

뇌파 유도 및 모니터링 인터페이스 시스템 개발 및 효과성

이강희, 민윤기, 이방형, 민병찬*
한국정신과학연구소, *한국표준과학연구원
kanghee@krijus.re.kr

Development and Effectiveness of Interface System for Inducing and Monitoring Brain-wave Activity

Kanghee Lee, Yoon-Ki Min, Banghyung Lee, Byung-Chan Min*
Korea Research Institute of Jungshin Science
*Korea Research Institute of Standards and Science

요약

본 연구는 이러한 뇌파 바이오피드백 원리를 적용하여 뇌파를 유도하고 유도된 상태에 대한 피드백을 제공함으로써 사용자 스스로 자신의 뇌파 상태를 조절하도록 하는 장치로 개발된 Q-jump 시스템의 효과성을 밝히고자 하였다. 연구 방법에 있어서 뇌파 측정 장비와 Q-jump를 동시에 측정함으로써 Q-jump 시스템의 타당성을 검증하였으며, 또한 뇌파유도 프로그램을 사용하여 그 효과성을 입증하려 했다. 그 결과 Q-jump 시스템과 뇌파 측정장비에서 얻어진 결과가 유의한 상관관계를 가짐을 보였다. 상대적 출현량에 있어서 뇌파 유도프로그램을 사용했을 때, 전두엽 부분에서 slow alpha는 유의한 증가를, fast beta는 유의한 감소를 나타냈다. 후속 연구에 있어서는 통제집단을 이용한 보다 면밀한 검증 연구가 필요하다.

keyword: interface, EEG, biofeedback, meditation

서론

손가락 끝의 skin temperature, EMG, 및 기타 다른 바이오피드백 장치는 인간의 자기-규제(self-regulation)를 위한 강력한 도구가 될 수 있음이 많은 연구들을 통해 입증되었다[1]. 그러나 여전히 과학자와 일반인 모두에게 관

심을 받고 있는 한가지 바이오 피드백 유형은 EEG이다. 한편으로는 자신의 통제를 통해서 손을 더 따뜻하게 혹은 차게 만들 수 있는가를 아는 것이 큰 관심사이긴 하지만, 다른 한편으로는 실제로 뇌를 변화시키고 그 변화과정을 관찰할 수 있도록 하는 것 또한 지대한 관심거리이다.

EEG를 이용한 피드백과 사람이 자신의 뇌

파를 스스로 통제하고 조절할 수 있는가는 뇌파연구에 있어서의 지속적인 관심사였다. 1970년대 뉴욕대학교 학생들을 대상으로 한 EEG 바이오피드백 실험에서 alpha파가 발생할 때 기계에 '클릭(click)-클릭-클릭' 하는 음이 발생하도록 하였을 때, 피험자들은 자신들이 스스로 alpha파를 발생시킬 수 있는 법을 학습하게 되었다는 것을 알았다[4].

다른 연구에서는 피험자가 $20\mu V$ 이상의 알파파 대역의 뇌파 활동을 보일 때, 음을 제시함으로써 뇌파에 있어서 조작적 조건형성이 가능하다는 결과를 보였으며[5], 또 다른 연구에서는 알파파 활동에 대해 파란색 불빛으로 보상을 줌으로써 학습이 가능했고, 피험자들이 이 때에 이완된 상태를 느꼈다고 보고하였다[2]. 또한 Cott, Pavloski, 그리고 Black(1980)은 피험자들이 피드백을 받는 동안에 특수한 전략을 통해 알파파에 대한 조절 능력을 갖게 되고, 이러한 학습을 통해 후에 피드백이 없더라도 알파파를 조절할 수 있게 되었다고 보고했다[3].

본 연구는 이러한 뇌파 바이오피드백 원리를 적용하여 뇌파를 유도하고 유도된 상태에 대한 피드백을 제공함으로써 사용자 스스로 자신의 뇌파 상태를 조절하도록 하는 장치로 개발된 Q-jump 시스템의 효과성을 밝히고자 하였다. 특히 이 장치는 드라이 센서를 부착시킨 헤드밴드 유형의 뇌파 검출이 타당함을 알아보기 위하여 정교한 뇌파 측정 시스템과의 동시 측정을 통해 분석치를 비교하고 시스템의 적합성을 검증하였다.

