

뇌파를 이용한 암산작업시의 집중도 평가

*윤용현, *고한우, 김동윤**, 한화영***

*한국표준과학연구원, **연세대학교, ***충남대학교

Evaluation of Concentration using Electroencephalogram during Arithmetic Task

Yong Hyeon Yun*, Han Wo Ko*, Dong Youn Kim**, Hwa Young Han***
*Korea Research Institute of Standards and Science, **Yonsei Univ., ***Chungnam National Univ.

Abstract

인간의 집중도 변화를 평가하기 위하여 피험자에게 암산과제를 부가하고 뇌파신호를 전두엽(Fp1, Fp2)으로부터 측정하였다. alpha band의 최대 peak 주파수 변화를 compressed spectral array를 사용하여 관찰하고 theta(3.5-7 Hz), alpha(7.5-13.0 Hz), beta(13.5-20 Hz) band 전력을 정규화하여 분포를 구했다. 평가결과, 집중도가 높아짐에 따라 alpha band의 최대 peak 주파수는 낮은 주파수대에서 높은 주파수대로 이동하고, slow alpha band의 전력은 감소, fast alpha band의 전력은 증가하였다. 또한 뇌파신호의 각 band 전력의 분포는 theta band는 증가, alpha band는 감소하였다.

Keywords: 집중도, 뇌파, compressed spectral array

1. 서론

인간은 하루일과 중 대부분을 생활공간(주거공간, 사무공간)에서 보내고 있다. 현대사회는 과학기술의 발달과 사회복지 수준의 향상으로, 사람들은 생활공간의 기능적 향상보다는 질적 향상을 요구하고 있다. 이러한 요구에 부응하기 위해서 생활공간의 쾌적함과 안락감 등의 감성적 요소들을 증대시켜야 한다.

쾌적한 업무공간이란 작업자가 해당업무를 수행하는 동안 스트레스와 피로가 적게 유발됨과 동시에 그 업무에 집중하기 용이한 상태로 만들어 주는 환경을 의미한다. 근래에 들어 정보통신기기의 눈부신 발전과 각 가정까지 확산된 정보통신망으로 인간의 업무공간은 사무공

간에 국한되지 않고 주거공간으로도 확장되고 있다. 따라서, 쾌적한 업무공간을 창출하기 위해서는 사무공간과 주거공간에서의 피로와 스트레스는 물론 집중도를 평가할 수 있는 기술이 필요하다.

이와 유사한 분야의 연구로는 주의의 과정을 뇌파를 이용하여 밝히는 연구가 여러 학자들에 의해 진행되고 있으며 일반적으로 연속적인 performance 시험과 vigilance task를 이용하고 있다[1]-[3].

본 논문에서는 집중도를 평가하기 위하여 피험자에게 암산과제를 부여하고 과제수행시 집중도 변화에 따른 뇌파와 주관평가의 상관관계를 분석하였다.

2. 평가 실험

2.1. 평가용 task

평가용 task는 100에서 3씩 감소해나가는 암산과제를 선택하였다. 100에서 3씩 감소한 결과가 3보다 작을 때는 100을 더한 수로부터 다시 반복하도록 하였다.

뇌파를 이용한 집중도 평가시 가장 문제가 되는 잡음 중의 하나로 눈깜박임 신호의 유입을 들 수 있다. 암산과제는 눈을 감고 수행할 수 있으므로 잡음의 영향을 근본적으로 제거할 수 있어 선택되었다.

일정량의 암산과제 수행시 개인의 연산능력 차이로 인하여 발생하는 정신작업부하의 양도 다르게 된다. 본 실험에서는 정신작업부하의 발생을 최소화하고 발생한 정신작업부하의 개인 차이를 줄이기 위하여 피험자에게 암산과제를 충분히 설명하고 개인의 능력에 맞게 가능한 신속하고 정확한 연산을 요구하여 과제수행량이 자율적으로 정해지도록 하였다.

