



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 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.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 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](#)

공 학 석 사 학 위 논 문

뇌파를 이용한 KTX 실내소음에 따른
스트레스 분석



2012년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

정 보 통 신 공 학 과

전 상 호

공 학 석 사 학 위 논 문

뇌파를 이용한 KTX 실내소음에 따른 스트레스 분석

지도교수 박 규 칠

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.

2012년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

정 보 통 신 공 학 과

전 상 호

전상호의 공학석사 학위논문을 인준함.

2012년 2월 24일



주심 공학박사 윤종락 (인)

위원 공학박사 김석태 (인)

위원 공학박사 박규철 (인)

목 차

목차	i
그림 목차	ii
표 목차	iii
Abstract	iv
I. 서론	1
II. 이론적 배경	3
2.1 뇌파의 종류와 특성	3
2.2 뇌파의 측정	7
2.3 사건관련전위	9
III 뇌파의 계측 및 분석	12
3.1 실험방법	12
3.2 실험결과 및 고찰	14
3.2.1 항 스트레스 지수를 이용한 스트레스 분석	14
3.2.2 P300을 이용한 스트레스 분석	22
IV 결론	27
참 고 문 헌	29

그림 목차

그림 2.1 뇌파의 파형	6
그림 2.2 10-20 전극배치법	7
그림 3.1 청각자극 제시조건	13
그림 3.2 제시된 시각 자극	13
그림 3.3 피험자별 Power spectrum	15
그림 3.4 5초 간격의 항 스트레스 지수 분석결과	18
그림 3.5 터널 전체시간에 대한 α 파/ β high 파의 비율	21
그림 3.6 청각자극의 종류에 따른 P300	23
그림 3.7 청각자극의 종류에 따른 P300의 진폭과 잠재시간	26

표 목차

표 2.1 뇌파의 종류	6
표 3.1 터널 전체시간에 대한 α 파/ β high 파의 비율	21
표 3.2 피험자별 P300의 진폭과 잠재시간	25
표 3.3 피험자에 따른 P300 변화	26



Stress Analysis caused by KTX's Interior Noise
using Electroencephalogram

Sang Ho Jeun

Department of Information and Communications Eng.,
The Graduate School, Pukyong National University

Abstract

The aim of this study is to observe and detect a change of human's brain wave due to stress caused by train interior noise.

Train's interior noise has changed by trains situation, for example, trains speed, type of trains and environments, particularly interior noise change rapidly, when trainees pass through the tunnel.

EEG(electroencephalogram) is records of the electrical activity of human brain, and it is changeable according to external stimulus. The δ wave, θ wave, α wave, β wave and γ wave, which are divided by frequency band width, were analyzed especially to research a brain's condition, such as stress, concentration, drowsiness. Particularly α wave and β wave, which are deeply involved in relax and stress. Using these properties, we could compare stress level depending on the type of trains and environments

I. 서론

인류의 역사는 과학기술에 의해서 끊임없이 발전되어 왔으며, 교통수단의 발달은 문명발전의 중요한 요소라는 것은 잘 알려진 사실이다. 이 중 도로교통의 포화상태로 인한 물류비 증가, 심각한 교통난에 대한 해결책으로 철도에 대한 관심이 고조되고 있다. 21세기에 들어서면서 철도 산업은 모든 분야의 첨단기술을 활용하는 종합산업으로 발돋움 하였다. 특히 외국에서는 철도의 고속화에 많은 투자를 하여 큰 성과를 얻고 있으며 국내에서도 고속철도의 중요성을 깨닫고 도입을 추진하여 2004년부터 KTX(Korea Train eXpress)라는 이름으로 경부고속철도의 일부구간 운영을 시작하였다. 그러던 중 2010년 10월 28일에 대구-경주-울산-부산을 잇는 제 2단계 건설구간이 완공됨에 따라 대전, 대구 시내구간을 제외한 전구간이 고속화 되어 서울-부산구간을 기존 2시간 40분에서 22분 단축된 2시간 18분에 주파하게 되었다. 이에 열차의 주행속도가 증가하고 직선구간이 늘어남에 따라 터널을 지나는 구간이 증가하게 되었다.