실험 방법

피험자

실험에 참여한 피험자는 두부외상이나 정신 질환의 병력이 없다고 보고한 건강한 오른손잡이인 여자 대학생 6명(평균 연령 19.8세)이었으며 실험 전날과 당일에 흡연 및 커피 알코올 복용을 하지 않도록 하였다. 이들은 실험 이전에 일주일간 하루 30분 쯤 Q-jump 알파파 모니터와 명상 프로그램을 사용하여 이들 프로그램에 대한 적응기간을 가졌다.

실험장비 및 실험절차

실험은 한국정신과학연구소의 뇌파실험실에서 실시되었다. 실험실은 3.5m x 1.8m의 장방형으로 비교적 소음이 발생하지 않는 방이다. 피험자는 전극을 부착한 후 실험실 중앙의 안락의자에 앉아 전방 1.2m 앞의 19'모니터를 주시하도록 요구받았다. 피험자의 우측에는 커튼이 쳐져 있고 그 뒤에 실험자와 뇌파측정장치가 설치되었다.

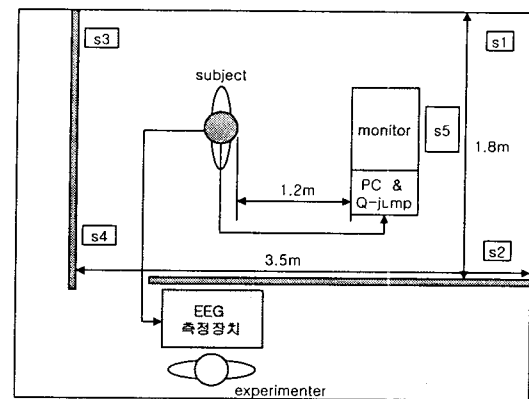


그림 1. 실험실 환경

뇌파 측정 장치로는 'Neurodata Acquisition System' Model 15와 Q-jump가 사용되었으며, 이 시스템과 Q-jump가 동시 측정을 위해 사용되었다. Q-jump는 그림 2에서 보는 바와 같이 뇌파를 측정하기 위한 헤드밴드와 뇌파 신호를 증폭하기 위한 본체, 그리고 PC와의 연결을 통한 인터페이스로 구성되어 있다. 본 연구에서는 이들 프로그램 중 뇌파 유도를 위한 프로그램만을 사용하였다(프로그램은 뇌파 측정 및 분석, 뇌파 유도, 그리고 뇌파 게임 등의 프로그램으로 구성되어 있다). 이들 프로그램은 영상 및 음으로 구현된 알파파 모니터와 명상 프로그램 명명되었으며, 모니터를 통해 제시하고 제시하는 동안 자동적으로 뇌파가 측정되고 분석되며, 사용자의 뇌파 상태를 실시간으로 보여주고 피드백을 제공해 주기 위한 측정 및 분석 시스템이 포함되어 있다.

뇌파 자료 입력 및 분석 프로그램으로는 PolyVIEW Pro. version 2.0과 Q-jump의 뇌파 측정 및 분석 프로그램을 이용하였다.

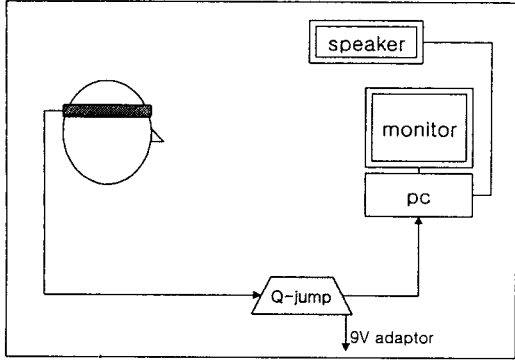


그림 2 . Q-Jump 시스템 구성

본 실험에서 뇌파는 동 측의 귀 볼(A1, A2)을 기준전극으로 하여 Fp1, Fp2, F3, F4, T1, T2, O1, O2 지점에서 단극유도법으로 측정하였다.

피험자는 실험실에서 전극과 Q-jump의 센서가 부착된 헤드 밴드를 동시에 착용한 후, 실험에 관련한 주의사항과 Q-jump의 사용법에 대한 설명을 듣고 안정을 취하도록 요구받았다. 시각적인 자극이 주어지므로 실험이 진행되는 동안 눈을 뜨고 있었다. 안정상태의 뇌파를 5분간 측정한 후, 알파파 모니터와 명상 프로그램을 5분씩 실시하였다. 이때 뇌파는 Grass와 Q-jump를 통해 동시에 측정되었다. Q-jump 프로그램은 Pentium III급 PC를 통해 구현되었다. 순서의 효과를 고려하여 한 피험자에게는 알파파 모니터-명상 프로그램의 순서로, 다른 피험자에게는 명상 프로그램-알파파 모니터의 순서로 실험이 진행되었다.

