

가상환경과 바이오피드백을 이용한 집중력 증진 시스템의 효과검증*

이장한¹, 권준수², 한민수³, 강동주³

¹ 중앙대학교 심리학과, ² 서울의대 정신과학교실, ³ (주) 바이오넷기술연구소

Effects of a Virtual Environment and Biofeedback Mediated Attention Enhancement System

Janghan Lee¹, Junsoo Kwon², Minsoo Han³, Dongju Kang³

¹ Dept. of Psychology, Chung-Ang University

² Dept. of Psychiatry, Seoul National University, ³ Bionet Co. Ltd.

요 약

본 연구는 집중력 증진을 위한 훈련 프로그램의 대안적인 방법으로서 가상환경기법의 적용가능성을 확인하고 가상환경 속에서 적용할 수 있는 바이오피드백 훈련의 효과를 검증하고자 하였다. 모든 집단에서 바이오피드백 훈련 후 집중력은 향상되었는데 특히 가상환경 훈련집단이 다른 두 집단(비가상환경집단과 통제집단)에 비해 정반응수는 증가한 반면에 반응오류(누락오류)와 지각민감도는 더 유의미하게 줄어들었다. 즉 이런 결과는 HMD를 착용하고 바이오피드백 프로그램을 실시한 경우가 주의력 증진에 보다 효과적이고 자극을 민감하게 변별할 수 있는 자극환경을 마련해주며 몰입감을 제공해준다는 점을 시사한다.

가상환경(virtual environment : VE)은 그래픽으로 창출해낸 3차원의 세계로서 인간이 듣고 보고 느끼도록 해주는 진보된 도구이다. 가상환경의 중요한 특징은 인간으로 하여금 조작된 환경 속에 있다는 느낌을 넘어서 실제로 그 가상공간 안에 존재하고 있다는 느낌을 갖도록 한다. 즉 가상환경은 정신적인 경험으로서 개인으로 하여금 그 가상공간 속에 있다고 믿게 하며 실제 있는 것처럼 조작하는 것이다.

최근들어 가상환경 기술이 정신건강을 위한 도구로 널리 이용되기 시작하였으며, 임상심리학, 정신의학, 신경심리학 분야에서 그 효력과 효과가 입증되어 지속적인 발전을 이루고 있다.

주로 적용되는 임상군으로서는 공포증환자의 공포감소, 화상환자의 동통감소, 암환자의 스트레스 감소, 섭식장애자 및 신체상 불균형자에 대한 조절, 운동장애아에 대한 훈련, 발달장애와 자폐증의 기능향상 등이며 그외 주의력 및 기억력과 같은 인지기능의 훈련에서도 많은 효과를 보고 있다.

가상환경의 장점으로는 실제적인 노출치료의 통제와 실시의 어려움을 보완해주고, 실외에서 직접 실시하는 것보다 사무실 안에서 실시되기 때문에 비용과 시간이 절약되며, 이해하기 어려운 것을 시각적으로 제공해 주기 때문에 이해가 빠르고 사물과 사물간의 관계에서 드러나는 역동을 알 수 있다는 점이다. 또한 실제 실습을 할 수 없는 상황을 모의로 구성하여 학습을 촉

*본 연구는 2001년 감성공학기반기술사업의 지원을 받아 수행되었음.

진시키는 훈련을 가능하게 해주는데, 지금까지 가장 잘 알려진 훈련방법이 비행기 모의비행훈련이고 그외에도 가상환경으로 운전연습을 한다든지 외과적 수술(Railhac et al., 1997)을 하는 것과 같은 다양한 영역에 적용될 수 있다. 하지만 비록 오락, 교육, 군사훈련, 신체재활과 의료계 등의 영역에서 가상환경의 적용이 급속도로 늘어나고 있지만 뇌손상 환자와 신경학적 장애 환자의 재활에 대한 연구는 비교적 미흡한 편이며, 인지기능을 측정하고 훈련시키는 프로그램 개발은 아직 초기발달단계이다.