열차가 고속으로 터널을 통과하게 되면 열차의 전두부에서 발생한 압축파는 음속수준으로 반대방향으로 진행하게 되고, 출구에 도달한 압축파는 다시 팽창파의 형태로 반대편 터널방향으로 전파되며, 이때 발생한 압축파의 일부가 터널외부에 미기압파 형태의 충격성 소음으로 방출된다 [1].

소음이란 기계·기구·시설, 그 밖의 물체의 사용 또는 환경부령으로 정하는 사람의 활동으로 인하여 발생하는 강한 소리로 정의 된다. 귀로 통하여 도달하는 모든 소음은 소귀, 청신경을 거쳐 대뇌 피질 청각영역에 도달하여 스트레스를 일으켜 정신적, 육체적 피해를 일으키기도 한다.

스트레스를 정량적으로 다루기 위한 수단은 혈액검사나 설문지 방식, 뇌파측정이 있다. 뇌파는 두피에서 자발적으로 발생하는 전위(Electric potential)로 뇌 신경세포의 활동에 수반되어 생성되는 전기적 변화를 머리 표면에 부착한 전극에 의해 비침습적인 방법으로 측정하는 전기 신호이기 때문에 시시각각으로 변화하는 뇌 활동의 변동을 시간적, 공간적으로 파악할 수 있는 자료가 되고, 객관적으로 뇌 활동의 변화를 해석할 수 있는 방법으로 인정되고 있어 뇌파의 파형을 분석하여 정량화함으로써 피험자가 어떤 자극을 받았을 때 긴장도나 쾌적한 정도를 우세하게 출현하는 뇌파를 위주로 해서 정서반응의 차이를 평가할 수 있다.

이에 본 논문은 경부고속철도 2단계 구간을 지나는 KTX열차의 터널 통과시 실내소음이 스트레스에 미치는 영향을 뇌파를 통해 알아보고자 한다.

II. 이론적 배경

2.1 뇌파의 종류와 특성

인간 뇌의 전기활동을 최초로 보고한 것은 1929년 독일의 정신과 의사인 한스 베르거(Hans Berger)이다. 그는 1924년 외상으로 말미암아 두개골 일부가 손상된 환자의 대뇌피질에 백금으로 된 전극을 꽂아 사람의 뇌파를 최초로 기록하였다. 현재 사용되고 있는 α (alpha) 파, β (beta) 파는 그의 명명에 의한 것이고 Hans Berger는 이러한 파를 총칭하여 뇌파(EEG : Electroencephalogram)라고 명명했다[2][3].

뇌파(EEG)는 대뇌피질의 신경세포군에서 발생한 전기활동의 총합(Summation)를 체외로 도출하여, 이를 증폭해서 전위를 세로축으로 시간을 가로축으로 하여 두피상(Intact Scalp)에서 기록한 것이 뇌파이다. 두피상에서 측정되는 뇌파의 전위변동은 약 1~60Hz의 주파수와 5~300 μ V의 전위 변동을 나타낸다. 뇌파는 뇌세포 간에 정보를 주고받을 때 대뇌피질의 피라미달(pyramidal) 뇌세포에서 발생하는 시냅스 후 전압의 일정한 총합으로서 측정되는 뇌의 활동리듬을 의미한다. 뇌파는 정신적 활동상태에 따라 일정한 리듬이 있으며, 뇌파 분석을 통하여 신경생리상태, 뇌 발달상태, 뇌세포활동상태, 심리상태, 지능, 정서, 건강, 스트레스, 인지능력, 의식수준 등 다양한 정보를 얻을 수 있다.

일반적으로 뇌파라 하면 두피 전극에서 포착된 두뇌뇌파(Scalp EEG)를 말한다. 뇌파는 객관적 비침습적, 연속적으로 간단하게 대뇌기능을 평가할 수 있는 검사방법으로, 현재까지 대뇌의 기능평가법으로서 그 우수성을 견지하고 있다. 최근 눈부신 발달을 보이는 화상 진단학은 중추신

경계 병변부위의 진단에는 뇌파보다 뛰어난 검사법이나 대뇌기능을 평가하기에는 실시간성, 경제성 측면에서 부족함이 있다.

