논의하였다.

주요어 : 가상환경, EEG 바이오피드백, 주의력, 충동성

본 연구는 2000년 국가지정연구실 사업(2000-NL-01-C-159)의 지원을 받아 수행되었음

* 교신저자(corresponding author): 김선일, (133-791) 서울시 성동구 행당동 한양대학교 의과대학 의공학과
E-mail: sunkim@hanyang.ac.kr

주의력은 학습과 정보처리에 필요한 기본 인지능력으로 학령기 아동 및 청소년의 교육활동, 정보습득, 사회적응에 반드시 필요한 기초능력이다(Rizzo & Buckwalter, 1997). 주의력이 부족하면 산만, 부주의한 행동특성으로 인하여 과잉행동, 불안정한 정서, 자존감 저하와 같은 문제가 나타난다(Netherton, Holmes, & Walker, 1999; Sonuga-Barke, Houlberg, & Hall, 1994). 주의력이 떨어질 때 빈번하게 동반되는 부가적 특성인 충동성은 주의력의 문제를 더욱 심화시킨다. 충동성의 문제를 지닌 아동 및 청소년은 사고 및 행동조절에 어려움을 겪는다(Hart, Lahey, Loeber, Applegate, Green, & Frick, 1995). 따라서, 주의력과 충동성의 인지, 행동결핍은 가정환경, 교육환경, 사회환경과 상호 작용하여 인지기능, 행동기능, 사회적응에 어려움을 초래한다. 또한, 주의력 결핍과잉행동장애, 학습장애, 품행장애, 정서장애, 반항성장애 등의 이차적인 문제를 일으킨다(Barkley, 1990a; Barkley, 1990b).

주의력 이론의 설명은 학자들마다 다르다. LaBerge(1990)와 Solso(1995)는 하위요인을 구분하는데 약간 차이는 있으나, 주의력을 경계(Alertness), 각성(Arousal), 지속적 주의(Sustained Attention), 선택적 주의(Selective Attention), 자원 및 처리능력(Resource, Capacity), 의식 및 각성(Consciousness), 신경인지(Neurocognition)로 분류하여 각 하위요인의 상호 유기적 관계 속에서 주의력이 형성된다고 설명하였다. LaBerge와 Solso의 주의력 모델은 두 가지 유사점이 있다. 첫째, 주의력을 담당하는 하위요인들이 유기적인 관계를 맺고 상호 영향을 미친다는 점, 둘째, 각성에 의해서 주의력이 영향을 받는다는 점이다.

이러한 견해와는 반대로 Kahneman(1973)과 Wickens(1980)는 주의력의 하위요인간 정보처리 방식이 각각 다르므로 상호 영향을 미치지 못한다는 중다자원이론(Multiple-Resource Theory)을 주장하였다. 즉, 주의력의 각 하위요인은 입력된 자극을 고유한 특정방식으로 처리하므로 다른 하위요인에 영향을 미치지 않고, 주의력과 연관된 특정행동은 담당 뇌 영역의 기능상실에 따라 거의 회복할 수 없다고 주장하였다(Wickens, 1980). 이처럼 주의력의 하위요인간의 관계가 유기적인지, 독립적인지에 대한 논의는 현재까지 활발하게 진행되고 있다.

주의력이 저하될 때 빈번하게 나타나는 성격 특질인 충동성 이론의 설명도 학자들마다 차이가 있다. Eysenck(1947, 1967)와 Gray(1972), Barratt 그리고 Patton(1983)은 성격차원을 외향성-내향성(extraversion-introversion), 신경증적 경향성(또는 정서적 불안정성 : neuroticism) 및 정신병적 경향성(psychoticism), 행동요인, 인지요인, 생리요인의 하위요인으로 분류한 후 이에 근거하여 충동성을 설명하였다. 특히, 생리기체의 유의미한 차이가 충동성 수준의 차이를 일으킨다고 설명하였고, 후속연구들(유제민, 현명호, 이희상, 1998; Lidberg, Mordin, Orelund, Tuck, & Gillner, 1985; Zuckerman, 1991)은 생리기체인 각성수준이 충동성에 상당한 영향을 미치고 있음을 증명하였다. Eysenck, Gray, Barratt과 Patton의 충동성 모델은 설명방식에 다소 차이는 있지만, 공통적으로 충동성이 각성수준에 의하여 영향받는 측면을 설명하고 있다.

이처럼 주의력을 설명한 Kahneman(1973) 그리고 Wickens(1980), LaBerge (1990), Solso(1995)의

모델과 충동성을 설명한 Barratt과 Patton(1983), Eysenck(1967), Gray(1987)의 모델은 설명방식에 다소 차이는 있지만, 각성수준이 주의력과 충동성에 영향을 미친다는 점을 설명하고 있다(Barratt, 1985; Wallace, Newman, & Bachorowski, 1991). 그러나, 주의력과 충동성의 하위요인간 관계가 유기적인지, 독립적인지에 대해서는 현재까지 활발한 논의가 이루어지고 있다.

각성수준을 조절하기 위한 방법으로 행동치료, 약물치료, 행동약물치료가 많이 시도되고 있다(Corsini, 1981). 그러나 치료에 따른 부작용이 많고, 치료를 중단하면 치료효과가 갑자기 사라지거나 부작용이 나타나는 단점으로 인하여 새로운 치료방법이 요구되었다. 이러한 상황에서 바이오피드백 훈련은 참가자의 자율신경계 활동변화를 유도하여 생리계를 스스로 조절하는 방법을 학습시키고, 심리적 변화를 유도한다는 점에서 다른 행동치료와 차이가 있다(Fehmi, 1976; Hoza & Pelham, 1993; Nigl, 1984).

Fehmi(1976)는 뇌파의 변화에 정확히 반응하는 다중채널 EEG(Electroencephalogram)를 고안하여 바이오피드백 기법에 적용하였다. EEG 바이오피드백은 각 뇌파의 특성에 맞게 바이오피드백 원리를 적용한 치료기법으로, 다양한 정신영역에 적용되고 있다. 특히, 주의력과 관련지어, 베타파에 연합하여 피드백을 제시하는 EEG 바이오피드백은 매우 효과적인 치료법으로 각광받고 있다(Lubar, 1991; Othmer, Othmer, & Marks, 1991).