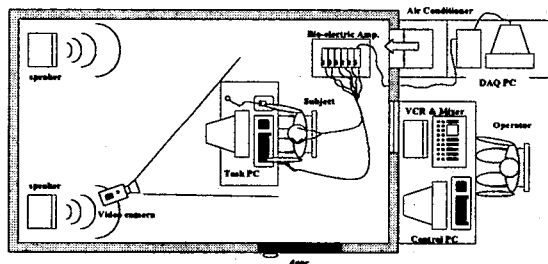


그림 1. 집중도 평가시스템 구성도

2.2. 실험방법 및 data 분석

암산과제 수행시 집중도를 평가하기 위하여 4명의 건강한 20대 피험자와 5명의 10대 피험자에게 실험을 실시하였다. 실험 환경은 한국표준과학원 인간공학그룹 생리신호측정실험실 내에 설치된 chamber(전자파 차폐, 암소음 30 dB 이하, 2,930W×2,570H×4,830D)에서 실시하였고 실험 당시 온·습도 조건은 25 °C, 50% RH로 하였으며, 모든 외부 자극으로부터 피험자를 독립시켰다. 그림 1에 평가시스템 구성도를 나타

냈다.

피험자가 실험실에 도착하면 전극 부착과 동시에 실험절차와 암산과제에 대한 설명을 충분히 실시하고 연습과정을 통하여 실험에 대한 두려움을 없애도록 하였다. 전체 실험절차는 표 1과 같다.

생리지표를 얻기 위하여 뇌파신호를 국제 10-20 시스템에 따라 전두엽(Fp1, Fp2)에 전극을 붙이고 Biopac사의 MP-100 (16bit A/D converter)을 사용하여 초당 256 sample을 획득하였다.

심리지표는 자체 개발한 집중도 평가용 질문지를 사용하여 안정시와 작업수행 후에 평가를 실시하여 획득하였다. 평가용 질문지는 “매우 그렇지 않다” ~ “매우 그렇다”의 심리척도를 0 ~ 100 사이의 크기로 표현하는 ME법으로 구성되었다.

뇌파신호의 alpha-band(7.5-13.0 Hz) peak 주파수 이동을 관찰하기 위하여 compressed spectral array(CSA)를 구하고, alpha, beta, theta 밴드의 전력 분포변화를 관찰하기 위하여 각 밴드 전력의 크기를 축으로 하여 분포를 나타냈다.

표 1. 실험 절차

시간 [min]	10	3	3
실험 절차	전극 부착 및 연습	Rest	Task
		안정	암산

CSA는 단위시간내의 전력스펙트럼을 시간 축을 수직 축으로 하여 순서대로 쌓아 올려 나타내는 방법으로 시간에 따른 주파수 변화 경향을 나타내는데 유용하다[4]. 그러나 전력스펙트럼을 구한 후 그대로 CSA를 구성하게 되면 암산과제 수행시의 평균전력이 안정시의 평균 전력보다 매우 크게 나타나는 피험자의 경우 peak 주파수 이동의 관찰이 힘들게 된다. 따라서 본 논문에서는 뇌파신호의 전력스펙트럼을 512 point FFT를 이용하여 구한 후 식 (1)과

같이 각 주파수 성분의 계수를 delta-band의 전력스펙트럼을 제외한 나머지 theta, alpha, beta band의 전력스펙트럼의 합으로 나누어 정규화된 계수를 사용하여 CSA를 구하였다.

$$nP_i = \log\left(\frac{P_i}{\sum P_i}\right) \quad (1)$$

nP_i : 정규화된 파워스펙트럼 계수
 P_i : 파워스펙트럼 계수

또한 alpha-band의 주파수 성분 변화를 좀 더 자세히 관찰하기 위하여 slow(7.5-9.0 Hz), mid(9.5-11.0 Hz), fast(11.5-13.0 Hz) alpha로 세분하여 식 (1)을 사용한 전력스펙트럼을 구하고 slow, mid, fast alpha의 전력스펙트럼의 크기를 3축으로 하는 공간에 투영시켰다.

theta, alpha, beta band의 전력스펙트럼도 같은 방법으로 정규화된 전력스펙트럼을 구하여 각 밴드의 전력스펙트럼을 축으로 하는 공간에 투영시켜 각 밴드의 전력스펙트럼 분포의 변화를 관찰 할 수 있도록 하였다.