뇌파는 뇌를 구성하는 흥분성 신경성 세포와 억제성 신경세포들의 복잡한 상호 작용으로 나타나는 여러가지 진동 성분들로 이루어진 전기적 신호들을 주파수 대역별로 나눈 것으로 α (alpha)파, β (beta)파, γ (gamma)파, δ (delta)파, θ (theta)파의 5 종류로 분류하고 그 속도에 따라 α (alpha)파를 기준으로 서파(Slow Wave)와 속파(Fast Wave)로 구분한다[4]. 표 2.1 과 그림 2.1 은 뇌파의 종류와 파형을 나타낸 것이다.

δ 파는 가장 느린 서파로 숙면(Deep sleep)중에 나타나는 수면뇌파이다. θ 파 보다 더 느리게 움직이는 4Hz 이하에서 형성되며, 간질, 뇌종양, 정신박약 등의 이상이 있을 때 나타난다. δ 파 상태에서는 많은 양의 성장 호르몬이 생성 분비된다, 두부손상 환자의 경우 각성상태에서의 δ 파는 뇌의 정보처리속도를 늦추어 의식의 활동을 방해한다[6].

θ 파는 4~8Hz의 서파로서 숙면 중에 나타나므로 잠에 빠져들 때의 뇌파로 서파수면파 혹은 졸음파라고도 부른다. 꿈을 꾸고 있는 동안이나 명상하는 동안에 나타나기도 하며, 통찰력이 커지고 의식과 무의식 사이에 존재한다고도 하며, 수면과 깨어 있는 중간의 여명 상태라고도 한다.

명상상태의 뇌파는 θ 파의 활성이 가장 우세하며 α 파도 높게 나타나지만 β 파는 낮게 나타난다. θ 파는 작동기억(working memory)의 등록(encoding)과 검색(retrieval)에 관여하고 있는 것으로 보고되고 있으며, 최고성과 수행력(peak performance)에도 중요한 역할을 하는 것으로 알려져있다.

α 파는 뇌파의 기본이 되며, 기초율동이라고도 표현하고, 정상성인의 각성, 안정 및 폐안상태에서 잘 나타나 건강상태의 기준이 된다. 눈을 뜨

면 억제(α -blocking)되고, 건강하거나 집중되는 정신활동에서는 약해진다. α 파는 뇌의 발달과 밀접한 관계가 있으며 어린이의 α 파 주파수는 4~6Hz 정도이고 성장하면서 점점 높아져서 15세경에는 성인의 주파수와 같은 8~12Hz, 진폭은 20~50uV 정도로 점증·점감(waxing and waning)을 보이는 것이 많다. α 파는 뇌가 이완된 상태로서 근육도 동시에 이완되면서 몸과 마음이 조화를 이룰 때 발생한다. 건강하고 스트레스가 없는 사람들이 α 파가 잘 생성된다[4]. 피곤하면 눈을 감아도 α 파가 잘 나타나지 않는다. α 파가 나오지 않는다는 것은 뇌가 휴식을 취하지 못해 정신적으로 긴장이나 불안, 스트레스상태 라는 것이다.

β 파는 12~30Hz 사이의 뇌파를 말한다. 의식이 깨어 있을 때의 진폭이 짧은 속파로 긴장하거나 집중되는 정신활동 시 뇌 전체에서 광범위하게 나타난다. 이를 좀 더 세분하면 SMR 파(12~15Hz), β_{Low} 파(15~18Hz), β_{High} 파(20Hz 이상)로 구분하며, 각각의 뇌파는 뇌기능의 서로 다른 상태를 반영하고 있다[5]. β_{Low} 파는 정상적인 논리적 사고와 문제의 해결, 외적 주의력에 관여할 때 나타난다. 긴장과 불안이 계속될 때 20Hz 이상의 β_{High} 파가 관측된다. 치료 약제의 종류에 따라 광범위하게 β 파가 증가하는 경우도 있다. 불안, 긴장 등의 스트레스를 받을 때 더 강하게 나타난다고 한다. 민첩성, 각성, 집중력 및 인식력과 관련되어 있으며, 과도할 때 불안을 유발하기도 한다.