실험자극

한국정신과학연구소(재)에서 개발한 Q-jump의 명상 프로그램과 알파파 모니터를 실험자극으로 사용하였다. 명상프로그램(그림 3)은 명상을 유도하는 나레이션과 이 나레이션의 내용에 맞는 시각 영상으로 구성되어 있다. 기존의 명상 유도 기법에 뇌파의 바이오피드백 기능을 첨가하여 명상을 유도하도록 프로그램되어 있다. 알파파 모니터(그림 4)는 초기에 평화로운 자연의 풍경을 흑백 배경 화면으로 제시되며, 헤드밴드를 착용하고 사용자가 화면을 보는 동안 발생하는 알파파의 비율에 따라 배

경화면이 컬러로 바뀌어 사용자로 하여금 자신의 안정상태를 모니터 할 수 있도록 하였다. 알파파 모니터는 청각자극(위상 변조된 비트 음과 자연 소리)과 함께 사용함으로써 인해서 알파파를 쉽게 유도 할 수 있도록 한 것이 특징이다.

분석 방법

안정상태 동안의 뇌파와 명상 및 알파파 모니터 프로그램 수행 동안의 뇌파의 반응이 Grass 장비와 Q-jump를 통해 동시에 측정되었고, 측정된 자료는 FFT(Fast Fourier Transform)분석을 하고, 주파수 대역별 power spectrum을 구한 후 각 주파수 대역이 차지하는 상대적 출현량(relative power)을 구하였다. 특히 본 연구와 관련된 주파수 대역은 slow alpha(8.00 ~ 9.99 Hz)와 fast beta(20.00 ~ 30.00 Hz)이기 때문에, 분석은 이러한 두 가지 주파수 대역만을 실시되었다.

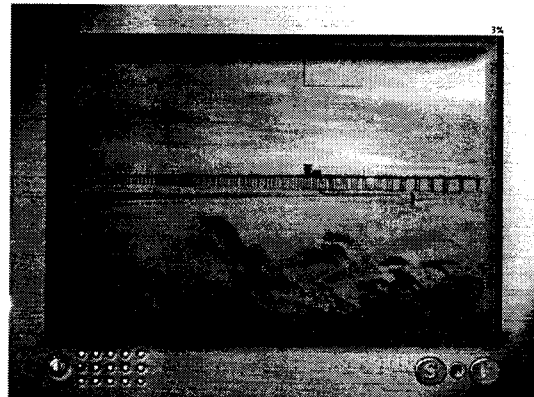


그림 3 . 알파파 모니터

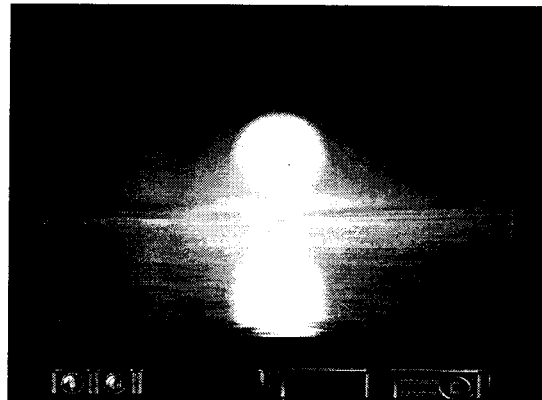


그림 4 . 명상 프로그램

각 조건에서의 상대적 출현량에 대해 paired t-test를 실시하여 결과간의 차이를 검증하였다.

결과

Q-jump 뇌파 측정 및 분석은 전두엽 이마 부위로부터 신호를 추출하는 헤드밴드를 사용하여 이루어지기 때문에 분석은 단지 Fp1과 Fp2 부위에 대해서만 이루어졌다. 또한 본 연구에서 사용된 알파파 모니터와 명상 프로그램은 이완을 위한 프로그램으로 사용자에게

이완과 안정 상태를 적절히 피드백 시키는 기능을 가지고 있기 때문에, 실제로 이 장비가 그러한 기능을 하는지를 검토하기 위해서 slow alpha와 fast beta파에 대한 분석에 초점을 맞추었다. 각 프로그램을 수행하는 동안 추출된 뇌파에 대해 상대적 출현량을 계산하였고, 이를 안정기 때의 값과 비교하였다. 또한 Q-jump의 자체 분석 프로그램에서 계산된 이들 뇌파의 분석값과 Grass 장비를 통해 측정, 분석된 뇌파의 분석값의 상관관계를 분석하여 Q-jump 바이오피드백 장치의 적합성을 검증하였다.

