



저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#) 

工學碩士 學位論文

시각 자극 과제에 의한 집중도의 뇌파분석



2014年 2月

釜慶大學校 大學院

電氣工學科

李 瑟 怡

工學碩士 學位論文

시각자극 과제에 의한 집중도의 뇌파분석

EEG analysis of concentrativeness
due to visual stimulus task

指導教授 張 允 碩

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함

2014 年 2 月

釜慶大學校 大學院

電 氣 工 學 科

李 瑟 怡

李瑟怡의 工學碩士 學位論文을
認准 함

2014年 2月



主 審	工學博士	金 榮 學	Ⓜ
委 員	工學博士	張 允 碩	Ⓜ
委 員	工學博士	朴 昶 炫	Ⓜ

목 차

제 1 장 : 서론	1
제 2 장 : 뇌파	
2.1 뇌파의 특성	3
2.2 뇌파 분석 방법	
2.2.1 10-20 국제 전극 배치법	5
2.2.2 파워 스펙트럼(Power Spectrum)법	7
2.2.3 SMR파, Mid-Beta파 및 주의 집중도	9
제 3 장 : 뇌파 계측 및 분석	
3.1 실험 방법	13
3.1.1 기초 실험 방법	14
3.1.2 응용 실험 방법	18
3.2 실험 결과	
3.2.1 기초 실험 결과	21
3.2.2 응용 실험 결과	27
제 4 장 : 결론	39
참 고 문 헌	41

그림 목차

그림 1 10-20 국제 전극 배치법	6
그림 2 과제를 수행하는 피험자	15
그림 3 제시된 시각자료	15
그림 4 부착된 전극의 위치	16
그림 5 제시된 자극 1세트의 구성 알고리즘	16
그림 6 데이터 분석방법	17
그림 7 과제 수행에 제시된 시각 자극	19
그림 8 부착된 전극의 위치	20
그림 9 데이터 분석 방법	20
그림 10 피험자별 그림, 글자 자극에 대한 절대파워값 비교	21
그림 11 총 피험자의 그림, 글자 자극 집중지표의 평균값 비교	25
그림 12 채널별 Low-Beta, Mid-Beta 절대파워값 비교	28
그림 13 전두부 측두부 부위별 Low-Beta, Mid-Beta 절대파워값	32
그림 14 채널별 Low-Beta, Mid-Beta 절대 평균파워값	35
그림 15 평균파워 이상의 도출 빈도가 높은 채널	38

표 목차

표 1 주파수 별로 나타낸 집중도 상관도율	26
표 2 피험자별 총 평균보다 파워 값이 높은 채널번호 선별	37
표 3 평균파워 이상 값이 도출된 빈도가 높은 채널의 결과값	38



EEG analysis of concentrativeness due to visual stimulus task

LEE SEULLEE

Department of Electrical Engineering, Graduate School
Pukyong National University

Abstract

Recently, the issues related in poor concentration are emerging because of the environment which has become the over-development of the left brain. It raises many problems like a serious ailment ADHD as well as a learning disabilities.

In this study, we aim to find the relationship between EEG and concentrativeness by measuring the brain waves from the subjects who are focusing on performing the visual stimulus tasks in short term. Among the brain waves, we targeted mainly the beta-wave which primarily occurs in concentrating and analyzed Low-Beta(12~15Hz) and Mid-Beta(15~20Hz) especially. Therefore the experimental results are represented by visual stimulus tasks and location of electrodes respectively.

Key words : EEG, Brain wave, Concentrativeness, Beta Frequency

1. 서 론

스마트한 21세기는 20세기에 비해 좌뇌가 발달할 수밖에 없는 환경적인 요소를 갖고 있다. 컴퓨터와 TV 등의 반복적이고 일방적인 자극은 아이의 사고가 고정되고 창의력 성장을 방해한다. 또한, 스마트폰 보급이 활발해지면서 이동 중에도 좌뇌를 발달시키는 환경이 돼 버렸다.

이로 인하여 우측 전두엽의 기능은 저하되고 좌우 뇌의 교류가 부족해지면서 우뇌는 담당하는 새로운 것에 대한 도전의식 보다는 반복적인 일(게임 혹은 TV시청)에만 집중하게 되며 이를 저지할 때는 집중력이 약해지고, 종래는 과잉행동을 나타내는 경우도 있으며 초기 증상으로는 어지럼증, 알레르기성 질환, 학습부진 등이 나타나고 심화될 경우에는 ADHD와 틱장애와 같은 질환으로 이어질 수 있다. 각종 데이터로 확인되듯 ADHD(주의력 결핍 과잉행동장애)의 증가율이 이를 뒷받침한다. 건강보험심사평가원이 최근 5년간 20세 이하의 소아·청소년을 대상으로 ADHD에 대해 분석한 결과 진료인원이 4만 8000명(2007)에서 5만7000명(2011)으로 18.4%나 증가했다[1].

이처럼 좌뇌의 과도한 발달의 대표적인 증상 중 하나인 집중력 부족은 단순히 학습부진의 문제만을 유발하는 것이 아니라 주의가 산만하고 부주의하며, 충동적이고, 지나치게 활동적이며, 정서가 불안정하고, 낮은 자존감을 형성하게 된다. 이와 같은 문제가 심각해지면 학습하는 것, 일을 지속하는 것, 시작한 일을 끝마치는 것, 사회적 관계형성 및 대인관계에도 영향을 미치게 된다[2]. 따라서 학습 활동에서의 집중력과 두뇌 기능에 대한 검증이 요구되고 있으며, 현재까지 가장 적합한 방법은 뇌파 측정이라고 볼 수 있다[3].

본 연구는 주변에서 쉽게 접할 수 있는 숨은 그림 찾기와 숨은 글자 찾기를 시각 자극으로 제시하고, 피험자가 집중을 하여 숨은 그림, 글자를 찾는 과제를 수행하도록 하였다. 그때 발생하는 뇌파(EEG)를 계측하고, 계측한 자발뇌

파를 파워 스펙트럼으로 분석하여 Theta, SMR(Sensory Motor Rhythm)파 및 Mid-Beta파의 절대파워와 인간의 집중도와의 관계를 살펴본다.



2. 뇌 파

2.1 뇌파의 특성

뇌는 신경세포 상호간에 세포 내 이온의 흐름을 통해 발화한 후 시냅스를 통해 서로 정보를 전달하면서 기능을 발휘한다. 이 때 전기적 현상이 발생하게 되는데, 뇌파(EEG)는 뇌의 이러한 전기적인 활동을 머리 표면에 부착한 전극을 이용하여 측정한 전기신호이다[4].

1875년 영국의 생리학자 R.케이튼이 처음으로 토끼, 원숭이의 대뇌피질에서 나온 미약한 전기활동을 검류계로 기록한 것이 뇌파의 최초 보고이나 사람의 뇌파를 최초로 검출한 사람은 Hans Berger이다. 머리에 외상을 입은 환자의 두개골 결손부의 피하에 2개의 백금전극을 삽입하여 기록하였고, 두피에 전극을 얹기만 하여도 기록될 수 있다는 것을 관찰하였다. 이것을 심전도(ECG)나 근전도(EMG)와 같이 뇌전도(EEG)라고 명명하였다[5].

뇌파는 매우 복잡한 패턴으로 진동하는 파형형태로 보이기 때문에 뇌파 파형 그대로를 시각적으로 관찰하는 것은 유용하지 않다. 일반적으로 뇌파를 관찰할 때는 주파수에 따라 분류하는 파워 스펙트럼 분석법을 이용하는데, 파워 스펙트럼 분석법은 뇌파가 특정 주파수로 진동하는 단순 진동들의 선형적 결합이라고 가정하고, 이 신호에서 각각의 주파수 성분을 분해하여 그 크기 또는 파워를 표시하는 것이다.

뇌파는 여러 가지 주파수대가 섞여 있는 파로 보고, 각 주파수 대역을 분리해서 분석한다.

일반적으로 뇌파는 진동하는 주파수의 범위에 따라 인위적으로 δ 파(0.2 ~ 3.99Hz), θ 파(4 ~ 7.99Hz), α 파(8 ~ 12.99Hz), β 파(13 ~ 29.99Hz), γ 파(30 ~ 50Hz)로 구분하여 분류한다[5][6].

δ (0.2 ~ 3.99Hz)파는 주로 정상인의 깊은 수면 시나 신생아의 경우 두드러

지게 나타난다. 눈 움직임이나 몸 움직임에 의해 발생하는 잡음(artifact)의 주파수 영역은 δ 파 주파수 영역과 거의 일치한다. 보통 장시간 뇌파 측정실험을 할 경우 필연적으로 잡음이 발생하므로 보통 δ 파의 파워 증감은 분석요소로 고려하지 않는다.

θ (4 ~ 7.99Hz)파는 정서안정 또는 수면으로 이어지는 과정에서 주로 나타난다. 기억력, 초능력, 창의력, 집중력, 불안해소 등 많은 다양한 상태와 관련되어 있다고 보고되고 있으나, 아직은 표준화된 결과들이 다소 부족한 상태이다.

α (8 ~ 12.99Hz)파는 긴장이완과 같은 편안한 상태에서 주로 나타난다. 안정되고 편안한 상태 일수록 진폭이 증가한다. 특히 안정된 α 파가 나타나는 때는 눈을 감고 진정한 상태에 있을 때이며, 눈을 뜨고 물체를 주시하거나 정신적으로 흥분하게 되면 α 파는 억제된다. 이 현상을 ' α 저지'라고 하며, α 파는 뇌의 발달과 밀접한 관계가 있고 유아기에는 4 ~ 6Hz에서 측정되나, 그 후 나이가 들수록 주파수도 증가하여 20세 정도 성인의 값에 이르게 된다.

β (13 ~ 29.99Hz)파는 주로 전두부에서 많이 나타나며, 깨어 있을 때, 말할 때와 같이 모든 의식적인 활동을 할 때 나타난다. 특히, 불안한 상태나 긴장 시, 복잡한 계산 처리 시에 우세하게 나타나기도 한다.

γ (30 ~ 50Hz)파는 정서적으로 더욱 초조한 상태이거나 추리, 판단 등의 고도의 인지정보처리와 관련이 깊다고 보고되고 있다[7].

2.2 뇌파 분석 방법

2.2.1 10-20 국제 전극 배치법

본 연구에서는 뇌파(EEG)를 측정하기 위해 전극을 부착하는 방법으로, 국제적으로 가장 많이 쓰이는 10-20 국제 전극 배치법을 사용하였다[8].

피험자의 뇌파는 총 21개의 전극을 통하여 측정되며 좌우 귀에 기준 전극을 부착한다.

영문자는 각각 전두부(Frontal), 중심부(Central), 두정부(Parietal), 측두부(Temporal), 후두부(Occipital)을 의미하며, Fp는 전두극(Frontal pole)를 의미한다.

머리를 위와 옆면에서 본 것으로서 각 전극 간 비율이 두정부 (Cz)에서 앞으로는 비근부(nasion), 뒤로는 후두극(inion), 옆으로는 양쪽 귓바퀴의 윗부분 까지를 각각 50으로 했을 때 20, 20, 10%의 비율로 전후, 좌우가 대칭적으로 등 간격이 되게 전극을 배치한다. 숫자 사용법은 공통적으로 좌측이 홀수, 우측이 짝수이며, 정중앙부는 z문자(zero)를 사용한다.

그림 1은 기본적인 10-20 국제전극배치법에서 전극을 배치하는 전체적인 구성을 나타낸 것이다.