주의력과 관련된 EEG 바이오피드백의 효과를 뇌파 대역 및 신경학적 위치에 따라 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 12-15Hz(SMR: Sensory Motor Rhythm) 대역의 강화는 운동계의 평형유지에 어려

움을 나타내는 장애의 치료에 효과가 있다(Tansey, 1990). 둘째, 15-18Hz 대역의 강화는 과잉행동이 없는 ADD(Attention Deficit Disorder), 인지결함이 있는 주의력결핍장애의 치료에 효과가 있다(Lubar & Lubar, 1984). 셋째, 행동을 시작하는 보조운동영역(SMA: Supplementary Motor Area)의 강화는 ADHD(Attention Deficit Hyperactivity Disorder)의 치료에 효과가 있다(Sterman, 1982b).

EEG 바이오피드백 훈련은 효과를 위해서 장기간의 훈련이 필요하다는 단점이 있다. 이를 보완할 수 있는 방법 중의 하나는 현재 정신건강 연구의 강력한 프로토콜로 각광받고 있는 가상환경을 이용하는 것이다(Botella, Perpiñá, Barros, García-Palacios, 1998; Othmer et al., 1991). Botella 등(1998)에 의하면, 가상환경의 중요한 특징은 사용자가 조작된 환경 속에 있다는 느낌을 넘어서 실제로 가상공간 안에 존재하며, 가상공간 속의 자극을 수용하고 반응할 수 있다고 느끼고, 더 나아가 가상환경에서 지각된 느낌과 기억을 지속적으로 유지 및 경험하게 하는 역할로 요약할 수 있다.

가상환경을 이용한 치료의 이론적 배경은 노출치료로서(Regenbrecht, Schubert, & Friedman, 1998), 개인에게 부정적으로 인지되는 자극을 저 단계에서 고단계에 이르기까지 순차적으로 노출하여 습관화시킴으로써 부정적으로 인지되는 자극을 제거하는 기법이다(Patrick, Corrigan, Stuart, & Yudofsky, 1996).

가상환경을 이용한 기술은 다양한 분야에 응용되고 있다. 특히, 정신의학, 신경의학, 임상심리학 분야에 적용되어 많은 성과와 가능성을 나타내고 있다(Greenleaf & Morgan, 1995). 이는 가상

환경이 실제 현실에 직접 적용이 어려운 상황과 단계적 접근이 요구되는 상황에 이용가능하며, 나아가 정신영역 치료에 중요한 매개역할을 담당하고 있음을 의미하는 것이다. 현재 가상환경은 개발에 따른 기술제한과 고비용의 부담으로 인하여 완벽한 현실감을 구현하지는 못하고 있으며, 정신건강의 다양한 영역에 적용하지 못하고 있다. 그러나, 현대사회의 기술력은 급속도로 발전하고 있기 때문에, 가상환경을 이용한 치료법은 정신건강 연구에 새롭고 강력한 프로토콜로 각광받고 있다. 따라서, 가상환경을 이용한 치료는 심리적 문제가 있는 환자의 증상을 개선시키는데 큰 도움이 될 수 있으며, 아울러 다양한 정신건강영역에 적용할 수 있을 것이다(Huang & Alessi, 1998).

본 연구에서는 노출치료를 응용한 가상환경치료가 정신건강 치료에 유용하다는 주장(Botella et al., 1998)을 토대로 가상환경을 EEG 바이오피드백 훈련에 적용한 프로그램을 개발하여 이것이 주의력 및 충동성에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다.

방 법

참가자

참가자의 선정은 품행장애의 경향성이 높은 집단을 표집 대상으로 하였다. 이러한 이유는 정상 아동을 대상으로 실시한 예비실험에서 긍정적인 결과를 얻었으며 임상집단에 직접 적용하기에 앞서 품행장애 경향성이 높은 집단을 대상으로 훈련 효과를 확인하고자 함이었다.

참가자는 경미한 범죄로 법무부 산하의 보호관찰기관에 소속되어 있는 34명의 남자 청소년으로 구성하였다. 34명 중 24명은 서울시 OO동에 위치한 보호관찰기관의 학생집단으로 무작위로 12명씩 가상환경 EEG 바이오피드백 집단(가상환경 집단)과 통제집단으로 배정하였다. 그 외 10명은 안양시 OO동에 위치한 보호관찰기관의 학생집단으로 전원 비가상환경 EEG 바이오피드백 집단(비가상환경집단)으로 배정하였다.

34명 중 6명은 가출, 퇴소, 전출 등으로 훈련을 지속할 수 없었기 때문에 최종분석에서 제외하였다(가상환경집단: 4명, 통제집단: 2명). 훈련 실시 이전, 집단간 주의력 및 충동성 수준의 차이는 없었다. 최종적으로 분석한 참가자의 평균연령은 15.96 (SD=1.53)세이다. 각 집단별 평균연령은 가상환경집단이 15.00(SD=0.76)세, 비가상환경집단이 17.60(SD= 0.84)세, 통제집단이 15.10(SD=1.10)세이다.

실험 및 평가 도구

가상환경 장면구성

가상환경 장면은 교육이 이루어지는 교실장면과 유사하게 구성하였다. 정면에는 백색 칠판, 나무질감의 교탁, 교사 아바타(avata) 1명이 칠판 우측에 서 있고, 뒷면에는 게시판과 작은 액자가 있고, 좌측에는 큰 유리창문이 있는데 창문 너머 운동장과 하늘이 보이며, 우측에는 교실문과 작은 유리창, 급우 아바타 1명이 앉아 있도록 구성하였다.

가상환경 바이오피드백 프로그램

본 실험의 뇌파 대역은 Lubar(1984)와 Sterman

(1982b)의 기준에 의하여 알파파 9~12Hz, SMR파 13~15Hz, 베타파 15~18Hz, 세타파 4~8Hz, 델타파 1~4Hz 등으로 분류하였다. 뇌파는 매 훈련회기마다 과제가 완성될 때까지 0.5초 간격으로 참가자의 뇌파를 측정하였으며, 측정 시점에 나타나는 알파파, 베타파, 세타파, 감마파, 델타파 등 모든 뇌파의 합을 1로 설정하였다. 따라서 각 뇌파의 측정치는 0.5초 동안 발생한 뇌파의 비율을 의미한다.