2.3. 실험결과 및 고찰

그림 2는 암산과제 수행후 실시한 주관평가의 결과이다. 집중에 관한 평가항목의 평균점수는 몰입된다와 집중된다가 각각 63.6 ± 16.2 와 76.2 ± 10.3 으로 암산과제를 수행함으로써 집중이 발생함을 알 수 있다. 또한 과제 수행으로 인한 정신작업부하의 발생에 관한 평가항목인 부담스럽다, 하기 싫다, 어렵다의 평균치는 각각 35.0 ± 25.3 , 26.2 ± 23.9 , 16.0 ± 8.9 로 상대적으로 적게 나타났다. 이는 암산과제 수행량을 일률적으로 정하지 않고 개인의 능력에 맞게 요구함으로써 정신작업부하의 영향이 적게 나타났기 때문이라고 생각된다.

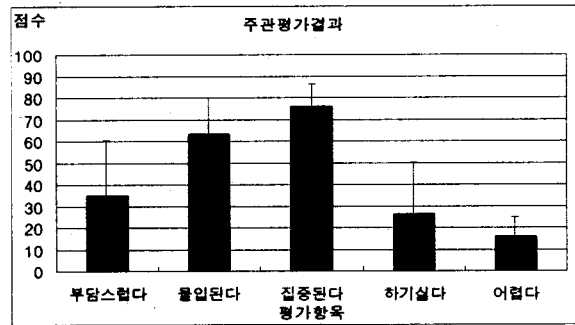


그림 2. 주관평가결과

그림 3은 피험자 1의 안정시(-)와 암산과제 수행시(-+-)의 전력스펙트럼을 구한 결과이다. 과제를 수행하며 집중이 높아짐에 따라 alpha band의 peak가 높은 주파수대로 이동함을 알 수 있다. 또한 theta band의 평균 power값도 증가했다.

alpha band의 peak 주파수의 변화를 좀 더 자세히 관찰하기 위하여, 그림 4와 같이 CSA를 구하였다. 안정시 alpha-band의 peak주파수는 mid alpha파 대역에서 나타나며 그 폭은 slow alpha파 대역으로 점차로 넓어졌다. 그러나 과제수행시 집중이 높아짐에 따라 peak 주파수는 fast alpha 대역으로 이동하고 그 폭도 좁아졌다.