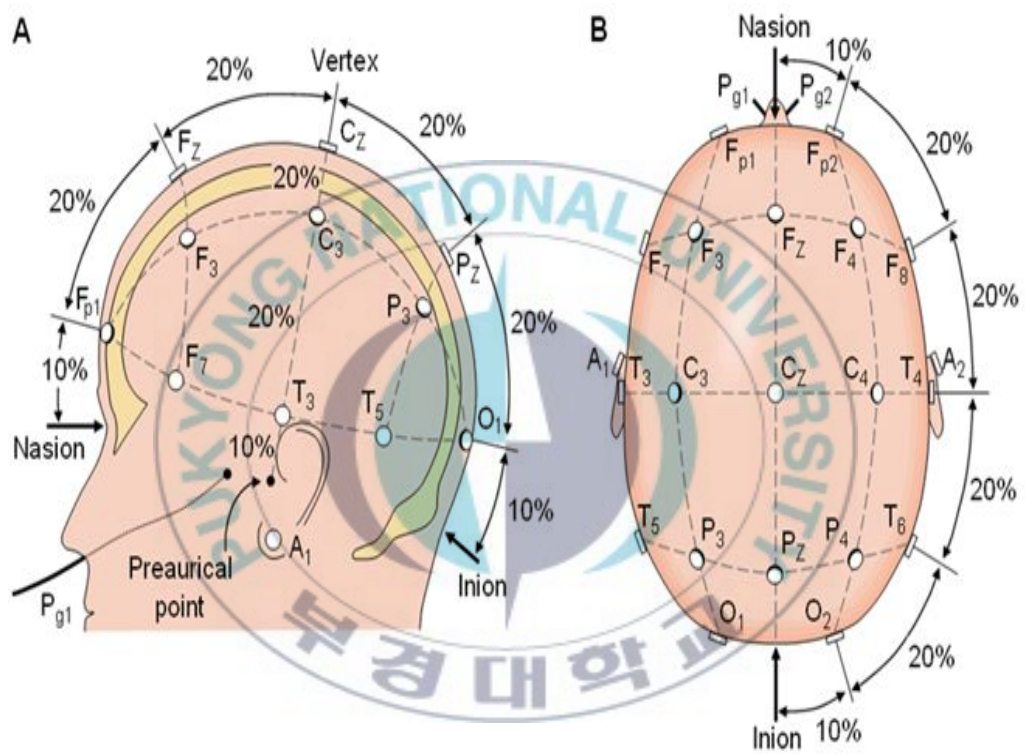


그림 1 10-20 국제 전극 배치법

2.2.2 파워 스펙트럼(Power Spectrum)법

이 분석법은 시간에 따라 변화하는 시계열신호를 주파수영역으로 변환하여 주파수 변화에 따른 신호의 양상을 판단할 때 사용된다. 이 분석법을 이용하면 데이터에 주파수 성분들을 분류해 낼 수 있으며 분류된 주파수 성분들의 밀도와 분포를 한눈에 볼 수 있다.

일반적으로 데이터는 시간에 따라 변화하는 시계열 데이터이다. 이러한 시간 영역 데이터는 시간에 따라 데이터가 변화하는 양상을 관찰하기는 편리하나 데이터에서 중요한 정보를 찾아내어 분석하고자 하는 관점에서는 시간영역에서 분석하는 것만으로는 충분하지 않은 경우가 대부분이다. 시계열 데이터를 주파수 영역으로 변환하여 보면 신호의 주파수 성분을 파악할 수 있으며 다른 여러 분석을 하는데 정보를 제공할 수 있다. 이때 시간영역의 데이터를 주파수 영역으로 옮기는 과정이 바로 FFT(Fast Fourier Transform; 푸리에 변환) 라는 수학적 처리과정이다.

파워 스펙트럼은 생체신호를 포함하여 화상신호, 음성신호, 통신신호등의 많은 분야에서 널리 사용되고 있는 분석법이다. 이 분석법은 응용범위 만큼이나 다양한 이름으로 불리는데 Power Spectral Density(PSD), Periodogram, Spectrum Normalization 등이 모두 파워 스펙트럼의 용어들이다. 우리는 이를 파워 스펙트럼(Power Spectrum)이라고 통일하여 사용한다. 파워 스펙트럼은 표현 방식에 따라 one-side 파워 스펙트럼과 two-side 파워 스펙트럼으로 나누어 진다. one-side 파워 스펙트럼은 0과 양의 주파수 영역에 대해서만 그려지고, two-side 파워 스펙트럼은 음, 0, 양의 모든 주파수 영역을 그려준 결과를 보여준다. 이 중에서 일반적으로 데이터 분석에 사용되는 one-side 파워 스펙트럼에 대해 설명하겠다. 파워 스펙트럼은 푸리에 변환을 이용하여 구해지고 이산적인 디지털신호를 위한 이산 푸리에 변환(Discrete

Fourier Transform; DFT)은 아래 식(1)와 같이 정의된다.

$$H(f_n) = \sum_{k=0}^{N-1} h_k e^{-j2\pi kn/N} = H_n \quad (1)$$

이 식을 푸리에 역변환(Inverse Fast Fourier Transform; IFFT)에 의해 다음 식(2)와 같이 정리할 수 있다.

$$h_k = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} H_n e^{-2\pi kn/N} \quad (2)$$

위 식(2)의 양변에 절대값을 취하고 제곱한 후 $\sum_{k=0}^{N-1}$ 을 취해 모두 합하면 식 (3)이 유도되고 아래의 식(3)을 보면 원 신호의 제곱의 합과 푸리에변환을 거친 신호의 제곱의 합과 같다.

$$Total\ Power \equiv \sum_{k=0}^{N-1} |h_k|^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} |H_n|^2 \quad (3)$$

이때 원 신호제곱의 합 또는 푸리에변환의 합은 총 파워값(Total Power)이라고 한다. 즉, 신호의 총 파워값은 시간공간이나 주파수공간에서 모두 같음을 의미하여 이를 Parseval 정리라고 하며 이 정리를 만족하는 one-side 파워 스펙트럼은 식(4)와 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} P(f_0) &= P(0) = \frac{1}{N^2} |H_0|^2 \\ P(f_n) &= \frac{1}{N^2} [|H_n|^2 + |H_{N-n}|^2], n = 1, 2, \dots, (\frac{N}{2} - 1) \\ P(f_{n/2}) &= p(f_c) = \frac{1}{N^2} |H_{N/2}|^2 \end{aligned} \quad (4)$$

2.2.3 SMR파, Mid-Beta파 및 주의 집중도

SMR파는 Sterman and Wywricka(1967)에 의해 발견된 영역으로 대뇌 피질 중 감각 피질과 운동 피질에서 발견되는 리듬이라는 의미를 가지며 12~15Hz 의 주파수 대역의 뇌파를 나타내고 Low-Beta 라고도 쓰인다[9]. SMR파는 귀 아래에서 두뇌 위 중심까지의 대뇌 영역에 지배적으로 발생되며, 감각운동피질에서만 나타나는 각성이나 운동에 이르는 준비상태로 주의 집중이 시작되는 내면의식이 외부에 나타나는 파형이다[10]. 이는 전두부에서 잘 나타나고 고도의 주의집중상태에서 발생하며 SMR파를 증가시키는 뇌파 훈련을 통해 정신적, 신체적 면역 기능이 크게 향상하는 것으로 보고 된 바 있다 [11][12].

(1) Absolute Low-Beta power spectrum (ALB) 지표

12~15Hz의 low beta 영역의 절대 파워 스펙트럼 값을 의미한다.

(2) Relative Low-Beta power spectrum (RLB) 지표

전체 주파수 영역의 절대파워에 대한 low beta 대역의 절대 파워 비를 나타내는 수식이다.

$$\frac{Low \beta (12 \sim 15Hz) power}{Total frequency (4 \sim 50Hz) power} \quad (5)$$

주의를 기울이고 침착한 상태에서 출현하는 SMR파가 일반적 집중 상태를 나타낸다면 Mid-Beta파는 15~20Hz 주파수 대역의 뇌파로, 좀 더 높은 인지 과정이나 집중이 요구되는 초집중 상태에 나타나며 계산이나 암산과 같이 한 가지 주제에 집중하면서 비교적 정신부하가 높은 사고활동을 수행할 때 우세해진다[13][14].

(3) Absolute Mid-Beta power spectrum (AMB) 지표

15~20Hz의 Mid Beta파 영역의 절대 파워 스펙트럼 값을 의미한다.

(4) Relative Mid-Beta power spectrum (RMB) 지표

전체 주파수 영역의 절대파위에 대한 Mid Beta 대역의 절대 파워 비를 나타내는 수식이다.

$$\frac{Mid\beta(15 \sim 20Hz) power}{Total frequency (4 \sim 50Hz) power} \quad (6)$$

주의 집중도는 주의 집중의 정도를 나타내는 척도로서 주의 집중을 나타내는 뇌파 주파수의 상대적 비율로 정의한다. 기존의 뇌파 측정을 통한 주의집중 연구에서는 졸음이 오는 상태를 나타내는 세타파의 활성도와 주의집중 상태를 나타내는 SMR 파와 각성 상태를 나타내는 중 베타의 활성도의 합의 비율을 주의 집중도로 사용하며 집중장애가 있을 경우 이 지표가 낮은 것으로 알려져 있다[15][16].

$$\frac{SMR(12 \sim 15Hz)_{power} + MidB(15 \sim 20Hz)_{power}}{\Theta(4 \sim 8Hz)_{power}} \quad (7)$$

집중 여부에 따른 스펙트럼의 변화를 너파 밴드의 평균으로 나누어 구한 비율을 집중과의 상관도율로 두었으며 양수이면 집중과 관련되어 있고 크기가 클수록 상관도가 높다고 알려져 있다[17]. 집중과의 상관도율 값을 각 주파수 별로 비교한다.

(5) 집중 여부에 따른 스펙트럼 변화 식

$$\frac{\Sigma(\text{집중된 실험}) - \Sigma(\text{집중하지 않은 실험})}{2} \quad (8)$$

(6) 너파 밴드의 평균 식

$$\text{집중된 실험과 집중하지 않은 실험의 총 합} \quad (9)$$

(7) 집중과의 상관도율 식

$$\frac{\text{집중 여부에 따른 스펙트럼 변화식}}{\text{너파 밴드의 평균식}} \times 100[\%] \quad (10)$$

3. 뇌파 계측 및 분석

3.1 실험 방법

본 연구는 18명의 피험자가 참여하였고, 피험자들은 기본적으로 정신적, 인지적 병력이 없는 만 15세, 16세의 건강한 여성들로 선발되었다. 뇌파를 측정하는 기계는 락싸(주)의 poly G-A를 이용하였고 프로그램으로 락싸(주)의 Telescan을 이용하였다. 뇌파(EEG)를 측정하기 위해 전극을 부착하는 방법으로, 국제적으로 가장 많이 쓰이는 10-20 전극배치법을 사용하였다.

본 연구에서는 뇌파와 집중도와의 상관성을 연구하는 것을 목적으로 하였으며 기초 실험과 응용 실험으로 나누어 실험을 진행하였다.



3.1.1 기초 실험 방법

기초 실험으로서 시각 자극에 따른 집중도의 뇌파를 비교하기 위하여 10명의 피험자에게 숨은 그림 찾기와 숨은 글자 찾기 시각 자극을 구분하여 제시하고 숨은 목표물을 찾도록 지시하였다.