모든 훈련회기가 진행되는 동안, 매 훈련회기마다 훈련을 실시하기 전에 참가자의 베타파 평균량을 구한다. 이때, 참가자는 추적기(Head Tracker: 방향의 이동을 감지하는 센서)가 부착된 HMD(Head Mounted Display: 주변환경을 3차원으로 재현하는 특수안경)를 착용하고 이완상태에서 화면의 고정점(컴퓨터 바탕화면에 파란색 사각형)을 응시하도록 지시한다. 참가자가 고정점을 응시하는 동안, 1분간 나타나는 베타파를 측정하여 베타파의 평균값을 구한다. 이렇게 얻어진 값이 베타파의 기저선이다.

바이오피드백 훈련단계에서는 참가자가 화면에 구성된 고정점을 지속적으로 쳐다보면서 주의를 집중하도록 지시한다. 훈련과제의 진행은 참가자가 지속적으로 주의를 집중할 때 나타나는 베타파의 값이 목표 베타파의 값(베타파의 기저선 + 베타파 기저선의 표준편차×1.25)보다 높을 때마다 순차적으로 단계가 올라가도록 설정하였다. 훈련이 진행되는 동안, 화면 좌측상단의 숫자가 0부터 1씩 순차적으로 올라가고 100이 되면 훈련프로그램이 종료된다.

본 실험에 사용한 바이오피드백 훈련프로그램의 기본적인 화면장면의 진행 및 훈련 절차는 다음과 같다. 우선, 교탁 위로 공룡 알이 떠오르고,

알이 갈라진 후 여섯 부분으로 나누어진 공룡 사진이 퍼즐과 같이 차례대로 칠판으로 이동하여 공룡 전체모습이 완성되면 훈련프로그램이 종료된다. 이후 공룡에 대한 설명이 화면 우측 상단에 문장으로 제시되고, 동시에 실험자가 참가자에게 읽어준다. 참가자는 공룡에 대한 설명을 보거나 듣고 2-5개의 질문에 답변한다.

연속수행과제검사

(CPT : Continuous Performance Task)

CPT는 간질환자의 주의를 탐지 및 측정하기 위하여 Rosvold, Mirsky, Sarason, Bransome 및 Beck(1956)이 개발하였으며, 현재 측정목적에 따라 다양한 형태로 변환하여 사용되고 있다. 주로 주의력을 측정하지만, 측정목적에 따라 충동성을 측정하기도 한다.

본 실험에서는 Multi-Health Systems사가 개발한 CPT Computer Program(1995)을 사용하였다. CPT 과제는 참가자가 컴퓨터 모니터에 목표 자극(X 이외의 모든 알파벳 : 324개)이 나타날 때마다 컴퓨터의 스페이스바를 눌러야 하고, 비목표 자극(알파벳 X : 36개)이 제시될 때는 컴퓨터의 스페이스바를 누르지 말아야 하는 형태로 제시된다. 자극간 간격은 1-4초이고, 자극제시시간은 250msec이다. 총 6개의 유목으로 구성되어 있고, 각 유목에 3개의 하위유목이 있으며, 각 하위유목은 20개의 과제로 구성되어 있다. 총과제수행시간은 14분이다.

CPT에서 주의력을 대표하는 측정치는 다음과 같다. 첫째, 정반응수(Hit)는 목표자극에 반응한 수를 측정하는데, 지속적 주의(Sustained Attention), 준비성(Readiness), 각성과 관련된 경계(Vigilance),

의식(Consciousness)과 관련된다. 따라서, 정반응수가 높으면 주의를 지속하는 능력, 적절하게 준비하는 능력이 높음을 의미한다. 전체 자극수에서 정반응수를 빼면 누락오류(Omission Error)가 되는데, 이는 목표자극에 반응하지 못한 경우로 부주의한 특성을 측정하는 지표이다. 둘째, 반응시간(Reaction Time)은 전체검사에서 목표자극에 올바르게 반응한 시간을 측정한 것으로 운동반응속도나 정보처리속도를 측정하는 지표이다. 자원(Resource), 처리능력(Capacity), 선택적 주의(Selective Attention)와 관련된다. 일반적으로 반응시간의 T점수가 40이하이면 정보처리 능력과 선택적 수용 능력이 높음을 의미하고, 반응시간의 T점수가 60이상이면 일관성 없는 반응 혹은 과도하게 신중한 반응을 의미한다. 셋째, 지각민감도(Perceptual Sensitivity : d')는 목표자극과 비목표자극을 구별하는 능력을 측정한다. 즉, 주의력의 하위요인 중 자극을 변별하는 능력(Discrimination)을 측정한다. 이 측정치의 T점수가 60 이상이면 자극의 변별력이 부족함을 의미한다.

CPT에서 충동성을 대표하는 측정치는 다음과 같다. 첫째, 오경보오류수(Commission Error)는 비목표자극에 반응한 수를 측정하는데, 높은 오경보오류수는 운동반응을 제지하는 능력이 부족함을 의미한다. 둘째, 반응편파도(Response Bias : β)는 자극에 반응하는 경향성을 측정한다. 이 측정치의 T점수가 50이면 사례 깊고, 신중한 반응을 의미하고, T점수가 40이하이면 충동적인 특성과 잦은 오류반응을 의미하며, T점수가 60이상이면 지나치게 조심스러워 눌러야 할 자극에 제대로 반응하지 않는 경향을 의미한다.

실험절차

실험의 각 회기는 서울시 ○○동에 위치한 ○○보호관찰기관과 안양시 ○○동에 위치한 ○○보호관찰기관에서 하루 1회씩 모두 8회기의 실험을 실시하였다.