γ 파는 30Hz 이상의 빠른 뇌파를 말한다. 대개 뇌손상 같은 경우에 나타나는 병적인 뇌파지만 고도의 능력을 수행 할 때에도 나타난다고 한다[6]. 가장 빠른 속파로 의식 상태와 명확한 연관은 밝혀지지 않았으나 극도의 각성, 고민, 흥분 시 발생하며, 긴장과 능동적 고도의 정신 기능 수행 시에 나타나기도 한다.

표 2.1 뇌파의 종류

종류	진동수	상태
델타(δ)파	0 ~ 3Hz	깊은 수면
세타(θ)파	4 ~ 7Hz	수면
알파(α)파	8 ~ 12Hz	안정, 휴식
저 베타(β Low)파	13 ~ 20Hz	작업중
고 베타(β High)파	21 ~ 30Hz	작업중, 스트레스
감마(γ)파	30 ~ 42Hz	스트레스, 흥분
SMR파	12 ~ 15Hz	각성, 준비

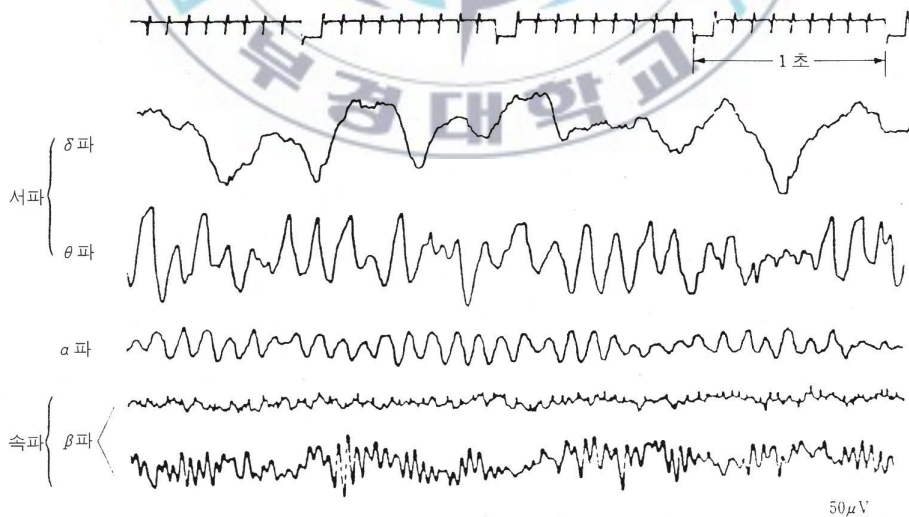


그림 2.1 뇌파의 파형

2.2 뇌파의 측정

생체신호를 측정하는 방법에는 체내에 작은 바늘 전극을 삽입하고 이 전극을 통해 신경세포들에서 발생하는 신호를 측정하는 침습적(invasive) 방법과 피부에 부착하여 중추 신경계의 활동을 반응하는 비침습적(non invasive)방법이 있다.

인간의 뇌를 탐구할 때는 인체에 아무런 해를 입히지 않고 진행되어야 하므로 뇌기능 측정기술의 발달은 필연적이다. 최근 신경영상분야의 발전은 기능적 신경회로를 직접적으로 영상화 하는 것을 가능하게 하였다. 하지만 뇌 영상방법에 적용하기엔 방사성 포도당을 뇌에 주입해야 하거나, 시간 해상도에 제약이 있거나, 좁고 시끄러운 공간에 갇혀 있어야 한다는 불편함이 있다[4].

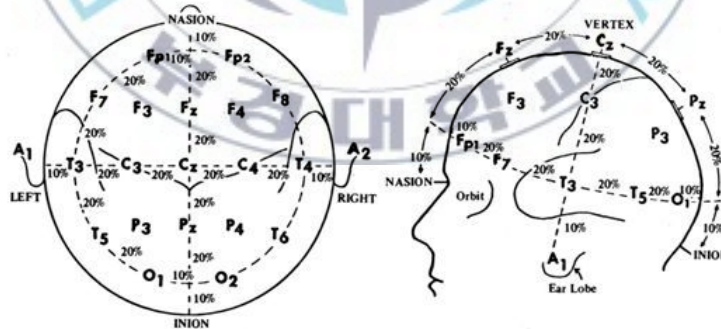


그림 2.2 10-20 전극 배치법

현재까지 대뇌기능 평가방법 중에서 EEG는 다른 뇌 영상 기법과 비교하여 아주 저렴하고도 아무런 고통 없이 안전하고 간단하게 뇌 활동의 변화를 감지할 수 있고, 객관적이고 비침습적으로 연속하여 간단하게 측

정할 수 있는 우수한 검사 방법으로 평가되고 있다[7].