부착한 전극의 위치는 그림 4와 같이 F_{P1} , F_{P2} , F_3 , F_Z , F_4 , C_3 , C_Z , C_4 로 총 8개의 전극을 이용하였으며 제시된 시각 자극마다 찾아야 할 목표물의 개수를 1개, 제시되는 시간은 20초로 설정하였다. Telescan의 자극 스케줄링 프로그램을 이용하여 알림말 10초, 시각 자극 20초, 휴식 20초의 순서로 자극 1세트의 알고리즘을 설정하고 숨은 그림과 글자 자극 각각 총 5세트로 구성하였다. 그림 5는 제시된 자극 1세트의 알고리즘을 나타내며 실험 시에는 한 피험자당 총 10세트를 수행하였다



그림 2 과제를 수행하는 피험자



그림 3 제시된 시각자료

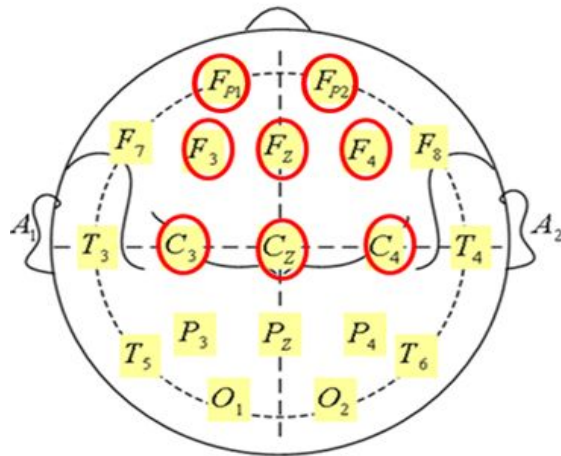


그림 4 부착된 전극의 위치
(F_{P1} , F_{P2} , F_3 , F_Z , F_4 , C_3 , C_Z , C_4 총 8개의 전극)

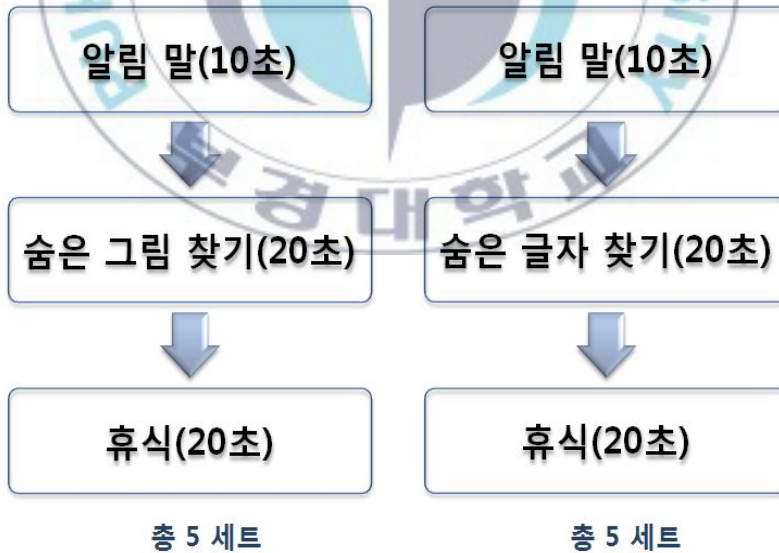


그림 5 제시된 자극 1세트의 구성 알고리즘

그림 6은 실험시에 측정된 데이터를 분석한 방법을 순서도로 나타낸 것이다. 피험자가 과제를 수행할 때 측정된 뇌파 데이터의 잡음 제거를 위해 4~50Hz의 Band pass filter 처리를 거치고 자극이 제시된 시간의 뇌파 데이터만을 따로 구분하였다. 그리고 구분된 데이터를 SMR, Mid-Beta, Theta의 주파수 영역 별로 분류하여 파워 스펙트럼 분석(Power spectrum Analysis)을 한 뒤 각각 집중 지표의 값을 구하고 결과 값을 피험자별 제시된 자극 별로 비교하였다.



그림 6 데이터 분석방법

3.1.2 응용 실험 방법

응용 실험에서는 만 15, 16세의 피험자 8명을 대상으로 내용이 난해하지 않고 읽기 편한 도서의 A4용지 1장 분량의 구절을 발췌하여 ‘주격조사, 보격조사(은, 는, 이, 가), 목적격조사(을, 를), 접속조사(과, 와), 관형격조사(의)’를 바꾸어 피험자가 내용물을 접했을 시 틀린 조사들을 찾아내는 것을 실험 과제로 하였다.

하나의 과제에서 틀린 조사는 총 10개로서, 각 피험자마다 2개의 과제를 수행하였다. 시간제한은 두지 않았고, 과제 수행이 끝날 때에 각 피험자의 정답률을 기록해두었다.

앞과 마찬가지로 측정 방법으로는 10-20 국제 전극 배치법을 이용하였으며 전극의 측정 부위는 그림 8과 같이 전두부와 측두부에 집중하여 부착하였고 F_{P1} , F_{P2} , F_7 , F_3 , F_4 , F_8 , T_3 , C_3 , C_4 , T_4 총 10개의 전극을 이용하였다.

분석 방법은 틀린 조사 찾기 과제를 수행하는 동안 측정된 데이터를 분석하여 SMR, Mid-Beta파의 평균값을 채널 별로 도출하여 각 피험자들의 과제 정답률과 비교하는 것으로 그림 9와 같다.

허리케인 찰리가 지나간 뒤에 일어난 가격폭리 논쟁은 도덕과 법에 관한 어려운 질문을 던진다. 재화와 용역을 판매하는 사람이 자연 재해(1) 이용 해, 시장이 견디기만 한다면 어떤 가격을 불러도 상관없는가? 이때 법이 조금이라도 힘을 쓸 수 있다면, 어떤 역할을 해야 하는가? 가격폭리 금지가 구매자와 판매자의 자유로운 거래를 방해할지라도 주정부는 가격폭리를 금지해야 하는가? 이러한 질문은 단지 개인이 서로를 어떻게 대해야 하는가를 묻는 것으로 끝나지 않고, 법은 어떤 역할(2) 해야 하며, 사회는 어떻게 조직되어야 하는지를 묻는다. 한마디로 정의를 묻는 질문이다. 여기에 답하려면 정의의 의미부터 따져봐야 한다. 가격폭리 논쟁을 자세히 들여다보면, 가격폭리처벌법에 찬성 또는 반대하는 주장은 세 가지 항목에 초점을 맞추고 있음을 알 수 있다. 행복 극대화, 자유 존중, 미덕 추구이다. 이 셋은 서로 다른 각도에서 정의를 바라본다. 규제 없는 시장을 옹호하는 전형적인 입장은 기본적으로 두 가지를 요구한다. 하나는 행복이고, 하나는 자유다. 우선, 시장은 공급업자들의 사기를 복돋아 사람들이 원하는 물건을 부지런히 공급하게함으로써 사회 전체의 행복을 높인다. 둘째, 시장은 개인(3) 자유를 존중한다. 재화와 용역에 고정된 가치를 부여하기보다는 그것을 교환하는 사람들 스스로 가치를 부여하게 만든다. 가격폭리처벌법에 반대하는 사람들은 당연히 자유시장을 옹호하는 두 가지 익숙한 주장을 내세운다. 그렇다면 가격폭리처벌법에 찬성하는 사람들은 어떤 반응을 보일까? 첫째, 이들은 어려운 시기에 터무니없는 가격(4) 부르는 행위는 사회 전체의 행복에 도움이 되지 않는다고 주장한다. 가격이 높으면 재화의 공급이 늘어날지언정, 거기서 나오는 이익은 그 가격을 감당하기 벅찬 사람들이 느끼는 부담감으로 상쇄되고 만다. 돈 있는 사람이라면 폭풍이 닥쳐 기름 한 통이나 모텔 방 값에 웃돈을 한참 얹어준다 한들 짜증이 나는 정도일 것이다. 하지만 서민에게는 심각한 고통이어서, 안전하게 몸을 피하느니 차라리 위험을 감수하는 사람도 있을 것이다. 가격폭리처벌법에 찬성하는 사람들은 전체의 행복을 측정할 때는 비상사태에 가격 폭등으로 생필품을 구입하지 못하는 사람들(5) 고통도 반드시 포함해야 한다고 주장한다. 둘째, 가격폭리처벌법에 찬성하는 사람들은 특정 상황에서는 자유 시장이 그다지 자유롭지 못하다고 주장한다. 허리케인으로 가족과 함께 몸을 피하는 상황에서, 기름이나 대피소에 터무니없는 값을 지불하는 행위는 자발적 교환이 아니다. 차라리 강탈에 가깝다. 따라서 가격폭리처벌법이 정당한가를 판단하려면 행복과 자유에 대한 상반된 주장을 비교해보아야 한다. 그런데 이때 고려해야 할 주장이 하나 더 있다. 가격폭리처벌법에 찬성하는 주장은 대개 행복이나 자유보다 더 본능적인 것에서 비롯된다. 사람들은 타인의 절박함(6) 이용해먹는 ‘악탈자’에게 분노하고, 횡재라는 포상을 내리기는 커녕 그들을 처벌하고 싶어 한다. 이런 정서는 공공정책이나 법에 끼어들어서는 안 되는 원초적 감정으로 무시되곤 한다. 제이커비가 썼듯이, “장사꾼을 악마로 만든다고 해서 플로리다의 복구 속도(7) 빨라지지 않는다”. 그러나 가격폭리에 대한 분노는 단순히 지각없이 성을 내는 게 아니다. 진지하게 고민할 가치가 있는 도덕적 주장의 표현이다. 분노는 자격 없는 사람이 무언가를 얻는다고 생각될 때 느끼는 특별한 종류의 화다. 다시 말해, 부당함에 대한 화다. “남의 고통을 이용해먹으려는 사람들의 탐욕이 도를 넘었다”는 말은 그러한 분노의 도덕적인 부분을 건드린 것이다. 크리스트는 재난을 당한 사람들의 심리와 가격폭리처벌법을 드러내놓고 연관시키지는 않았다. 하지만 그의 언급에는 미덕 주장이라 할 수 있는 다음과 같은 뜻이 담겼다. 탐욕은 악덕, 즉 나쁜 태도이며, 특히 타인의 고통을 망각하게 할 때는 더욱 그러하다. 이때는 개인의 악덕으로 끝나지 않고 시민의 미덕(8) 충돌한다. 사람들은 최대 이익을 실현하려 애쓰기보다는 서로를 탐색한다. 어려운 시기에 이웃을 이용해 돈을 벌려는 사람들(9) 활개치는 사회는 좋은 공동체가 못 된다. 따라서 지나친 탐욕은 좋은 사회라면 가능한 한 억제해야 하는 악덕이다.