1. 가상환경을 통한 주의력 증진 프로그램

최근 Rizzo 등(2000)은 주의력이 부족한 아동을 대상으로 연속수행과제(continuous performance task : CPT)를 이용하여 주의력을 측정하고 인지훈련을 시킬 수 있는 가상교실환경을 제안하였는데, 이는 이전까지 단순히 컴퓨터상에서 실시되어오던 주의력 측정과 인지훈련을 보다 현실에 가까운 환경안에서 실시하고 훈련시킴으로서 실제 상황으로의 일반화 가능성을 높이고 효과를 극대화시키는 결과를 보여 주고 있다.

주의력결핍 과잉활동장애(ADHD) 아동에 대한 주의력을 측정하는데 있어서도 보다 진보된 측정도구의 개발은 진단목적, 특별교육, 약물치료의 효과의 유용성에 대한 결정, 그리고 결과 측정에 중요하게 적용된다. 현재까지 주의력에 대한 측정법은 주로 지필검사, 다양한 자극을 제시하고 반응시간을 측정하는 과제, 컴퓨터로 평면스크린에 제시되는 자극에 반응하는 과제, 그리고 행동관찰기법 등이다. 이러한 방법들은 신뢰도와 타당도의 문제와 함께 특히 행동관찰기법 같은 경우에는 시간적 소비가 많고 비용이 많이 든다는 한계성을 지니고 있어 이런 제한점을 극복하는데 발전된 공학기술을 이용한 새로운 방법이 필요한 실정이다.

이와 함께 주의력과 같은 인지과정에 대한 재활적 접근도 측정 및 평가에서의 문제 즉 신뢰도와 타당도 및 시간적 소비나 비용과 같은 문제를 지니고 있다. 더군다나 전통적인 신경심리

학적 검사와 재활기법들은 재활훈련을 받는 상황과 실제환경과의 차이점이 많아 실제 환경으로의 일반화가 부족하다는 생태학적 타당성의 영역에서 제한점을 지니고 있는 것으로 비판받고 있다(Posner & Rafal, 1987). 따라서 이런 제한점을 가상환경 기법을 통해서 극복할 수 있으며, 이를 통해 생태학적으로 타당한 즉 현실적이고 실제적인 상황과 유사한 환경 속에서 측정하고 훈련받음으로서 치료효과가 극대화될 수 있다.

2. 주의력과 EEG 바이오피드백 훈련

EEG를 주의력에 적용한 연구에서 학업적, 행동적 문제를 지닌 아동이 정상아동에 비해서 세타(θ)파, 베타(β)파, SMR (sensorimotor rhythm)파에서 느리고 불규칙한 파형을 보였고(Winkler et al., 1970), ADHD 아동이 각성수준과 EEG 베타파 비율은 낮은 데 비해서 SMR파와 세타파 비율은 높은 것으로 보고하였다(Linden, 1991). 이후 Shouse와 Lubar(1979)는 4명의 ADHD아동과 학습장애아동에게 베타파를 증가하고 세타파를 억제하는 EEG 바이오피드백 훈련을 실시한 결과, 아동의 주의력이 향상되었으며 읽기, 산수, 공간지각력 등과 같은 학습과제에서도 수행이 향상되었다. Zametkin 등(1990)도 뇌자기공명영상법을 이용하여 ADHD 아동의 전두엽을 측정한 결과, ADHD의 저각성과 저활동성을 확인하였으며 베타파 및 SMR파를 증가시키고 알파파 및 세타파를 억제시키는 바이오피드백 훈련을 제안하였다.

ADHD에 대한 EEG 바이오피드백 훈련이 주의력뿐만 아니라 더 나아가 인지적 그리고 행동적 기능을 향상시킨다는 주장이 제기되었는데, Sterman (1980)의 연구에서도 EEG 바이오피드백 훈련(베타파와 SMR파 훈련)이 대뇌피질 조절능력을 지니고 있다고 하였다. 이러한 바이오피드백 훈련이 대뇌구조의 시상과 시상하부를 거쳐 망상체로 연결되는 체계에 영향을 줌으로써 각성과 의식의 수준을 통제할 수 있다고 주장하는 등 바이오피드백 훈련이 인지 기능 및 단기기억에 영향을 미친다고 하였고

(Lubar & Lubar, 1984), Tansey (1991; 1990)의 연구에서도 EEG 바이오피드백 훈련이 IQ 점수, 학교성적, 학습능력을 증가시킨다고 보고하였다.