EEG는 약 10만 개에 해당하는 신경세포들의 활동을 탐지(Detecting)하는 것이다. 뇌파 측정을 위한 전극 부착방법으로 가장 많이 쓰이고 있는 것은 국제 표준 규격인 10-20 전극 배치법(10-20 시스템)이다[8].



2.3 사건관련전위(ERP : Event-Related Potential)

뇌파는 크게 자발뇌파(SP : Spontaneous Potential)와 유발뇌파(EP : Evoked Potential)로 구분할 수 있다. 일반적으로 뇌파는 두피상에서 측정하기 때문에 자발뇌파가 섞여있고 피험자의 움직임이나 생리적인 다른 신호들의 영향으로 신호 대 잡음비가 보통 0~-15dB 정도로 극히 낮아 단일횃수의 자극에 의해 유발뇌파를 얻는 것은 매우 어려운 일이다. 사건관련전위는 유발뇌파의 하나로 과제 수행 중에 특정한 자극을 주어 이 자극과 관련된 일정한 시간동안 발생하는 뇌파를 말한다. 일반적으로 사건관련 전위는 동일한 실험을 여러 번 반복하여 그 신호들의 평균을 구한 뒤 뇌파의 변화를 살펴본다. 자극 제시후 300ms후에 나타나는 양의 전위를 띄는 피크를 P300이라고 부르는데, 이는 인지과정 혹은 정보처리 과정에서 가장 많이 연구되고 있다[9].

P300은 양자극 패러다임을 통하여 측정되는데 이 방법에서는 두 종류의 자극이 제시된다. 한 자극은 표준자극(standard stimulus)으로서 높은 제시 확률을 갖는 반면 다른 자극인 목표자극(target stimulus)은 제시 확률이 낮다. 다시 말하면 표준자극은 자주 제시되는 반면 목표자극은 드물게 제시된다는 것이다. 피험자의 과제는 제시된 전체 자극들 중에서 목표자극이 몇 번 제시되었는지를 마음속으로 세거나 목표자극이 제시될 때마다 버튼 등을 눌러 반응하는 것이다. 양자극 패러다임을 사용하여 P300을 조사한 연구들은 비교적 일관성 있는 결과를 보여 주고 있는데 표준자극보다는 목표자극에 의해 충분히 큰 P300을 얻을 수 있다[10]. 지형적으로는 뇌의 중앙선을 따라 전두엽 부위(F_z), 중앙부위(C_z), 후두엽 부위(P_z)에서 P300이 크게 관찰되었다[11].

또한 P300은 자극 제시 후 300msec 근처에 반드시 나타나는 것이 아니라 여러 가지 원인에 의해 250msec와 600msec 사이의 어느 시점에서 나타날수 있다는 사실도 관찰되었다[12].

한편 Felmingham, Attias등은 정신적인 큰 충격으로 인하여 스트레스를 받고 있는 환자들(PTSD)의 덧셈 과제 수행에서 주의 과정을 반영하는 P300과 P200이 정상인과 비교했을 때 감소하며, N200의 진폭은 증가하며, N200과 P300의 잠재기는 증가한다고 주장하였다[13][14]. 또한 청각 스트레스를 제시했을 경우 P300의 잠재기와 진폭이 커진다고 주장하기도 한다[15].