그림 7 과제 수행에 제시된 시각 자극

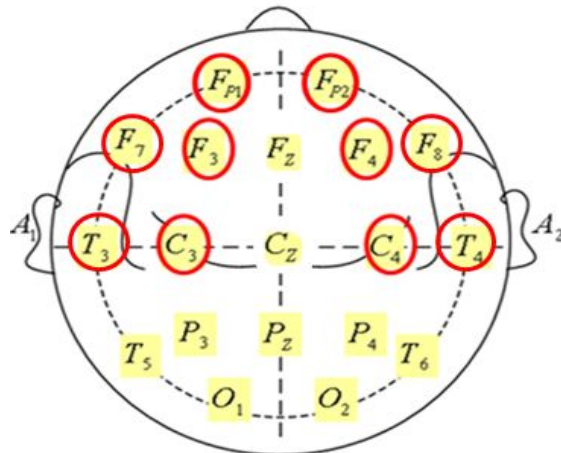


그림 8 부착된 전극의 위치
($F_{P1}, F_{P2}, F_7, F_3, F_4, F_8, T_3, C_3, C_4, T_4$ 총 10개의 채널)



그림 9 데이터 분석 방법

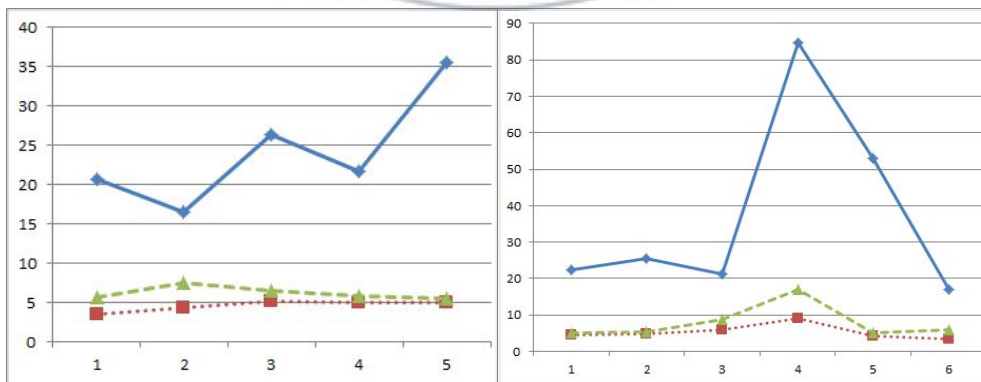
3.2 실험 결과

3.2.1 기초 실험 결과

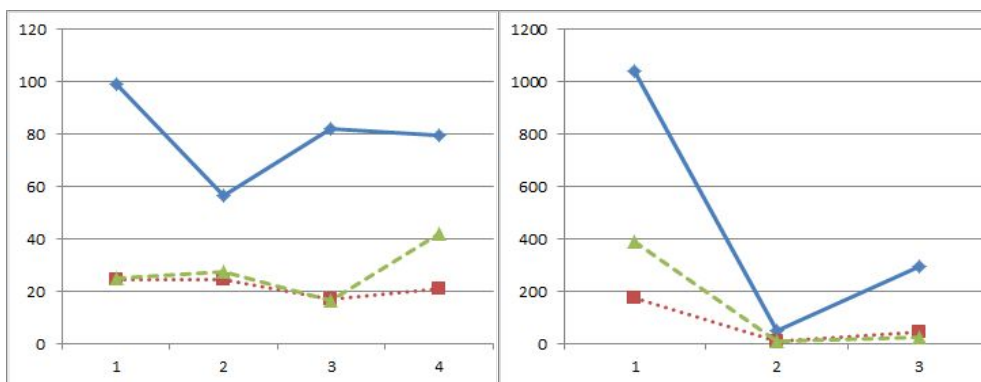
본 논문에서는 실험 중 피험자의 시각 자극 과제 수행에 대한 집중도에 관한 뇌파를 반복 측정하였다. 각 20초 단위의 과제수행 구간에서 측정된 뇌파 데이터를 구분하여 SMR파와 Mid-Beta파의 파워 스펙트럼 값을 분석대상으로 하였다.

그림 10은 숨은 그림 찾기와 숨은 글자 찾기의 과제를 구분하여 제시된 자극의 순서에 따라 각 피험자별 Theta, SMR, Mid-Beta파의 절대파워 값의 변화를 나타낸 그래프이다. 그림에 표기된 (a)~(h)는 각각 8명의 피험자 피험자(1)~피험자(8)의 결과이며 각 피험자에 대하여 왼쪽은 숨은 그림 찾기, 오른쪽은 숨은 글자 찾기 과제에 관한 결과값을 나타낸 것이다.

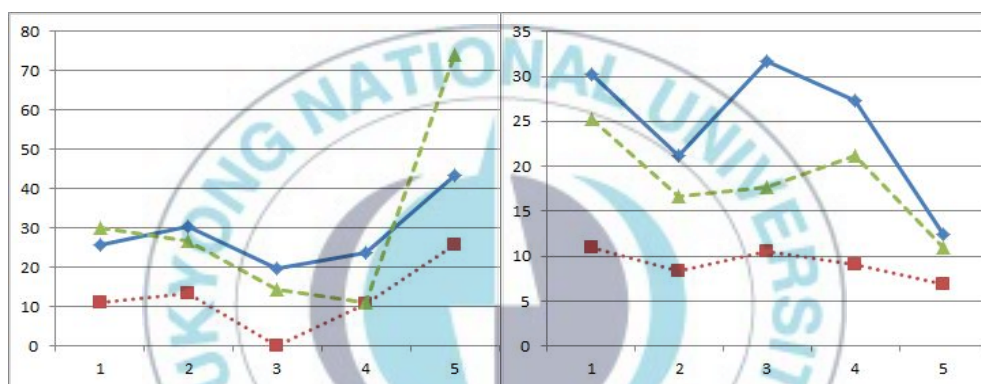
x축은 제시된 자극의 순서를 나타내며 y축은 절대파워값[dB]을 나타낸다.