이에 본 연구에서는 주의력을 증진시키기 위해서 교실장면을 가상환경 공간으로 사용하였으며 이를 통해 피검자가 마치 교실에 있는 것과 같은 경험을 할 수 있도록 교실모의장면을 구성하였고, 주의력을 증진시킬 수 있는 EEG 바이오피드백 훈련이 우수하고 정교한 프로그램이 결합될 때 높은 훈련효과가 나타난다는 주장(Othmer & Marks, 1991)과 현재 정신건강 연구의 강력한 프로토콜로 각광받고 있는 가상환경을 정신건강 영역에 이용할 수 있다는 주장(Botella et al., 1998)에 근거하여 가상환경을 이용한 EEG 바이오피드백 훈련 시스템을 개발하였다.

방 법

연구대상

프로그램에 참여한 피험자는 서울시내 ○○단체에서 운영하는 기숙 남학생 50명으로서 2001년 2-3월 사이에 2주에 걸쳐 10회기 동안 참석하였다. 전체 피험자를 가상환경에서 HMD를 착용한 실험집단 20명, HMD를 쓰지 않고 컴퓨터용 프로그램 훈련을 받은 비가상환경집단 20명, 그리고 훈련을 받지 않은 통제집단 10명으로 나누어 구성하였다.

측정도구

1) 한국판 웨슬러 지능검사(KWIS)

2) **질문지 검사** : 충동성 검사 (Barrett Impulsiveness Scale : BIS), 코너스 평정척도 단축형(Conner's Rating Scale : CRS), 아헨바흐 평정척도 단축형(Achenbach's Rating Scale), 가상환경 부작용질문지 (Simulation Sickness Questionnaire : SSQ)

3) 연속과제수행검사 (Continuous

Performance Task : CPT)

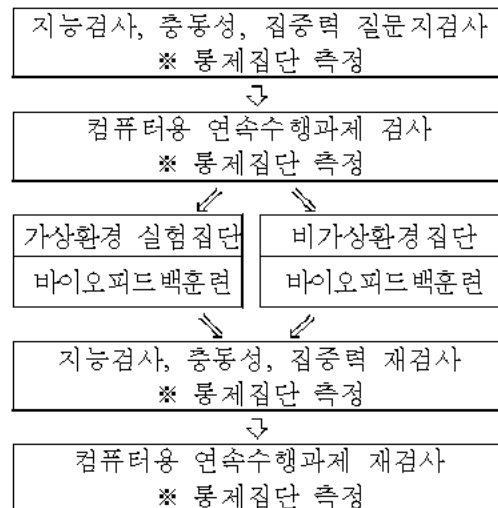
본 연구의 CPT 과제는 목표자극('X'자 이외의 글자)이 나타날 때 반응버튼(스페이스바)을 누르도록 되어 있다. 자극간의 간격은 1-4초이고

자극제시시간은 250ms이다. 총 6개의 유목으로 구성되어 있고 각 유목에 3개의 하위유목과 각 하위유목에 20개의 시행으로 구성되어 있는데 총 과제수행시간은 14분 정도이다.

4) 가상환경용 바이오피드백 훈련프로그램

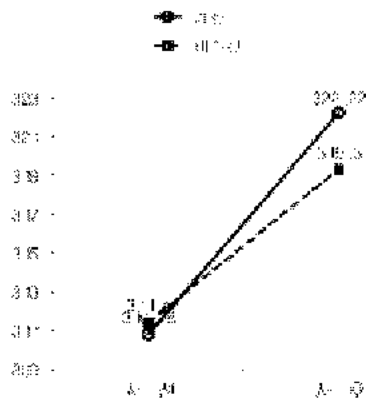
먼저 기저선 측정단계에서 피험자에게 HMD를 착용시키고 이완을 하게 한 상태에서 화면의 고정점을 응시하면서 베타파의 기저선을 1분간 측정한다. 그 뒤 바이오피드백 훈련단계에서는 피검자가 화면의 고정점을 지속적으로 쳐다보면서 주의를 집중하여 그에 따라 발생하는 베타파의 양이 목표값에 도달하면 화면상의 장면이 자동적으로 진행하도록 구성되었다.