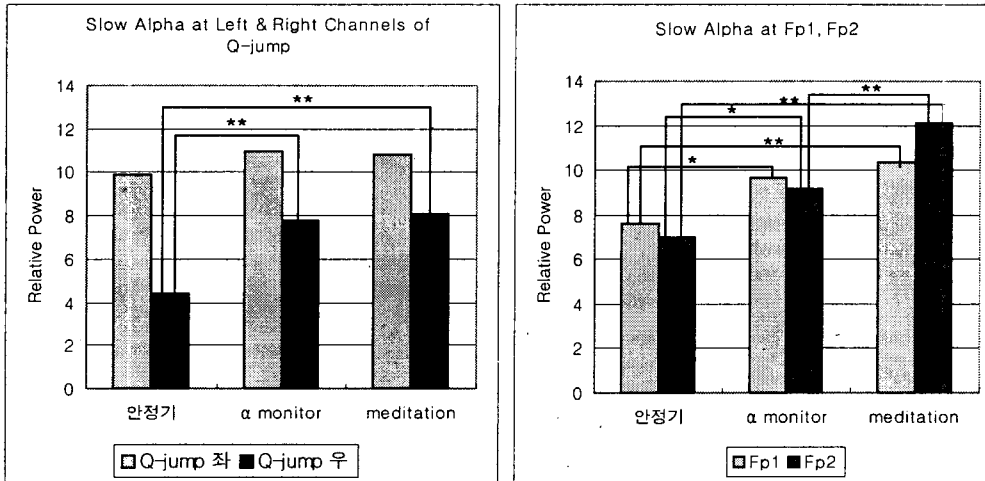


그림 5 . Fp1과 Fp2 부위에서 Slow Alpha파의 상대적 출현량
(우측 : Grass분석 시스템, 좌측 : Q-Jump 분석시스템)

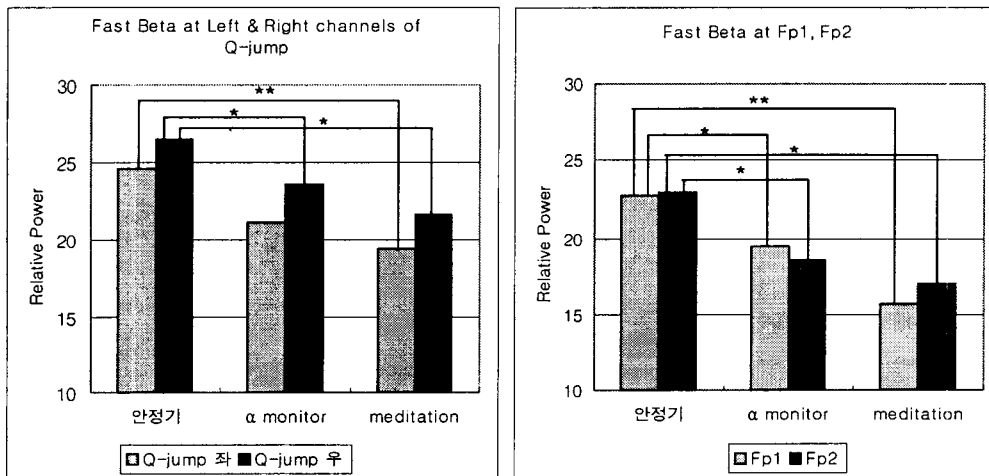


그림 6 . Fp1과 Fp2 부위에서 Fast Beta파의 상대적 출현량
(우측 : Grass분석 시스템, 좌측 : Q-Jump 분석시스템)

그림 5는 Q-jump와 Grass 뇌파 장비에서 분석된 프로그램 수행에 따른 Fp1과 Fp2 부위에서의 slow alpha파의 상대적 출현량을 보여준다. Grass 분석 시스템으로 분석된 slow alpha의 상대적 출현량을 보면, Fp1과 Fp2 두 부위 모두에서 안정기 때와 비교해서 프로그램 수행에 따라 유의하게 더 증가하였다. 특히 알파파 모니터와 명상 프로그램을 비교해 보면, 알파파 모니터보다는 명상 프로그램에서 slow alpha파가 더 증가하였다. 그러나 Q-jump 자체 분석 시스템에서는 Fp2(우측 채널-우측 전두엽)에서만 유의하게 증가하고 있는 것으로 나타났다($p < .01$).