가상환경집단의 평가 및 실험 진행과정은 다음과 같다. 첫째, 실험 실시 전후에 CPT를 이용하여 사전검사와 사후검사를 실시하였다. 둘째, 훈련은 8회기에 걸쳐 매회 10분씩 실시하였다. 또한, 1회기에 한하여 참가자가 프로그램의 시연 과정을 먼저 관찰하게 하였다. 모든 훈련회기가 진행되는 동안 두 명의 실험자가 참가자를 통제하였다. 가상환경집단은 실험 실시 전, 머리 회전방향과 동일하게 주변환경을 모니터에 재현하는 추적기(Electromagnetic Head Tracker : InterSense사의 Intertrax II)가 부착된 HMD(Head Mounted Display : DAEYANG E&C Cy-visor DH4400VP)를 착용하였다. 셋째, 추적기가 부착된 HMD를 착용한 참가자의 뇌파를 측정하기 위하여 두부의 Cz(정중시상부) 위치와 양쪽 귀 아래부위의 3곳에 전극을 부착하여 뇌파를 측정하였다. EEG는 Laxtha사의 4채널 LXE1104-RS232를 사용하여 측정하였다. 참가자에게 전극을 붙인 후, '화면의 파란 사각형에 초점을 고정시키십시오. 그리고, 눈을 감지 마십시오'라는 지시와 함께 1분 동안 베타파를 측정하여 베타파 기저선의 값을 정하였다. 이후, 가상환경을 이용한 EEG 바이오피드백 훈련을 실시하였다.

비가상환경집단의 훈련 진행은 Tracker가 부착된 HMD의 사용이 제외되었기 때문에 몰입성과

현실감을 느낄 수 없다는 점에서 가상환경집단의 훈련 진행과정과 차이가 있었다. 따라서, 비가상환경집단에 사용된 프로그램의 영상은 모니터 상의 고정화면을 통하여 제시하였다. 그 외 검사 및 실험의 진행과정과 절차는 가상환경집단과 동일하였다.

통제집단은 먼저 사전검사를 실시하고, 가상환경집단의 실험이 끝난 후 사후검사를 실시하였다.

분석방법

수집된 자료를 통해서 가상환경집단, 비가상환경집단의 훈련 전후, 통제집단의 사전/사후 주의력과 충동성의 차이를 분석하기 위하여 CPT 측정치를 종속변인으로 하는 반복측정 변량분석(3×2)을 실시하였다. 집단(가상환경집단/비가상환경집단/통제집단)은 참가자간 변인이고, 시간(훈련 전/후)은 참가자내 변인이다. 또한, 상호작용비교(analysis of interaction comparison)를 실시하여 상호작용효과를 살펴보았다. 분석을 위하여 사용한 종속측정치는 주의력과 관련된 정반응수, 반응시간, 지각민감도이며, 충동성과 관련된 오경보오류수, 반응편파도이다.

결 과

가상환경집단, 비가상환경집단의 훈련 전후와 통제집단의 사전/사후에 나타난 CPT의 각 측정치에 대한 결과는 표 1에 제시하였다.

주의력 하위요인에 대한 결과

세 집단(가상환경집단, 비가상환경집단, 통제집단)의 정반응수를 반복측정 변량분석한 결과는 표 2에 제시하였다. 가상환경집단과 비가상환경집단 간 정반응수에서는 유의한 차이는 없었다, $F(2, 25)=.41, ns$.

표 1. 세 집단의 CPT 평균과 표준편차

측정치	집단	측정시기		
		사전 M(SD)	사후 M(SD)	
주의력 측정치	정반응수	가상환경집단	318.50(2.45)	318.00(4.66)
		비가상환경집단	319.70(2.58)	319.60(6.96)
		통제집단	319.30(2.91)	318.00(4.24)
		계	319.21(2.62)	318.57(5.33)
반응시간 (T점수)	주의력 측정치	가상환경집단	53.77(16.63)	37.73(20.97)
		비가상환경집단	50.00(13.75)	48.35(17.72)
		통제집단	50.50(17.85)	49.25(20.33)
		계	51.25(15.61)	45.64(19.56)
지각 민감도 (T점수)	주의력 측정치	가상환경집단	54.35(8.28)	46.10(11.66)
		비가상환경집단	57.04(9.52)	51.36(20.15)
		통제집단	53.09(5.42)	52.63(11.40)
		계	54.86(7.80)	50.31(14.89)
충동성 측정치	오경보 오류수	가상환경집단	18.63(7.76)	10.75(9.18)
		비가상환경집단	17.90(9.65)	15.50(11.27)
		통제집단	17.40(7.57)	16.80(10.74)
		계	17.93(8.13)	14.61(10.44)
반응 편파도 (T점수)	충동성 측정치	가상환경집단	55.16(7.00)	63.02(20.64)
		비가상환경집단	57.40(9.08)	64.15(22.23)
		통제집단	52.08(7.75)	60.38(14.12)
		계	54.86(8.09)	62.48(18.55)

표 2 세 집단 간 CPT 정반응수의 변량분석

변량원	지승화	df	평균지승화	F
참가자간 (집단:A)	19.26	2	9.63	.41
오 차	588.10	25	23.52	
참가자내 (측정시기:B)	5.55	1	5.55	.41
A * B	3.71	2	1.86	.14
오 차	340.50	25	13.62	

세 집단(가상환경집단, 비가상환경집단, 통제 집단)의 반응시간을 반복측정 변량분석한 결과는 표 3에 제시하였다. 가상환경집단과 비가상환경집단 간 반응시간에서 유의한 차이가 있었다, $F(2,25)=4.53, p<.05$.

표 3 세 집단 간 CPT의 반응시간 변량분석

변량원	지승화	df	평균지승화	F
참가자간 (집단:A)	167.91	2	83.95	.15
오 차	14447.49	25	577.90	
참가자내 (측정시기:B)	551.36	1	551.36	8.21**
A * B	608.97	2	304.48	4.53*
오 차	1679.74	25	67.19	

* $p<.05$, ** $p<.01$

집단과 측정시기의 반응시간에 대한 상호작용 효과는 그림 1에 제시하였다. 그림 1에서 볼 수 있듯이, 가상환경집단이 비가상환경집단 및 통제 집단에 비해 CPT의 반응시간에서 사후에 큰 감소를 보였다.

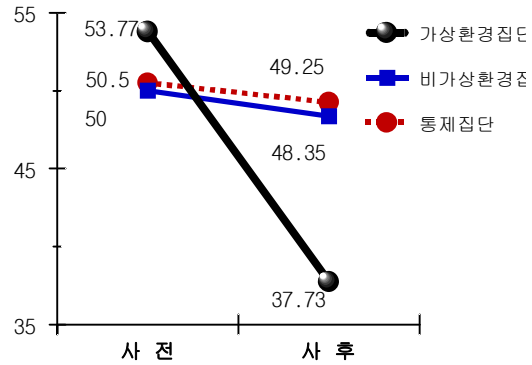


그림 1. 세 집단의 CPT 반응시간

반응시간에서 상호작용이 유의미하므로 상호 작용 효과를 알아보기 위하여 상호작용비교 (Analysis of Interaction Comparisons)를 실시한 결과는 표 4에 제시하였다.