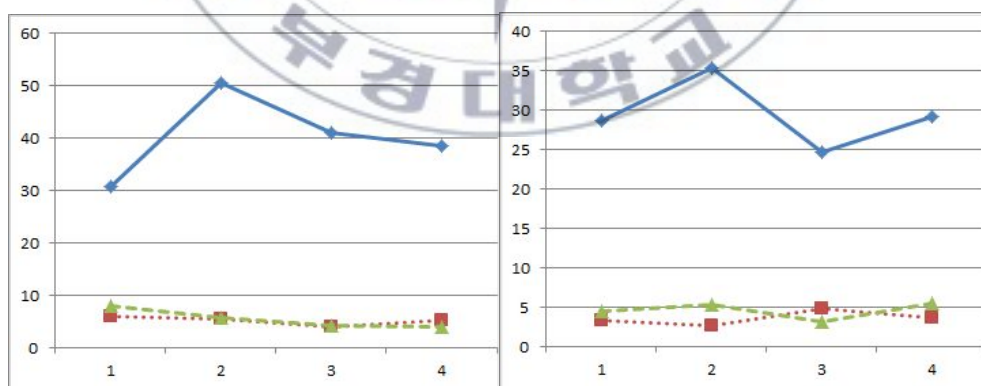
(a) person 1



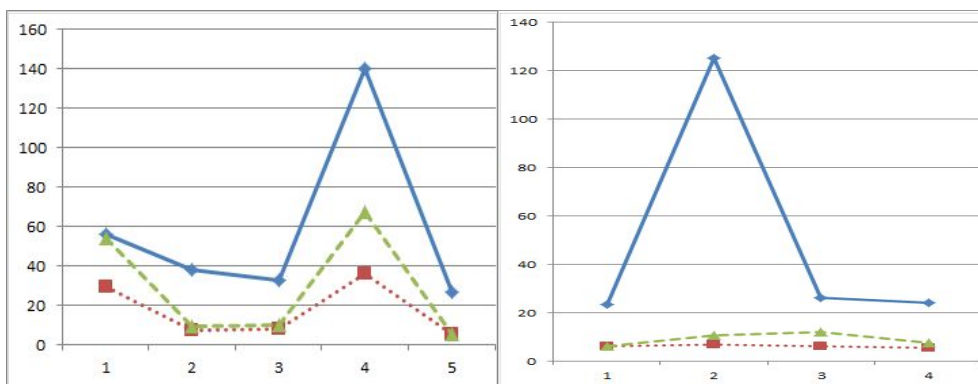
(b) person 2



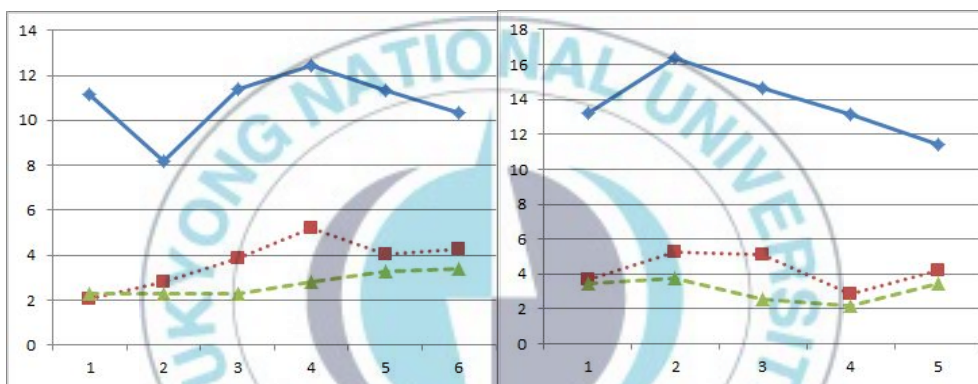
(c) person 3



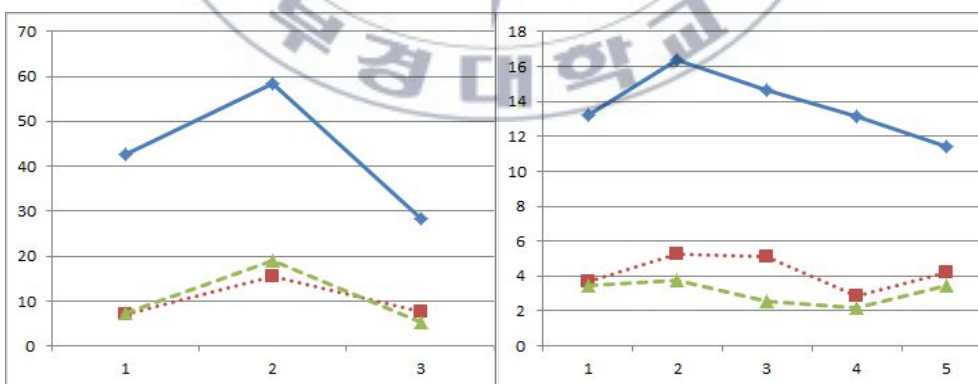
(d) person 4



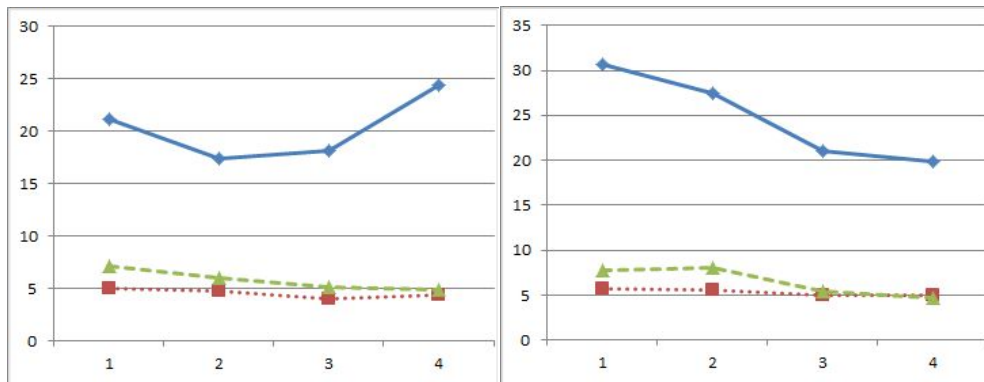
(e) person 5



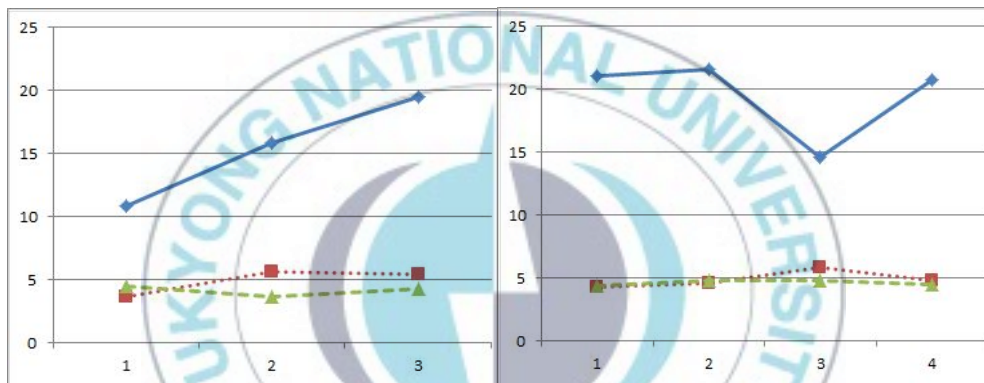
(f) person 6



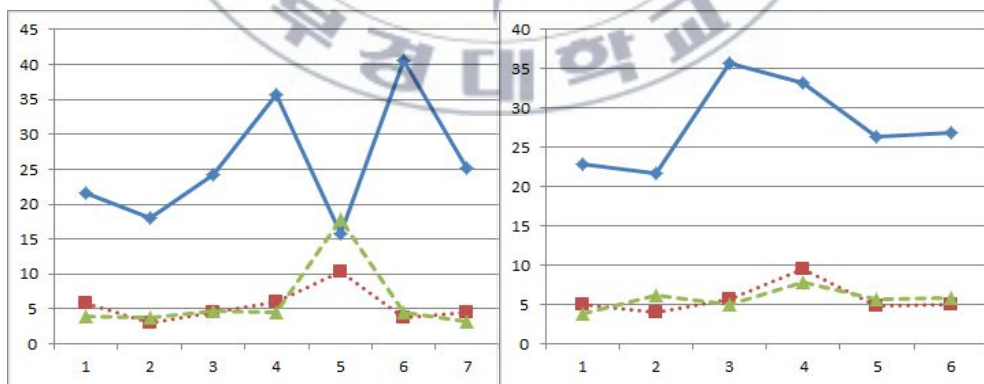
(g) person 7



(h) person 8



(i) person 9



(j) person 10

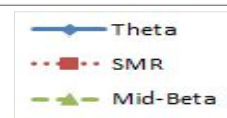


그림 10 피험자별 그림, 글자 자극에 대한 절대파워값 비교

그림 11은 집중도와 관련된 과제의 효율성을 비교하기 위해 각 피험자 별로 숨은 그림 찾기와 숨은 글자 찾기의 과제를 구분하여 집중지표의 평균값을 비교한 그래프이다.

x축은 10명의 피험자를 순서대로 나타내었고 y축은 절대파워값[dB]을 나타낸다.

그림 11에서 8명의 피험자가 글자자극보다 그림자극에서 높은 집중 지표 값을 나타내고 2명의 피험자가 그림자극, 글자자극에서 거의 같은 값의 집중 지표 값을 나타내었다.

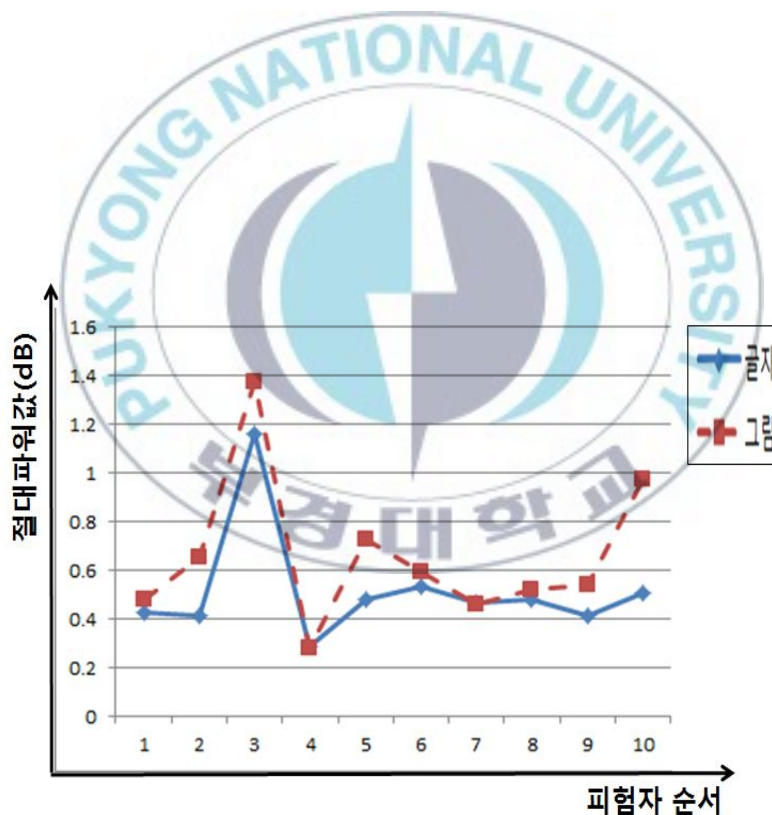


그림 11 총 피험자의 그림, 글자 자극 집중지표 평균값 비교

표1은 그림, 글자의 시각 자극에 따라 Theta, SMR, Mid-Beta 파의 주파수 별로 집중도 상관도율의 총 평균값을 나타낸 것이다. Mid-Beta 대역에서 가장 큰 값의 상관도율을 나타내는 것을 알 수 있다.

집중도 상관도율[%]			
주파수별(Hz) 자극 종류	theta (4-8)	SMR (12-15)	Mid beta (15-20)
그림	2.9	6.1	7.2
글자	7.3	7.3	7.5

표 1 주파수 별로 나타낸 집중도 상관도율

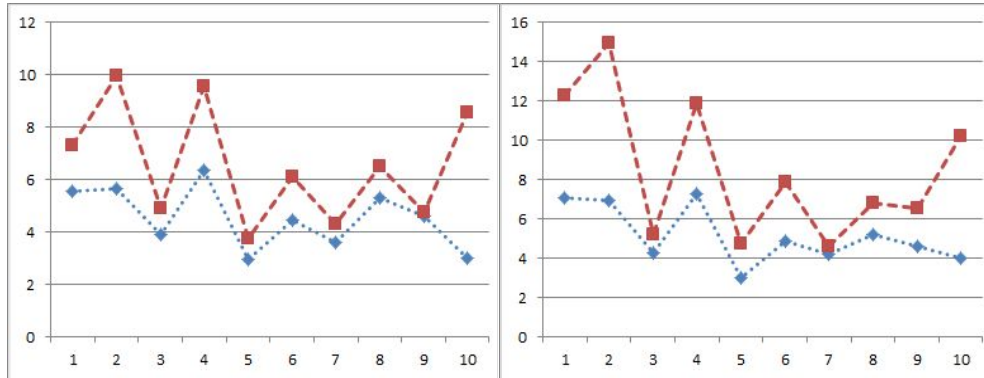
3.2.2 응용 실험 결과

그림 12는 각 피험자가 틀린 조사 찾기 과제1, 과제2를 수행하면서 10개의 채널별로 SMR파와 Mid-Beta 파의 절대 파워 값을 나타낸 그래프이다.

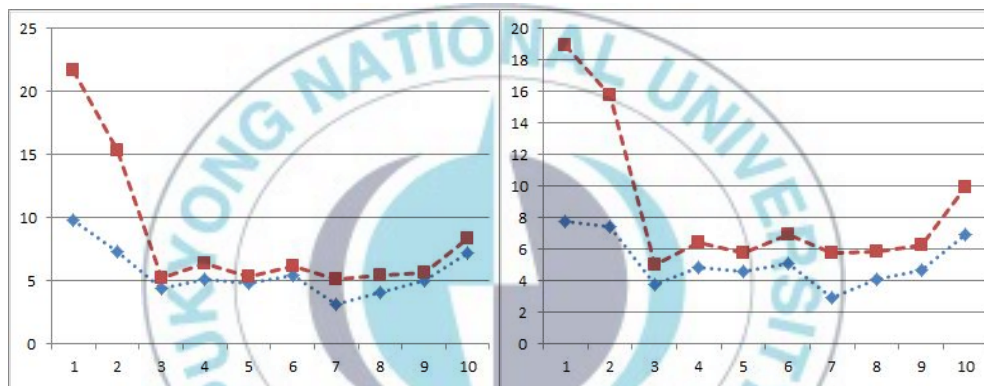
그림에 표기된 (a)~(h)는 각각 8명의 피험자 피험자(1)~피험자(8)의 결과이며 각 피험자에 대하여 왼쪽은 과제1, 오른쪽은 과제2에 대한 결과값을 나타낸 것이다.

x축은 채널의 number이고 배정된 숫자에 해당하는 채널은 1번 F_{P1} , 2번 F_{P2} , 3번 F_7 , 4번 F_3 , 5번 F_8 , 6번 F_4 , 7번 T_3 , 8번 C_3 , 9번 C_4 , 10번 T_4 이다. y축은 절대파워값 ALB(Absolute Low-Beta), AMB(Absolute Mid-Beta)[dB]를 나타낸다.

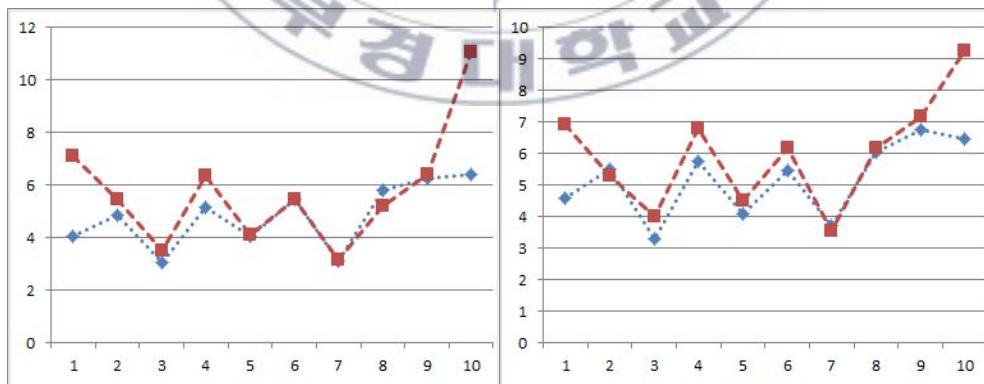
정답률이 가장 높았던 피험자2와 피험자 8의 그래프에서 전두부 채널1,2 (F_{P1} , F_{P2})와 측두부 채널 10(T_4)의 차가 다른 피험자들과는 다르게 나타나는 것을 뚜렷하게 확인할 수 있다.