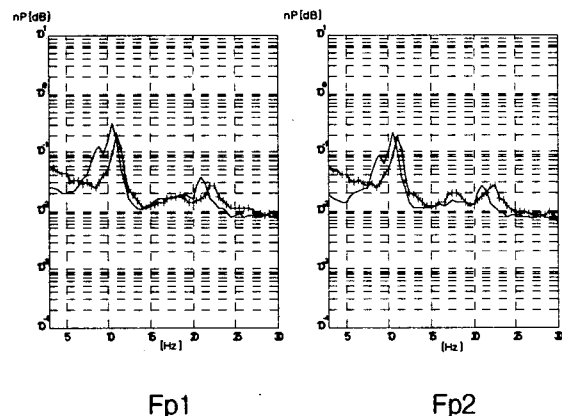


그림 3. 암산과제 수행시의 전력스펙트럼변화

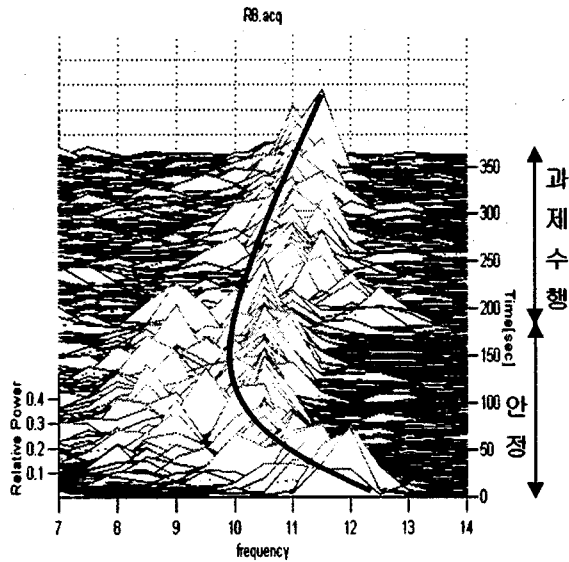


그림 4. 피험자 1의 좌뇌(Fp1)에서의 CSA

따라서 안정은 slow alpha와 mid alpha파와 관련이 크며 집중은 fast alpha와 상관이 높다고 생각된다.

그림 5는 안정시(·)와 과제수행시(+)의 뇌파의 전력스펙트럼을 구하여 식 (1)을 적용한 후 theta, alpha, beta 전력을 축으로 하는 3차원 공간과 slow, mid, fast alpha 전력을 축으로 하는 3차원 공간에 투영시킨 결과이다. 안정시에 비하여 집중시 theta파의 전력스펙트럼은 증가하고 alpha파의 전력스펙트럼은 감소하였다. 또한 fast alpha의 증가와 slow alpha와 mid alpha의 감소를 시각적으로 알 수 있다. 그러나 좌뇌와 우뇌의 차이를 명확하게 나타내지는 못하였다.

3. 결 론

집중시 전두엽(Fp1, Fp2)에서 측정된 뇌파에서 theta파 성분의 증가와 alpha파의 peak 주파수가 안정시보다 높은쪽으로 이동함이 관찰되었다. 또한 alpha파 대역을 CSA를 통하여 분석하여 보면 안정시에는 slow와 mid alpha가 주를 이루며 집중시에는 fast alpha가 주성분을 이룸을 알 수 있었다.

추후, 퍼지이론과 신호 검출 및 추정이론을

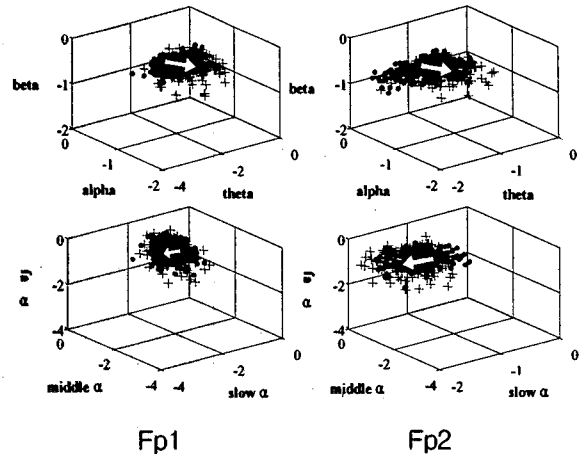


그림 5. 뇌파의 각 band 전력스펙트럼의 분포(피험자 1)

적용하여 집중시와 안정시를 구별하는 판별식을 구하고 나아가 집중의 고저 평가를 수행할 예정이다.

본 논문에서는 눈깜박임 신호의 제거를 위하여 눈을 감고 task를 수행하였다. 그러나 업무공간에서 수행되는 작업의 형태는 눈을 뜬 상태에서 이루어진다. 따라서 폐안시에 실시한 결과를 그대로 적용하기는 어려움이 있지만, 개안시보다 잠음의 유입이 적은 상태이므로 업무공간의 집중도를 평가하는데 활용한다면 더욱 좋은 결과를 얻을 수 있으리라 사료된다.

참고문헌

- [1] Tecce, J. C.(1972), "Contingent negative variation(CNV) and psychological processes in man", Psychological Bulletin, 77, 73-108.
- [2] Born, J.(1986), "Vasopressin and electrophysiological signs of attention in man". Peptides, 7:(2) 189-193.
- [3] Darbokova(1992), "Cognitive and affective relations in perception of auditory stimuli in the presence of music." Psychomusicology, 11:(2) 141-151.
- [4] Michael R. Isley(1998) , Electromyography, Electroencephalography, Medical Electronics, October, 27-33