표 4에 의하면, 가상환경집단과 비가상환경집단간에 유의미한 상호작용이 있었고, $F(1,16)=4.77, p<.05$, 가상환경집단과 통제집단간에도 유의미한 상호작용이 있었다, $F(1,16)=5.24, p<.05$. 그러나, 비가상환경집단과 통제집단간에는 유의미한 상호 작용이 나타나지 않았다, $F(1, 18)=.02, ns$.

세 집단(가상환경집단, 비가상환경집단, 통제 집단)의 지각민감도를 반복측정 변량분석한 결과는 표 5에 제시하였다. 가상환경집단과 비가상환경집단 간 지각민감도에서는 유의한 차이는 없었다. 그러나 가상환경 EEG 바이오피드백 집단만을 두고 보았을 때 통계적으로 유의한 수준은 아니지만 지각민감도가 훈련전보다 훈련 후에 다소 증가하였다, $t=2.24, p<.10$.

표 4. 세 집단 간 CPT의 반응시간 상호작용비교

	변량원	자승화	df	평균자승화	F
가상 × 비가상	참가자간 (집단:A)	104.39	1	104.39	.21
	오차	7995.03	16	499.69	
	참가자내 (측정시기B)	695.02	1	695.02	7.19*
	A * B	460.48	1	460.48	4.77*
	오차	1545.83	16	96.62	
	가상 × 통제	참가자간 (집단:A)	151.36	1	151.36
	오차	10116.27	16	632.27	
	참가자내 (측정시기B)	664.01	1	664.01	7.16*
	A * B	486.36	1	486.36	5.24*
	오차	1484.41	16	92.78	
비가상 × 통제	변량원	자승화	df	평균자승화	F
	참가자간 (집단:A)	4.89	1	4.89	.01
	오차	10783.68	18	599.09	
	참가자내 (측정시기B)	20.90	1	20.90	1.14
	A * B	.40	1	.40	.02
	오차	329.24	18	18.29	

* $p < .05$

표 5. 세 집단 간 CPT의 지각민감도 변량분석

변량원	자승화	df	평균자승화	F
참가자간 (집단:A)	142.67	2	71.34	.31
오차	5745.48	25	229.82	
참가자내 (측정시기B)	318.68	1	318.68	5.01*
A * B	144.96	2	72.48	1.14
오차	1590.59	25	63.62	

* $p < .05$

충동성 하위요인에 대한 결과

세 집단(가상환경집단, 비가상환경집단, 통제 집단)의 오경보오류수를 반복측정 변량분석한 결과는 표 6에 제시하였다. 가상환경집단과 비가상환경집단 간 오경보오류수에서는 유의한 차이는 없었다. 그러나 가상환경 EEG 바이오피드백 집단은 훈련 후에 충동성이 유의하게 감소하였다, $t=2.81, p < .05$.

표 6. 세 집단 간 CPT의 오경보오류수의 변량분석

변량원	자승화	df	평균자승화	F
참가자간 (집단:A)	57.55	2	28.77	.18
오차	3907.94	25	156.32	
참가자내 (측정시기B)	181.95	1	181.95	7.12*
A * B	124.22	2	62.11	2.43
오차	638.84	25	25.55	

* $p < .05$

표 7. 세 집단 간 CPT 반응편파도에 대한 변량분석

변량원	자승화	df	평균자승화	F
참가자간 (집단:B)	210.55	2	105.28	.37
오차	7061.80	25	282.47	
참가자내 (측정시기A)	807.33	1	807.33	5.33*
A * B	6.30	2	3.15	.02
오차	3784.26	25	151.37	

* $p < .05$

세 집단(가상환경집단, 비가상환경집단, 통제

집단)의 반응편파도를 반복측정 변량분석한 결과는 표 7에 제시하였다. 가상환경집단과 비가상환경집단 간 반응편파도에서는 유의한 차이는 없었다.

논 의

본 연구는 기존의 EEG 바이오피드백 기법에 노출치료기법을 응용한 가상환경을 도입하였다. 그리고, 가상환경을 이용한 EEG 바이오피드백 훈련이 주의력 및 충동성에 미치는 영향을 검증하고자 하였다.

주의력 하위요인에 대한 결론 및 논의

가상환경 EEG 바이오피드백 훈련이 비가상환경 EEG 바이오피드백 훈련보다 주의력을 더 증가시키는지 확인하였다.

첫째, CPT의 정반응수 점수는 증가하지 않았다. 이는 주의력의 하위요인 중에서 주의지속력, 주어진 과제에 적절하게 대비하는 준비성 등이 향상되지 않았으며, 주의지속력과 준비성은 생리기제인 각성수준에 직접적 영향을 받는 가능성이 낮음을 의미하는 것이다.

둘째, CPT의 반응시간 T점수는 유의미한 향상을 나타내었다. 이는 8회기의 비교적 짧은 기간에 가상환경이라는 실감나는(in vivo) 조건에 의하여 기존의 EEG 바이오피드백 훈련보다 매우 빠른 훈련효과가 나타난 것을 의미한다. 또한, 주의력의 하위요인 중에서 주어진 정보를 처리하는 능력과 선택적으로 수용하는 능력 등이 향상되었

으며, 정보처리능력과 선택적 수용능력은 생리기제인 각성수준에 직접적 영향을 받을 가능성이 높음을 의미하는 것이다.

셋째, CPT의 지각민감도 T점수는 증가하지 않았다. 이는 주의력의 하위요인 중에서 주어진 정보를 변별하는 능력 등이 향상되지 않았으며, 변별능력은 생리기제인 각성수준에 직접적 영향을 받을 가능성이 낮음을 시사하는 것이다. 하지만, 통계적으로 유의한 정도는 아니지만 가상환경 EEG 바이오피드백 집단은 훈련 후에 지각민감도가 증가하였다. 따라서, 가상환경 EEG 바이오피드백 훈련으로 지각민감도를 증가시킬 수 있는 가능성을 생각할 수 있다. 그러므로, 후속연구에서는 8회기 이상의 훈련회기를 실시하여 가상환경 EEG 바이오피드백 훈련이 EEG 바이오피드백 훈련보다 지각민감도를 향상시키는데 대한 연구가 필요할 것이다.