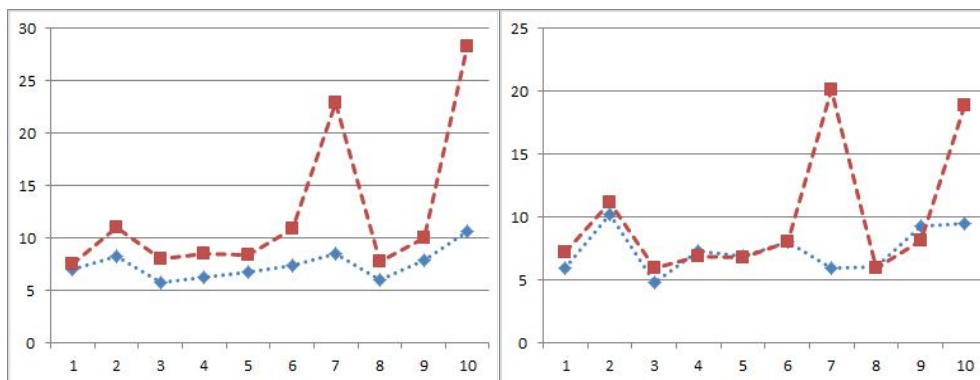
(a) person 1



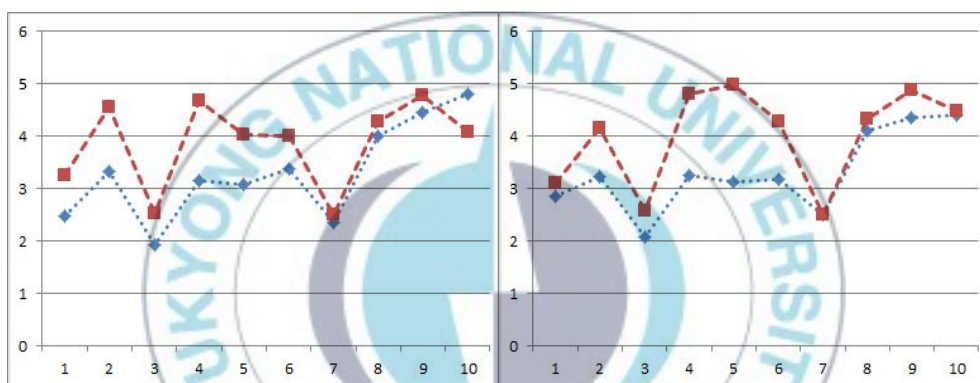
(b) person 2



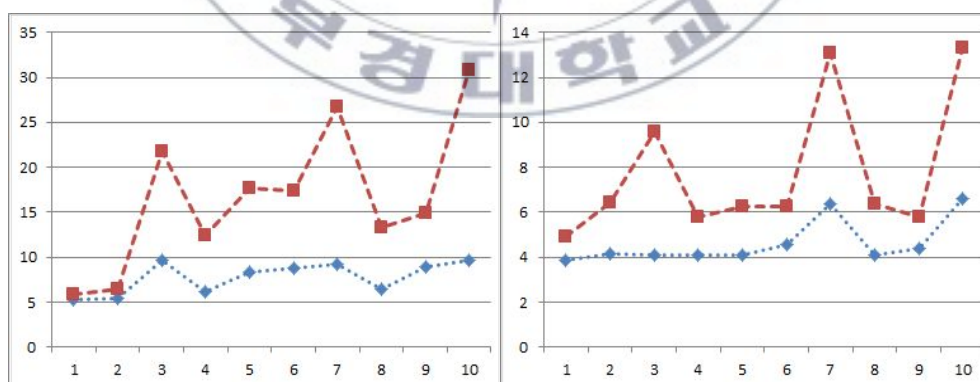
(c) person 3



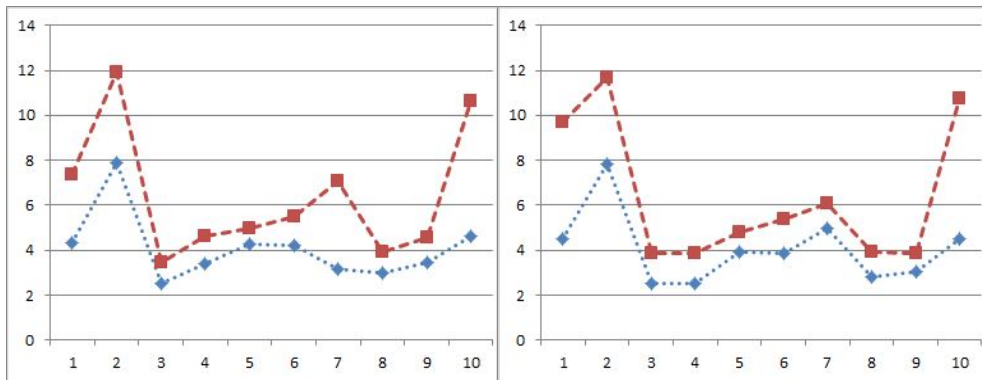
(d) person 4



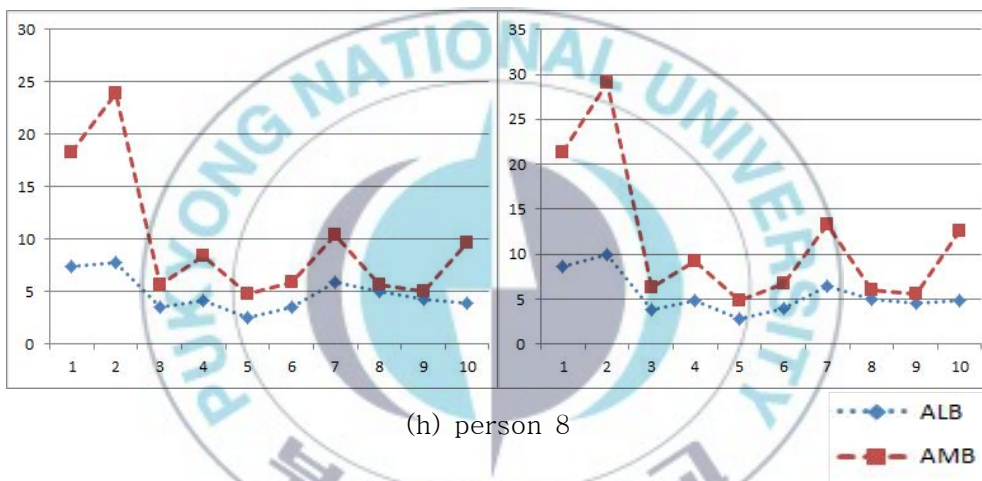
(e) person 5



(f) person 6



(g) person 7



(h) person 8

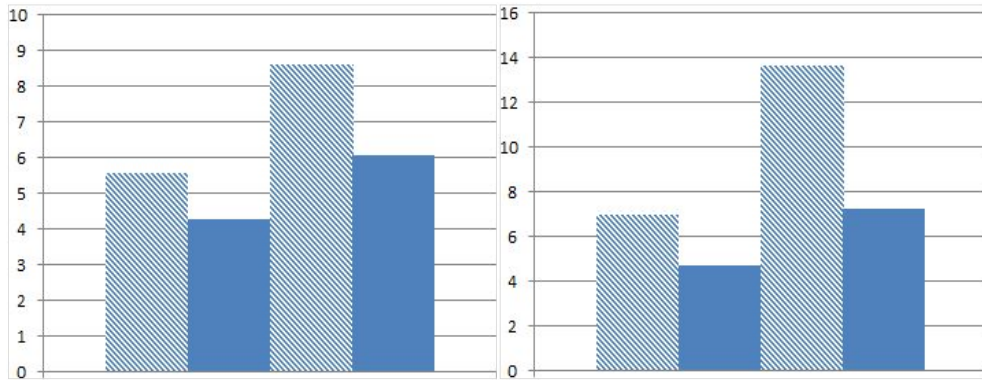
그림 12 채널별 Low-Beta, Mid-Beta 절대파워값 비교

그림 13은 각 피험자가 수행한 과제에 따라 F_{P1} , F_{P2} 채널 2개를 전두부로 묶고 나머지 F_7 , F_3 , F_8 , F_4 , T_3 , C_3 , C_4 , T_4 채널 8개를 측두부로 묶어 전두엽과 측두엽의 평균 ALB(Absolute Low-Beta), AMB(Absolute Mid-Beta)를 비교한 결과 값이다. 그림에 표기된 (a)~(h)는 각각 8명의 피험자 피험자(1)~피험자(8)의 결과이며 각 피험자에 대하여 왼쪽은 과제1, 오른쪽은 과제2에 대한 결과값을 나타낸다.

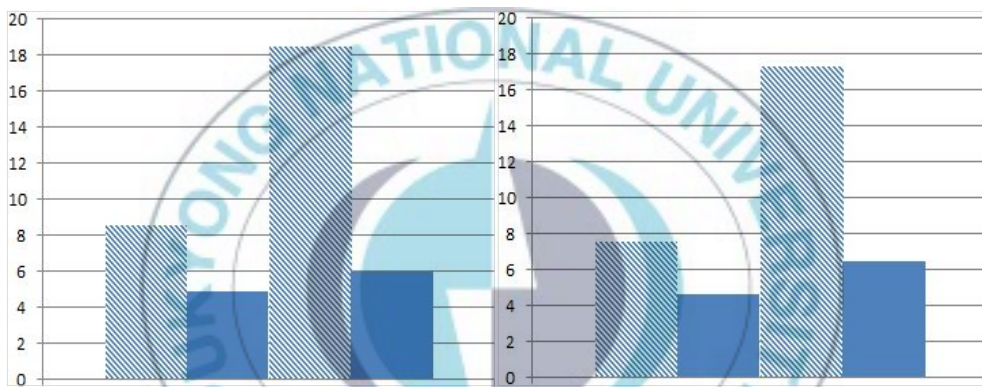
x축은 그래프의 순서대로 전두엽 ALB, 측두엽 ALB, 전두엽 AMB, 측두엽 AMB이고 y축은 절대파워값[dB]을 나타낸다.

그림 13의 피험자2와 피험자8의 그래프에서 전두엽쪽이 측두엽쪽보다 크게, 특히 전두엽의 AMB 성분의 평균값이 확연하게 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