연구절차



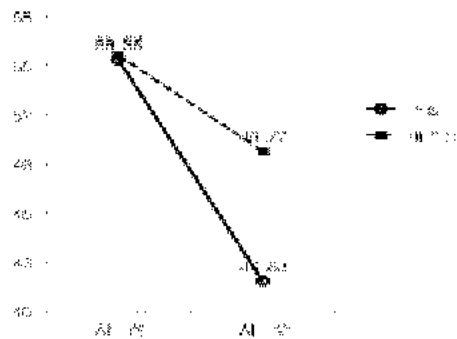
결 과

가상환경 내에서 실시한 훈련 프로그램의 효과를 비교하기 위해, 훈련 프로그램에 따른 정반응수(누락오류의 역치값)의 집단내 변화량을 측정하였다. 피험자내 변인인 측정시기의 주효과($F(1,32)=93.760, p<.01$), 집단과 측정시기의 상호작용효과($F(1,32)=4.193, p<.05$)가 유의미하였다. 그림 1에서 보는 바와 같이 집단의 정반응수는 사전에 비해 사후에 증가하였는데, 가상환경 속에서 바이오피드백 훈련을 받은 집단이 비가상환경속에서 훈련을 받은 집단보다 더 유의미하게 향상되었다.



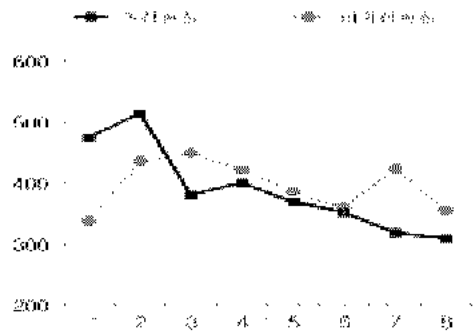
<그림 1> CPT의 정반응수에 대한 집단과 측정시기의 상호작용

그림 2에서 보는 바와 같이 집단의 자극민감도는 사전에 비해 사후에 감소하였고, 집단과 측정시기의 상호작용 효과는 비교적 유의미하였는데 ($F(1,32)=149.538, p<.10$), 대부분의 집단에서 자극변별력이 비슷한 수준으로 향상된 반면에 가상환경 속에서 바이오피드백 훈련을 받은 집단이 가장 많은 향상을 보였다.



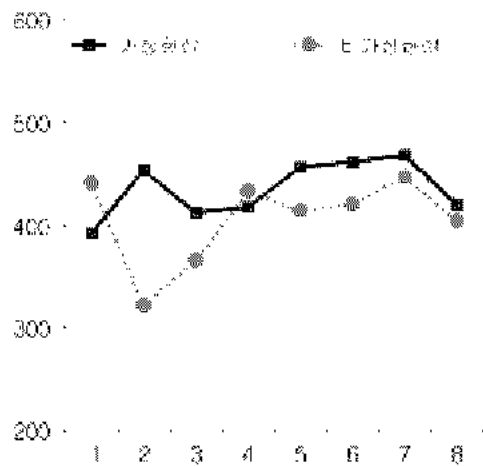
<그림 2> CPT의 자극민감도에 대한 집단과 측정시기의 상호작용

회기에 따른 바이오피드백 훈련 프로그램의 효과를 알아본 결과, 집단 및 회기별 주효과와 상호작용효과가 유의미하지 않았으나, 회기가 진행됨에 따라 프로그램 수행시간이 줄어들었는데, 3회기부터 가상환경을 이용한 바이오피드백 훈련집단의 수행시간이 감소하였고 컴퓨터 훈련집단보다 수행시간이 적었다(그림 3).



<그림 3> 각 회기당 바이오피드백 훈련 집단의 수행완료시간(초단위)

바이오피드백 훈련시 각 회기별 베타파의 양을 변량분석한 결과, 집단간 주효과만 유의미하였는데($F(1,17)=3.418, p<.10$), 4회기를 제외한 대부분의 회기에서 가상환경 집단이 컴퓨터 훈련집단에 비해서 평균 베타파의 양이 많았다.