주의력에 미치는 영향을 종합하여 살펴보면, 가상환경을 이용한 EEG 바이오피드백 훈련이 주의력의 하위요인 중에서 정보처리능력, 선택적 주의력을 증가시켰다. 그러나, 지속적 주의력, 준비성, 변별력은 증가시키지 못했다. 이러한 결과는 생리기제인 각성수준의 조절이 주의력의 각 하위요인에 미치는 영향 및 경로가 서로 다름을 의미한다. 즉, 주의력의 하위요인 중에서 정보처리능력, 선택적 수용능력 등은 각성수준 등의 생리기제에 직접적인 영향을 받을 가능성이 높고, 지속적 주의, 준비성, 변별 등은 직접적인 영향을 받을 가능성이 낮음을 시사한다.

이는 EEG 바이오피드백 훈련의 효과에 대한 기존 연구결과(Lubar & Lubar, 1984; Othmer et al., 1991; Serman, 1982b; Tansey, 1984, 1990)를

재검증하는 것이며, 나아가 노출치료기법을 응용한 가상환경을 정신건강영역의 치료에 적용할 수 있다는 주장(Huang & Alessi, 1998)을 확장시킨 것이다. 무엇보다, 본 연구에서는 단기간(8회기) 및 단시간(매회 10분 내외)의 훈련을 통하여 정보처리능력과 선택적 주의력의 유의미한 증가를 나타냈다. Autogenic Systems사의 EEG 바이오피드백 훈련지침(1992)은 주의력을 증가시키기 위한 EEG 바이오피드백 훈련효과가 장기간(40회기 내외) 및 장시간(매회 50분)의 훈련을 통하여 40회기 후에 유의미한 효과가 나타난다고 보고하고 있다. 이와 비교할 때, 가상환경을 이용한 EEG 바이오피드백 훈련은 단기간 및 단시간에 효과를 거둘 수 있음이 시사되었다. 더불어, 빠르게 변화, 발전하는 정보화 사회의 현대인에게 적용할 수 있는 효율적인 훈련기법으로 이용할 수 있는 가능성을 확인하였다.

충동성 하위요인에 대한 결론 및 논의

가상환경 EEG 바이오피드백 훈련이 비가상환경 EEG 바이오피드백 훈련보다 충동성을 더 감소시키는지 확인하였다.

첫째, CPT의 오경보오류수 점수는 감소하지 않았다. 이는 Barratt과 Patton(1983)의 충동성 모델과 연관지어 생각할 때, 충동행동의 운동반응 제지능력이 향상되지 않았음을 의미하는 것이다. 그러나 가상환경 EEG 바이오피드백 집단은 훈련 후에 충동성이 유의미하게 감소하였다. 즉, 가상환경 EEG 바이오피드백 훈련이 충동성을 감소시킬 수 있는 가능성을 시사하는 것이다. 따라서, 후속 연구에서는 가상환경 EEG 바이오피드백 훈련이

EEG 바이오피드백 훈련보다 충동성의 운동반응 제지능력을 증가시키는지 연구하여야 할 것이다.

둘째, CPT의 반응편과도 T점수는 감소하지 않았다. 이는 주어진 자극에 반응하는 경향성이 감소되지 않았음을 의미한다. 즉, 충동적인 사람이 특정 자극에 노출될 때 나타나는 일관된 반응경향이 감소되지 않았음을 의미한다.

충동성에 미치는 영향을 종합하여 살펴보면, 충동성의 하위요인 중에서 운동반응 제지능력, 반응 경향성이 변화되지 않았음을 의미한다.

충동성의 모델을 정립한 Eysenck(1947), Gray(1972)와 이를 토대로 충동성이 행동적, 인지적, 생리적 요인이 포함된 성격변인임을 밝힌 Barratt과 Patton(1983)은 충동성을 성격특질로 파악하였다. 특히, Barratt과 Patton은 충동성이 각 성수준과 같은 생리기제에 영향 받음을 밝혔다. 또한, Baribeau(1987), 그리고 Ruckdeschel-Hibbard, Cordon 및 DiHer(1986) 역시 생리기제와 충동성과 같은 행동유형 사이의 연관성을 주장하였다. 이와 같은 주장에 근거하여 본 연구자는 주의력 증가를 위한 각성수준의 조절이 충동성의 조절에도 영향을 미칠 것이라는 논리적 추론을 토대로 본 연구를 실시하였다. 그러나, 이러한 결과는 가상환경을 이용한 바이오피드백 훈련이 충동성의 운동반응 제지능력, 반응 경향성이 단기간에 향상되지 않았음을 시사한다. 따라서, 본 연구에서 사용한 훈련 프로그램에 의해서는 충동성이 유의미하게 감소되지 않았으므로, 추후연구에서는 8회기 이상의 훈련과 새로운 훈련 프로그램을 적용하여 가상환경 EEG 바이오피드백 훈련이 충동성을 감소시킬 수 있는지 연구해야 할 것이다.

본 연구의 문제점 및 후속연구에 대한 제안을 논의하면 다음과 같다. 첫째, 참가자 집단의 선정 및 연령통제에 어려움이 있었다는 점이다. 본 연구에서는 집단의 동질성을 위해서 보호관찰기관의 학생들을 대상으로 실시하였다. 그러나, 연구에 필요한 충분한 참가자 수를 확보하고, 연령을 통제하는데는 어려움이 있었다. 특히, 비가상환경집단은 가상환경집단과 통제집단 참가자보다 연령이 높았다, $F(2,25)=24.45, p<.001$. 또한, 남자청소년만을 대상으로 훈련이 실시되었기 때문에 성차에 따른 효과를 올바르게 밝히지 못했다. 따라서, 후속연구에서는 다양한 연령대의 남녀 참가자를 대상으로 가상환경을 이용한 EEG 바이오피드백이 정보처리능력, 선택적 주의를 향상시킨다는 결과가 일반화될 수 있는지의 여부를 연구해야 할 것이다.