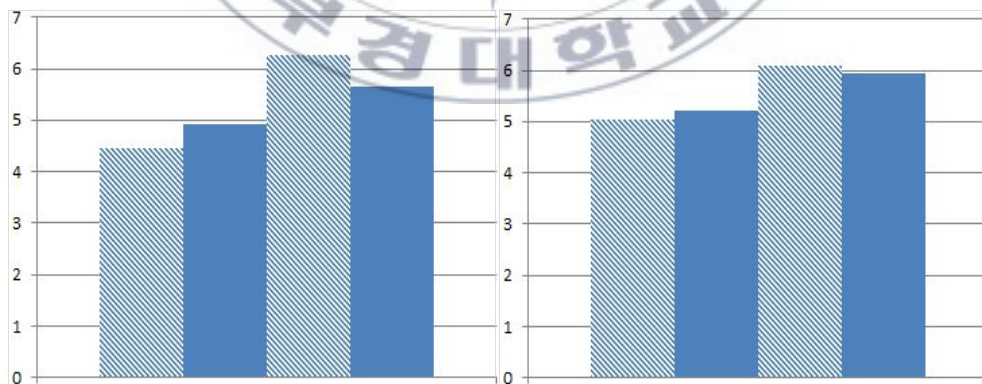




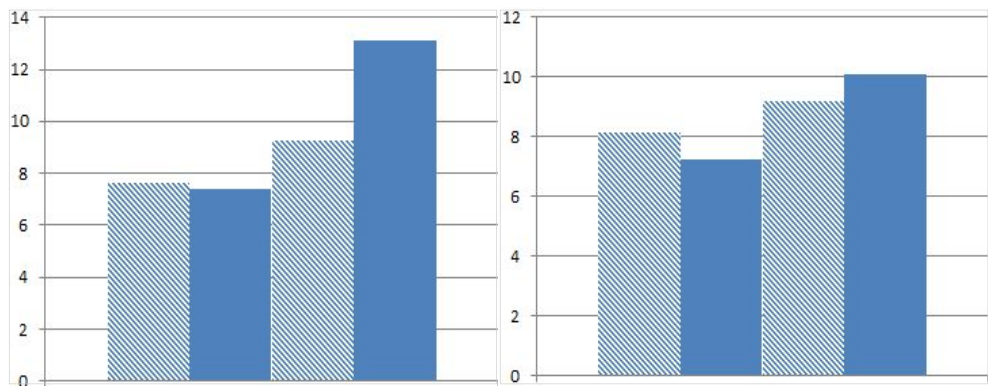
(a) person 1



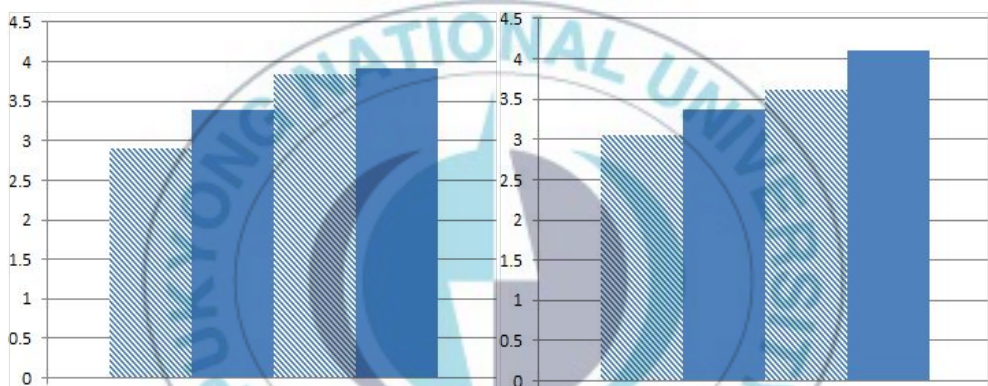
(b) person 2



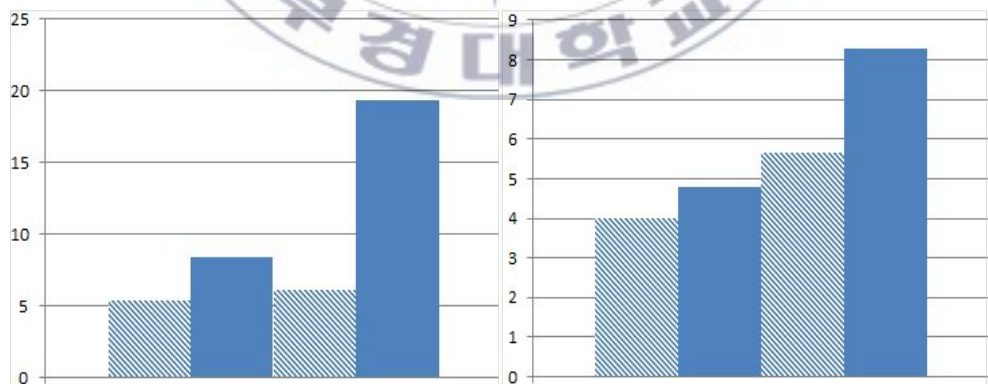
(c) person 3



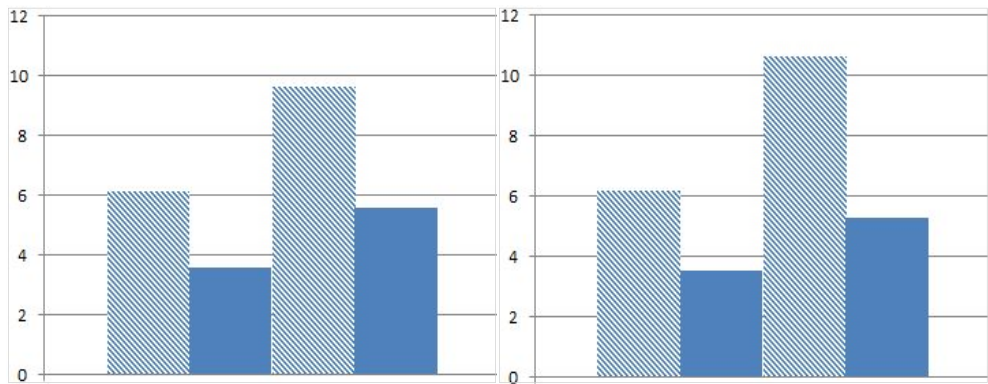
(d) person 4



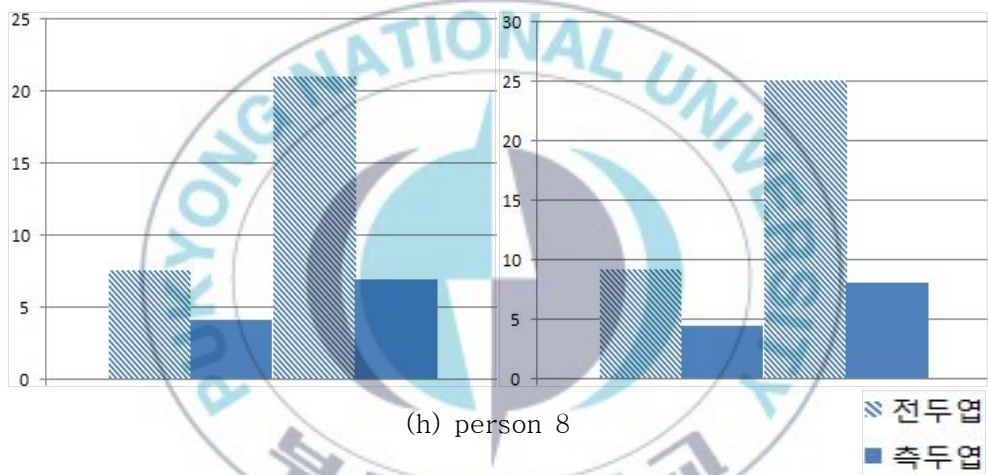
(e) person 5



(f) person 6



(g) person 7

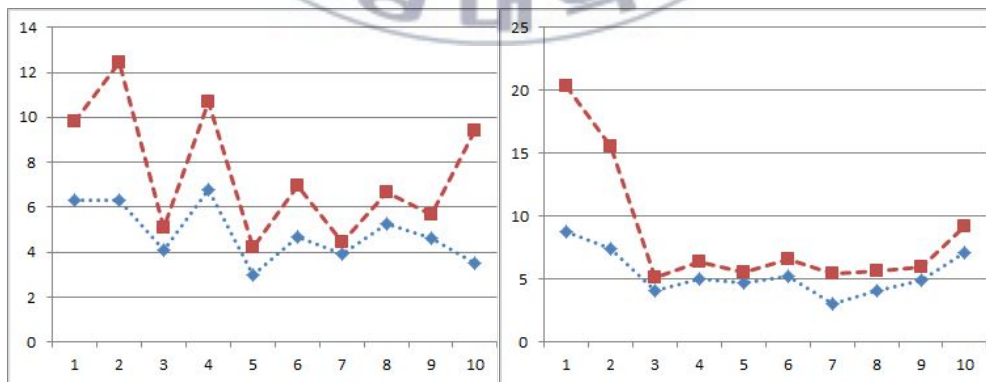


(h) person 8

그림 13 전두부 측두부 부위별 Low-beta, Mid-beta 절대파워값

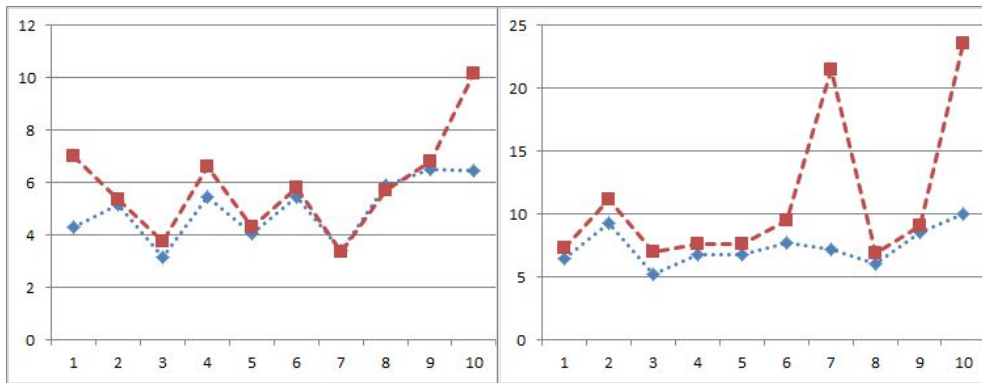
그림 14는 각 피험자마다 2개의 과제를 수행할 때 도출된 ALB, AMB 결과 값을 총 평균하여 채널별로 나타낸 그래프이다. 그림에 표기된 (a)~(h)는 각각 8명의 피험자 피험자(1)~피험자(8)에 대한 결과를 나타낸다.

x축은 채널의 number이고 배정된 숫자에 해당하는 채널은 1번 F_{P1} , 2번 F_{P2} , 3번 F_7 , 4번 F_3 , 5번 F_8 , 6번 F_4 , 7번 T_3 , 8번 C_3 , 9번 C_4 , 10번 T_4 이다. y축은 절대파워값 ALB(Absolute Low-Beta), AMB(Absolute Mid-Beta) [dB]를 나타낸다.



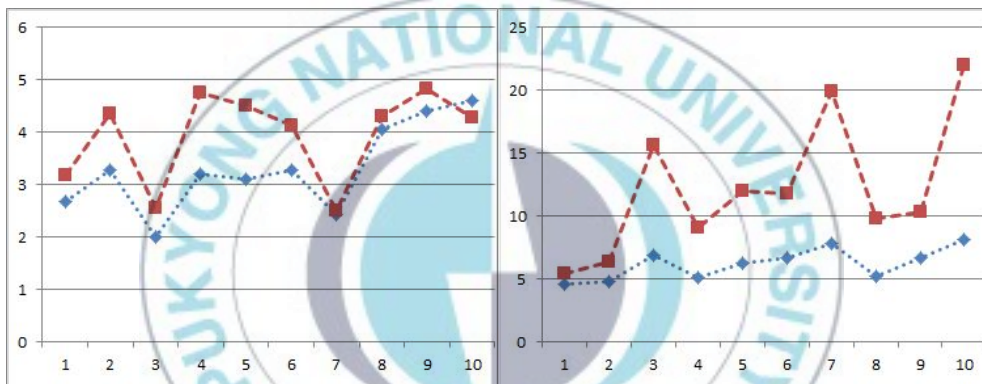
(a) person 1

(b) person 2



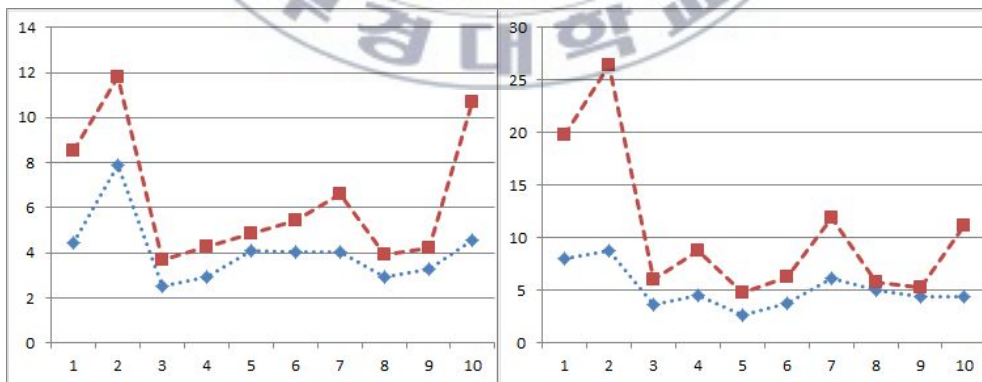
(c) person 3

(d) person 4



(e) person 5

(f) person 6



(g) person 7

(h) person 8



그림 14 채널별 Low-beta, Mid-beta 절대 평균파워값

표 2는 각 피험자의 과제 수행 시 정답률과 도출되는 AMB, ALB 평균 파워 값보다 높은 값을 나타내는 채널들을 통계 분석한 결과이다. 채널의 숫자들은 편의를 위해 기존 채널에 임의의 숫자를 배정하였다. 배정된 숫자에 해당하는 채널은 1번 F_{P1} , 2번 F_{P2} , 3번 F_7 , 4번 F_3 , 5번 F_8 , 6번 F_4 , 7번 T_3 , 8번 C_3 , 9번 C_4 , 10번 T_4 이다.