그림 6은 Q-jump 프로그램별 fast beta파의 상대적 출현량을 보여준다. 전반적으로 fast beta파는 Q-jump와 Grass 분석 모두에서 안정기 때보다 프로그램을 수행하는 동안 감소하는 것으로 나타났다. 비록 알파파 모니터와 명상간에 유의한 차이는 나타나지는 않았지만, 명상 프로그램이 알파파 모니터 프로그램 수행보다 다소 fast beta파의 감소를 더 유도해 주고 있는 것으로 보인다.

Q-jump 분석 자료에 대한 적합성을 위해, Q-jump 분석 자료와 Grass 분석 시스템 자료들에 대해 Spearman rho 상관계수를 분석한 결과 .916($p < .001$)으로 나타났다. 따라서 Q-jump 분석 자료는 충분히 신뢰롭다고 할 수 있다.

논의

본 연구 결과에 기초하여 볼 때, Q-jump 시스템은 뇌파 유도 장치로서 어느 정도 타당한 것으로 볼 수 있다. 특히 그 측정 및 분석도 Grass 측정치와 비교했을 때 상관성이 높아, 최소한 전두엽(이마) 부위에서의 뇌파 측정과 관련하여서는 비교적 안정된 뇌파 측정 시스템으로 보여진다. 따라서 Q-jump 시스템에서 사용하는 것과 같이 헤드밴드 유형의 뇌파 측정 장치만을 사용하더라도 바이오피드백의 기능을 포함하는 간편한 뇌파 유도 시스템이 충

분히 일반인들에게 상용화될 수 있을 것으로 사료된다.

프로그램의 효율성과 관련하여 본 연구의 결과에 비추어 볼 때, 안정 상태에 비해 알파파 모니터와 명상프로그램에서 slow alpha의 상대적 출현량이 유의하게 증가하고, fast beta의 상대적 출현량은 유의하게 감소하는 것으로 보아, alpha파의 증가에 대해 이완을 보고했던 연구[2]에 비추어 볼 때, 이들 프로그램이 사용자로 하여금 안정을 유도하기에 적합하다고 볼 수 있다. 스트레스 속에서 생활하는 현대인에게 절대적으로 필요한 이완, 안정을 뇌파를 조절함으로써 효과적으로 유도하는 장점을 가진다고 할 수 있다. 또한 전문가가 아니더라도 쉽고 편리하게 뇌파를 접하고 자신의 상태 등을 파악하기에 유용한 도구로 보여진다.

이에 비해 단순하게 구성된 프로그램이 사용자로 하여금 지속적인 사용에 대한 요구를 만족시키기에는 미흡하여 이 점에 있어서의 보완 개발이 이루어져야 할 것이다. Q-jump의 헤드밴드 구성상 전두엽에서 밖에 측정할 수 없는 단점을 보완할 필요가 있다. 본 연구에 있어서 통제 집단을 구성하지 않음으로 인해 뇌파 유도 프로그램을 사용하지 않은 시간에 따른 뇌파의 변화를 볼 수 없었던 것이 단점이라 하겠다.

따라서 후속 연구 및 개발에 있어서는 뇌파 유도 프로그램을 보다 응용한 사용자의 흥미를 유지시킬 수 있는 제품의 개발이 필요하며, 통제 집단을 보다 면밀한 검증이 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- [1]Andreassi, J. L. (2000). Psychophysiology : Human Behavior & Physiological Response, 4th ed., Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey.
- [2] Brown, B.(1970) Recognition of aspects consciousness through association with

- EEG alpha activity represented by a light signal. *Psychophysiology*, 6, 442-452.
- [3] Cott, A., Pavloski, R. P., & Black, A. H. (1980). Operant conditioning and discrimination of alpha: Some methodological limitations inherent in response-discrimination experiments. *Journal of Experimental Psychology: General*, 110, 398-414.
- [4] Hutchison, M. (1994) Mega brain power : transform your life with mind machines and brain nutrients. 1st ed., Hyperion, New York.
- [5] Nowlis, D. P., & Kamiya, J.(1970). The control of the electroencephalographic alpha rhythm through auditory feedback and the associated mental activity. *Psychophysiology*, 6, 476-484.