둘째, 훈련기간이 매우 짧았고, 훈련의 지속효과를 확인하지 못했다는 점이다. 이러한 이유는 보호관찰기관의 현실여건으로 인하여 8회기 이상의 훈련을 실시하는데 어려움이 있었으며, 참가자들의 잦은 가출, 제한된 수용기간 등으로 인하여 일정기간이 지나면 동일한 참가자를 대상으로 지속효과를 확인할 수 없는 현실적 문제 때문이었다. 따라서, 추후 연구에서는 보다 안정적인 참가자 집단을 대상으로 40회기 정도의 훈련을 실시하여 주의력과 충동성에 변화가 있는지, 훈련의 지속효과가 있는지를 연구해야 할 것이다.

셋째, 임상집단에 적용하여 확인하지 않았다는 점이다. 이러한 이유는 본 연구를 위하여 개발한 훈련프로그램은 일차적으로 일반인에 대한 효과를 검증하려는 목적이 있었기 때문에 임상집단을 대상으로 실시되지 않았다. 따라서, 추후 연구는

임상적으로 정보처리능력, 선택적 주위에 문제가 있는 정신장애인들을 대상으로 한 연구가 필요할 것이다.

넷째, 본 연구에서 이용한 가상환경이 경제적, 기술적 제약으로 몰입성과 실재감을 완벽하게 구현하지 못했을 가능성이 높다. 그러나, 앞으로는 획기적인 과학기술의 발달로 인하여 완벽에 가까운 가상환경이 구현될 것으로 생각된다. 따라서, 추후 가상환경을 이용한 EEG 바이오피드백 훈련에서는 몰입성과 실재감을 보다 완벽하게 구현하는 노력이 필요할 것이다.

마지막으로 본 연구의 시사점을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 주의력과 충동성을 담당하는 하위요인간 관계가 독립적 관계를 형성하고 있음이 시사되었다. 본 연구에서 설정한 주의력의 하위요인 중에서 정보처리능력, 선택적 주의력은 유의미하게 향상되었지만, 변별력은 향상의 가능성만을 확인하였고, 지속적 주의력과 준비성은 향상되지 않았다. 또한, 충동성의 하위요인 중에서 운동반응 제지능력은 향상 가능성을 확인하였지만, 자극반응 경향성은 향상되지 않았다. 이러한 결과는 각 성수준에 의해서 영향을 받는 뇌 영역이 각각 독립적으로 존재하며, 고유한 경로가 존재함을 의미한다. 따라서, 본 연구의 결과는 주의력과 충동성을 담당하는 하위요인간 관계가 유기적인지, 독립적인지에 대한 논란이 활발한 현시점에서 주의력 하위요인의 독립적 관계를 주장하는 Wickens(1980)의 중다자원이론(Multiple Resource Theory)에 근거하여 이해하는 것이 보다 합리적임을 시사하는 것이다.

둘째, 각성수준의 조절(특히, 베타파)이 주의력 향상에 중요한 매개역할을 담당하고 있음이 시사되

었다. 또한, 각성수준의 조절을 통하여 충동성을 감소시킬 수 있는 가능성이 확인되었다. 기존의 연구들은 각성수준의 조절을 위하여 알파파, 베타파, SMR과 등 다양한 EEG 대역을 목표로 설정하였으나, 본 연구는 Lubar(1984)와 Sterman(1982b)의 연구결과를 토대로 베타파(15~18Hz) 조절을 목표로 설정하였다. 그 결과, 각성수준의 조절을 통하여 주의력의 정보처리능력, 선택적 주의력을 향상시킬 수 있음이 시사되었다. 또한, 주의력의 변별력과 충동성의 운동반응 제지능력을 향상시킬 수 있는 가능성을 확인하였다.

셋째, 노출치료기법을 응용한 가상환경이 주의력 향상에 중요한 매개역할을 담당하고 있음이 시사되었다. 이미 효과가 입증된 EEG 바이오피드백 훈련(40회기 이후 주의력이 향상됨)과 비교하면, 본 연구는 기간(8회기)과 시간(10분 내외)을 획기적으로 줄였다는 점에서 큰 성과로 평가할 수 있다. 빠르게 변화 및 발전하는 정보화 시대의 현대인에게 시간을 절약하는 치료기법은 장시간의 치료기법보다 경쟁력이 높을 것이다.

넷째, 품행장애를 지닌 임상집단으로의 적용 가능성이 높을 것으로 판단된다. 본 연구의 참가자는 보호관찰기관에 수용되기 전에 일반학교를 다녔지만, 신체적 폭력, 도둑질, 성적 일탈행위, 빈번한 가출과 비행 등 반복적인 문제행동과 경미한 범죄로 물의를 일으켜 사회와 격리된 법무부 산하 보호관찰기관에 입소하였다. 이러한 이유로 본 연구의 참가자는 대체로 품행장애 경향이 있다고 판단된다. 따라서, 본 연구를 품행장애가 있는 임상집단에 적용하여 치료도구로 이용한다면 높은 치료효과가 나타날 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- 유제민, 현명호, 이희상. (1998). 성격특질과 Caffeine이 임계점반응에 미치는 영향. *성격 및 개인차 연구*, 7, 80-89.
- Autogenic Systems. (1992). *ADD/ADHD training protocol*. New York.
- Baribeau, J. (1974). *Neuropsychologie clinique et neurologie du comportement*. Montreal: Les Presses de l'Universite.
- Barkley, R. A. (1990a). *A handbook for diagnosis and treatment*. New York: Guilford Press.
- Barkley, R. A. (1990b). *Handbook of developmental psychopathology*. New York: Plenum Press.
- Barratt, E. S. (1985). *Impulsiveness subtracts: arousal and information processing*. North Holland: Elsevier.
- Barratt, E., & Patton, J. H. (1983). *Biological bases of sensation seeking, impulsivity, and anxiety*. Hillsdale: Erlbaum.
- Botella, C., Perpina, C., Barros, M., & Garcia-Palacios, P. A. (1998). Virtual reality: A new clinical setting lab. *Virtual Environments in Clinical Psychology and Neuroscience*. Washington: IOS Press.
- Conners, C. K. (1995) *Conners' CPT computer program user's manual*. Multi-Health Systems, Inc.
- Corsini, J. R. (1981). *Handbook of innovative psychotherapies*. New York: John Wiley & Sons.
- Eysenck, H. J. (1947). *Impulsiveness*. New York: Pergamon Press.
- Eysenck, H. J. (1967). *The biological basis of personality*. Illinois: Charles C Tomas.