표2의 결과를 통하여 SMR과 Mid-Beta의 평균 파워보다 크기가 큰 파워 값이 도출된 빈도가 높은 채널은 전두부의 F_{P1}, F_{P2} 와 측두부의 T_4 로 선별되었고 표3은 표2의 결과 값을 정리한 것으로 총 8명중에 F_{P1}, F_{P2}, T_4 채널에 대하여 평균 이상의 파워값이 도출되는 빈도가 높은 피험자의 수를 나타낸 것이다.

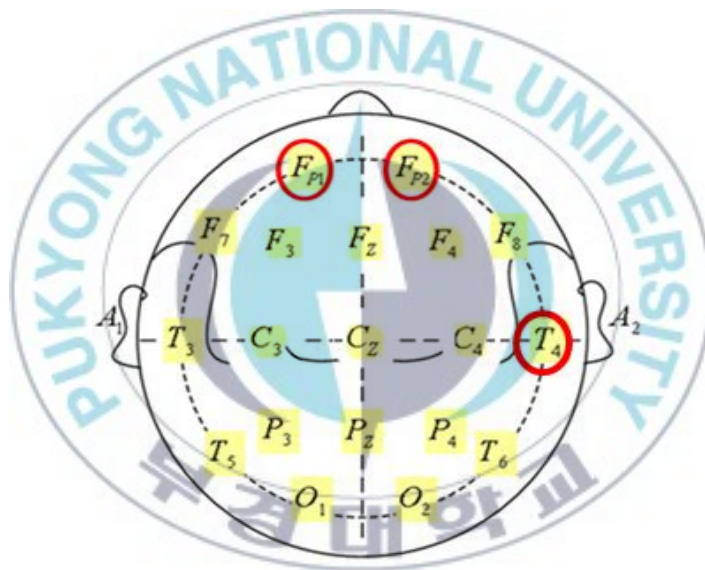
피험자	ALB(12-15Hz)	AMB(15-20Hz)	정답률[%]
	channel number		
1	1,2,4,8	1,2,4,10	70
2	1,2,10	1,2,10	100
3	8,9,10	1,10	65
4	2,9,10	2,7,10	55
5	8,9,10	2,4,5,6,8,9,10	75
6	3,7,10	3,7,10	60
7	1,2,10	1,2,10	70
8	1,2	1,2	95

표 2 피험자별 총 평균보다 파워 값이 높은 채널번호 선별

가장 빈도가 높은 채널 주파수별(Hz)	Fp1	Fp2	T4
	인원수 (명)		
SMR(12-15)	4	5	6
Mid beta(15-20)	5	6	7

(총 8명)

표 3 평균파워 이상 값이 도출된 빈도가 높은 채널의 결과값



통계적으로 가장 빈도가 높은 Channel

1번 → Fp1

2번 → Fp2

10번 → T4

그림 15 평균파워 이상의 도출 빈도가 높은 채널

4. 결 론

본 연구에서는 숨은 그림 찾기, 숨은 글자 찾기를 과제로 제시하고 피험자가 집중하여 과제를 수행하는 데에서 얻어지는 뇌파를 SMR(Low-Beta), Mid-Beta로 나누어 분석하여 집중도와의 관계를 살펴보았다. 피험자별 숨은 그림과 숨은 글자 과제 수행 시 추출되는 집중지표 값을 비교한 결과, 총 10명의 피험자 중에 8명이 그림에 대한 집중지표가 글자에 대한 집중지표보다 높았으며 나머지 2명은 그림과 글자의 집중지표가 거의 비슷하거나 글자에 대한 집중지표 값이 매우 조금 높은 경우였다. 이 결과를 통하여 짧은 시간 내에 그림, 글자 시각 자극을 제시하였을 때 피험자들은 글자보다는 그림 시각 자극에 더 높은 수치의 집중지표를 나타내었다. 이 결과는 인간이 글자보다는 그림 시각 자극에 더 높은 집중력을 유발하는 것을 의미한다. 또한, 뇌파와 집중도의 상관도를 결과 도출 값을 통하여 Mid-Beta > SMR > Theta 파의 순으로 집중과 관련되어 있음을 확인할 수 있었다.

보다 고도의 집중력을 유발하기 위해 틀린 조사 찾기를 과제로 제시한 응용 실험에서는, 전두엽과 측두엽 중심으로 측정된 뇌파를 SMR(Low-Beta), Mid-Beta파로 나누어 분석하여 채널별로 나타낸 후 측정 부위에 따른 뇌파의 특성과 피험자들의 정답률을 비교 분석하였다. 전두엽과 측두엽의 비교 그래프에서, 대부분의 피험자는 전두엽의 AMB(Absolute Mid-Beta), ALB(Absolute Low-Beta) 파워가 측두엽보다 높게 관찰되었고 특히 Low-beta(12~15Hz) 주파수 대역보다 Mid-beta(15~20Hz)의 주파수 대역에서 전두엽 AMB가 높은 피험자가 정답 적중률이 높았다. 또한 전두엽과 측두엽의 파워 차가 분명하게 큰 피험자일수록 정답 적중률이 높다는 사실을 알 수 있었다. 각 피험자의 과제 수행 시 나타나는 AMB, ALB 평균 파워 값보다 높은 값의 채널들을 통계 분석한 결과, 전두엽의 F_{P1} , F_{P2} 와 측두엽의 T_4 채널

에서 뇌파분석 지표인 AMB, ALB 값이 증가한다는 사실도 관찰할 수 있었다.

본 연구에서는, 시각 과제에 의한 뇌파 실험을 통하여 Mid-Beta가 집중력과의 연관성이 높다는 사실과 그림 자극이 글자 자극보다 집중력을 높이는데 효과적임을 실험 결과로 확인할 수 있었다. 또한 인간의 집중력이 전두엽의 AMB지표와 상관성이 높다는 사실도 알 수 있었다. 따라서 인간의 집중과 물입을 위한 뇌의 활성도를 높이는 방법으로 본 연구에서와 같이 간단한 시각 자극과제를 제시하는 것도 효율적인 방법이 될 것으로 판단된다.



참 고 문 헌

- [1] 건강보험심사평가원 자료(2007~2011)
- [2] 강동주, “가상현실과 뇌파 바이오피드백을 이용한 집중력 증진 시스템의 개발 및 임상실험”, 한양대 박사논문, PP.36-37.2002.
- [3] 이강희, 민윤기, 이방형, 민병찬, “뇌파 유도 및 모니터링 인터페이스 시스템 개발 및 효과성”, 한국감성과학회지. PP.91-96.2000.
- [4] C.Langton, Artificial life, Addison Wesley, 1989.
- [5] 李昌燮, 腦波學 入門, 하나의학사, pp47-67, 1997.
- [6] 웹사이트: LAXTHA Inc., [Online]. Available ; <http://www.laxtha.com>
- [7] Soo Ah Ryu. "Analysis of the Event-Related Potentials on EEG Generated by Auditory stimulus", 부경대학교 석사 학위논문
- [8] P. F. Harner and T. Sannit, "A review of the international ten-twenty system of electrode placement", Grass Instrument, 1974.
- [9] 박병운, “뇌파 밴드별 상호 연관성에 따른 뇌기능의 최적화 연구”, 한국 정신과 학회지, 21:103-108, 2004.
- [10] Kwon, H. K. and J. S. Cho, “Homogeneity analysis for the SMR brainwave by the functional lateralization of the brain based on the science learning methods.” J. Kor. Data Infor. Sci. Soc. 18(3): 721-733. 2007.
- [11] 조인숙, “플라워디자인이 뇌기능에 미치는 영향에 관한 연구” , 상명대학교 대학원 박사 논문. P.142.2008.
- [12] Sterman, M. B. and W. Wywricka, “EEG correlates of sleep: Evidence for separate forebrain substrates.” , Brain Research.pp.143-163.1967.

- [13] 김주라, “전자책을 활용한 초등학생의 독서활동에 대한 정령뇌파 활성도를 통한 뇌과학적 분석.”, 경성대학교 교육대학원 석사논문.p.105.2010.
- [14] 정대선, “기공 자세가 뇌파 및 심박변이도에 미치는 영향.”, 대구한의대학교 대학원 박사논문.p.106.2010.
- [15] J. O. Lubar and J. F. Lubar, “EEG biofeedback of SMR and beta for treatment of attention deficit disorders in clinical setting,” Biofeedback Self Regul. Vol.9, No.1, p.103, 1984.
- [16] 장재경, 김호성, “여대생의 이러닝 학습태도 변화에 따른 뇌파 분석”, 한국콘텐츠학회논문지 제11권 제4호.pp.42-50.2011.
- [17] 조상흠, 김판기, 안창범, “뇌파 밴드 분석을 통한 집중력 연구”, 대한전기학회 제 40회 하계학술대회.2009.



감사의 글

- 대학원 졸업을 앞두고 드리는 감사의 말씀 -

먼저 학사시절부터 오랜 시간 저를 지켜봐주신 장운석 교수님께 감사의 말씀을 드립니다. 교수님의 애정 어린 관심과 조언이 있었기에 많은 경험을 쌓을 수 있었고 무사히 석사과정을 마칠 수 있었습니다. 부족한 점이 많은 저를 믿고 기다려주셔서 감사합니다.

타 연구실 학생이면서도 관심 있게 지켜봐주시고 지도편달을 해주신 김영학 교수님, 박창현 교수님. 바쁘신 와중에도 시간을 써주신 노의철 교수님, 김인동 교수님. 또 다른 학문의 배움과 지도를 주신 이용욱 교수님, 언제나 인자하신 모습으로 지켜봐주신 시스템경영공학과 옥영석 교수님께 진심으로 감사드립니다.

공부에 대한 열정을 가지는 본보기가 되어주시고 항상 친근한 선배처럼 따뜻한 관심과 격려를 아끼지 않았던 류수아 교수님께도 감사의 말씀을 드립니다. 그리고 항상 배려심 깊은 고마운 연구실 선배들과 후배들, 많은 활동들을 함께하며 연구과정에 많은 도움을 주었기에 이 모든 과정을 해낼 수 있었습니다. 감사합니다.

항상 함께였고 이 모든 과정의 든든한 존재가 되어주었던 대학생들의 전부인 고운이 그리고 석사졸업을 꼭 함께 나누고 싶은 친구 민영이, 앞으로도 항상 함께하자.

마지막으로 믿음직한 동생 유빈이, 사랑하는 할머니, 딸의 선택을 존중해주고 믿어주시는 존경하는 부모님. 석사 졸업을 시작으로 앞으로 더 멋진 딸이 되겠습니다. 사랑합니다.

여러분의 관심과 도움 덕분에 대학원 석사과정을 마치게 되었음을 깊이 감사드립니다.

2014년 2월

이슬이 올림