<그림 4> 각 회기당 바이오피드백 훈련 집단의 베타파 평균비율

논 의

본 연구의 목적은 주의력 증진을 위한 훈련 프로그램의 대안적인 방법으로서 가상환경기법의 적용가능성을 확인하고 가상환경 속에서 적용할 수 있는 바이오피드백 훈련의 효과를 검증하고자 하였다.

가상환경 훈련집단이 다른 두 집단(비가상환경집단과 통제집단)에 비해 프로그램 실시 후 CPT의 정반응수는 증가한 반면에 반응오류(누

락오류)와 지각민감도는 더 유의미하게 줄어들었는데, 이런 결과는 HMD를 착용하지 않고 동일한 프로그램을 실시한 비가상환경집단과 비교해 볼 때 가상환경을 경험한 것이 주의력 증진에 보다 효과적이고 자극을 민감하게 변별할 수 있는 자극환경을 마련해주며 몰입감을 제공해준다는 점을 시사한다.

바이오피드백 훈련집단이 다른 집단에 비해 바퀴쓰기 능력이 향상되고 산만하고 충동적인 행동이 다소 저하되었다. 하지만 지능검사에서 빠진곳찾기와 산수문제 소검사에서는 집단간 차이가 없었다.

본 연구에 참여한 피검자는 모두 남성으로서 여성집단에서의 가상환경 및 바이오피드백 훈련의 효과를 검증해 성별의 효과를 비교하는 것도 필요할 것으로 생각된다. 또한 연구결과에서와 같이 실험후반으로 갈수록 피험자들의 참여동기와 수행능력이 저하된 것을 보면 프로그램의 효과를 보다 지속적으로 확인하는 것이 필요해 보인다. 바이오피드백 훈련을 통해 주의력을 유의미하게 향상시키려면 매회 50분간 매주 2-3회씩 40회기를 제안하고 있으며(Cartozzo et al., 1995), 적어도 10회기 전후에 처음으로 유의미한 변화가 일어난다고 하였다. 따라서 본 연구의 효과가 비록 단기간의 훈련으로 효과가 나타났으나 그 효과의 지속성을 확인하기 위해서는 장기간 적어도 40회기 이상의 프로그램 실시에 따른 피험자간 특성과 프로그램의 적정 회기를 파악하는 것이 필요해 보인다.

현재 베타파의 추출에 있어 다양한 부착부위에 대한 논의가 활발히 이루어지고 있으며 전극의 부착 개수를 넓히는 것도 앞으로 고려해야 할 문제이다. 또한 비록 본 연구의 목표 파형은 베타파였으나, 주의력과 관련된 알파파 증가, SMR 증가, 세타파 감소 등의 다른 파형에 대한 비교와 검증이 필요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

Cartozzo, H.A. et al.(1995). EEG Biofeedback and the Remediation of ADHD symptomatology: A controlled treatment

outcome study. Presented at the Annual Conference of the Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback, Cincinnati, Ohio, March.

Linden, M.(1991). Event related potentials of subgroups of attention deficit disorder children and implications for EEG biofeedback. *California Biofeedback*, 7, 7-12.

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), 1-23

Posner, M.I., & Rafal, R.D.(1987). Cognitive theories of attention and the rehabilitation of attentional deficits. In M.J. Meier, A.L. Benton, & L. Diller (Eds.), *Neuropsychological Rehabilitation*. New York : Guilford.

Rizzo, A. et al.(2000). The virtual classroom : A virtual reality environment for the assessment and rehabilitation of attention deficits. *CyberPsychology and Behavior*, 3(3), 483-500.

Shouse, M.N., & Lubar, J.F. (1979). Operant conditioning of EEG rhythms and Ritalin in the treatment of hyperkinesis. *Biofeedback and Self Regulation*, 4(4), 301-312

Sterman, M.B. (1980). Biofeedback in the treatment of epilepsy: an overview circa 1980. In L. White and B. Tursky (Eds.), *Clinical Biofeedback: Efficacy and Mechanisms*. New York : The 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