- Fehmi, L. G. (1976). *EEG Biofeedback, multi-channel synchrony training, and attention*. New York: Springer Press.
- Gray, J. A. (1972). *Causal theories of personality and how to test them*. Orlando, London: Academic Press.
- Gray, J. A. (1987). Perspectives on anxiety and impulsivity: A commentary. *Journal of Research in Personality*, 21, 493-509.
- Greenleaf, W., & Morgan, K. S. (1995). *Interactive technology and the new paradigm for healthcare*. Washington: IOS Press.
- Hart, E. L., Lahey, B. B., Loeber, R., Applegate, B., Green, S. M., & Frick, P. J. (1995). Developmental changes in attention-deficit hyperactivity disorder in boys: A four-year longitudinal study. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 23, 729-749.
- Hoza, B., & Pelham, W. E. (1993). *Handbook of Prescriptive Treatments for Children and Adolescents*. Boston: Allyn and Bacon.
- Huang, M. P., & Alessi, N. E. (1998). Current limitations into the application of virtual reality to mental health research. *Virtual Environments in Clinical Psychology and Neuroscience*. Washington: IOS Press.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood: Prentice Hall.
- LaBerge, D. L. (1990). Attention. *Psychological Science*, 1, 156-162.
- Lidberg, L., Modin, I., Orelund, L., Tuck, J. R., & Gillner, A. (1985). Late let monoamine oxidase activity and psychopathy. *Psychiatry Research*, 16, 339-343.
- Lubar, J. (1991). Discourse on the development of EEG diagnostics and biofeedback for attention-deficit/hyperactivity disorders. *Biofeedback and Self Regulation*, 16, 201-225.
- Lubar, J. O., & Lubar, J. F. (1984). Electroencephalographic biofeedback of SMR and beta for treatment of attention deficit disorders in a clinical setting. *Biofeedback and Self-Regulation*, 9, 1-23.
- Netherton, D. S., Holmes, D., & Walker, C. E. (1999). *Child and adolescent psychological disorders*. New York: Oxford University Press.
- Nigl, A. J. (1984). *Biofeedback and behavioral strategies in pain treatment*. New York: Medical & Scientific.
- Othmer, S., Othmer, F. S., & Marks, S. C. (1991). *EEG Biofeedback training for attention deficit disorder: Specific learning disabilities, and associated conduct problem*. New York: Oxford University Press.
- Patrick, W., Corrigan, D., Stuart, C., & Yudofsky, M. D. (1996). *Cognitive rehabilitation for neuropsychiatric disorders*. Washington: American Psychiatric Press.
- Regenbrecht, H. T., Schubert, T., & Friedman, F. (1998). Measuring the sense of presence and its relation to fear of heights in virtual environments. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 10, 3, 233-250.
- Rizzo, A. A., & Buckwalter, U. (1997). *Psycho-neuro-physiological assessment and rehabilitation in virtual environments: Cognition, clinical, and human factors in advanced human computer interactions*. Amsterdam: IOS Press.
- Rosvold, H. E., Mirsky, A. F., Sarason, I., Bransome, E. D., & Beck, L. H. (1956). A continuous performance test of brain damage. *Journal of Consulting Psychology*, 20, 343-350.

- Ruckdeschel-Hibbard, M., Cordon, W. A., & DiHer, L. (1986). *Handbook of clinical neuropsychology*(2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Solso, R. L. (1995). *Cognitive psychology*, 4th ed. London: Allyn and Bacon.
- Sonuga-Barke, E. J. S., Houlberg, K. & Hall, M. (1994). When is "impulsiveness" not impulsive? the case of hyperactive children's cognitive style. *Journal of child psychology and psychiatry*, 35, 1247-1253.
- Sterman, M. B. (1982b). *Clinical biofeedback: efficacy and mechanisms*. New York: Guilford Press.
- Tansey, M. A. (1990). Righting the rhythms of reason. EEG Biofeedback training as a therapeutic modality in a clinical setting. *Medical Psychotherapy*, 3, 57-68.
- Wallace, J. F., Newman, J. P., & Bachorowski, J. A. (1991). Failure of response modulation: Impulsive behavior in anxious and impulsive individuals. *Journal of Research in Personality*, 25, 23-24.
- Wickens, C. D. (1980). *Attention and Performance: The structure of attentional resources*. 7th ed. Hillsdale: Erlbaum.
- Zuckerman, M. (1991). *Psychobiology of personality*. New York: Guilford Press.
- 원고 접수일: 2002. 3. 11
수정원고 접수일: 2002. 4. 13
게재 결정일: 2002. 4. 17

The Effects of EEG Biofeedback Training using Virtual Environments on Attention and Impulsivity

Byung-Hee Moon · Myoung-Ho Hyun

Department of Psychology, Chung-Ang University

Jang-Han Lee · In-Young Kim · Jaeseok Kim · Sun I Kim

Department of Biomedical Engineering, College of Medicine, Hanyang University

The present study examined the effects of the EEG biofeedback training using virtual environments on attention and impulsivity. To increase attention and decrease impulsivity, the present study used the EEG biofeedback training. In addition, to increase training effect and shorten period, virtual environments are used. The 34 participants were composed of male adolescents in asylum, and were divided into three group : (1) EEG biofeedback training using virtual environments group (VE group), (2) EEG biofeedback training group (non-VE group), (3) control group. The VE group was trained by the biofeedback using virtual environments, and the non-VE group was trained by the biofeedback using computer over 8 sessions. The control group did not enforce any special training. The training criterion is enhancement of EEG activity in the 15-18Hz rhythms. The Continuous Performance Test(CPT) had been conducted before and after the training. To analyze the data, 3(VE group/non-VE group/control group : between subject variable)×2(pre/post training : within subject variable) repeated-measures ANOVA have been performed. The results of this study were as follows : First, VE group significantly decreased reaction time, but didn't increase both hits and perceptual sensitivity. Second, VE group didn't decrease both commissions and response bias. This result means that the EEG biofeedback training using virtual environments significantly improved information processing capacity and selectiveness of attention, but didn't improve sustained attention, readiness, and discrimination. Also, this result means that the training didn't decrease both inhibition ability of motor responses and response tendency of impulsivity.

Keywords : virtual environments, EEG, biofeedback, attention, impulsivity