지금까지 랜덤 디지털 신호 또는 시계열의 다양한 이산 값들에 관련된 확률은 이미 알려져 있으며 계산할 수 있다. 그러한 확률은 신호의 평균이나 분산 추정값으로 추정하기 위해 사용되고 있다. 랜덤변수들의 무한한 조합을 발생시키는 특정 샘플 순서열 $(x)(-\infty < n < \infty)$ 을 하나로 예를 들면, 순서열들의 조합은 무한 앙상블(infinite ensemble)이라고 알려져 있으며, 확률함수와 기댓값들을 계산함으로써 앙상블 평균을 구할 수 있다. 특별한 조건하에서는 식 (2-1), 식 2-2)로 시간 평균을 앙상블 평균 대신 사용할 수 있다[16].

$$m_x = \langle x[n] \rangle = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{n=-N}^N x[n] \quad (2-1)$$

$$\sigma^2 = \langle (x[n] - m_x)^2 \rangle = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{n=-N}^N (x[n] - m_x)^2 \quad (2-2)$$

앙상블 평균법은 유발뇌파를 측정하는데 사용되어온 방법으로 신호 대 잡음비가 낮은 주기적인 신호에서 단순하게 신호 대 잡음비를 향상시키

는 방법으로 많이 이용되고 있다. 유발뇌파는 신체의 전기적 생리학적 작용에 의해 아티팩트, 인체외부의 전기적인 활동에 기인한 측정 장비와 모든 형태의 전자적인 잡음을 포함하고 있다. 따라서 특정한 자극이 주어진 시점을 기준으로 측정된 뇌파를 평균화함으로써 자극과 관련 없는 자발뇌파와 전자적인 잡음을 제거하고 자극과 관련된 유발뇌파를 얻는 것이 가능하다. 이러한 분석방법을 앙상블 평균(Ensemble Average)분석이라 한다.



III. 뇌파의 측정 및 분석

3.1 실험방법

본 연구에서는 8명의 피험자에게 KTX터널 통과시 발생하는 소음에 따른 스트레스의 정도를 파악하기 위해서 실제 KTX내부에서 촬영된 영상을 편집하여 실내소음을 제시하였다. 피험자는 기본적으로 정신적, 인지적으로 문제나 병력이 없는 22세에서 28세 사이의 피험자 9명을 대상으로 하였다. 뇌파 측정을 위한 장비는 Laxtha사의 PolyG-A를 사용하였다. 뇌파 측정시 몸 움직임으로 인한 의도치 않은 신호의 발생을 막기 위해 최대한 편안한 자세를 취하게 했으며, 실험 중 졸음을 방지하기 위해 눈을 뜬 채로 실험을 진행하였다. 또한 자극 제시시 앞선 자극이 다음에 오는 자극에 영향을 주는 것을 방지하기 위해 자극에 앞서서 1분간의 안정상태를 주었다.

뇌파는 10-20 전극 배치법에 의해 Fp1, Fp2, Fz, Pz, Cz 등 5개의 채널을 모노폴라방식으로 뇌파를 측정하였다. 기준전극은 A₂, 접지 전극은 뒷목에 부착하였다. 사용된 전극은 금으로 도포된 디스크 형식의 전극이며, 피부와의 접촉저항을 최소화하기 위해 알코올 솜을 이용해 머리 표면을 닦아낸 다음 전극에 뇌파전용 전극풀을 이용해 부착하였다. 또한 부착된 전극위에 거즈를 덮어서 전극풀이 빨리 굳지 않고 머리표면에 잘 고정되도록 처리하였다.

본 실험에서 제시된 청각자극은 총 3가지 종류의 음이 사용되었고 그 종류는 음악, 짧은길이의 터널을 지날때의 소음, 긴 길이의 터널을 지날

때의 소음을 사용하였다. 각 음의 길이는 2분 30초동안 들려 주었으며 각 음 사이에는 기존자극이 다음자극에 미치는 영향을 줄이기 위해서 1분간의 안정시간을 두었다. 청각자극 제시조건은 그림 3.1 와 같다.

또한 청각자극 제시시 P300 측정을 위해 시각자극을 제시하였는데 Oddball 패러다임에 따라 제시하였다. 시각자극은 2초마다 1초 동안 제시하였으며 표준자극과 목표자극의 비는 약 7:3의 비율로 21개와 54개씩 랜덤하게 주어졌다. 표준자극은 흰 바탕의 배경에 푸른색 원을 제시하였고 목표자극은 흰 바탕의 배경에 붉은색 원을 제시 하였다.

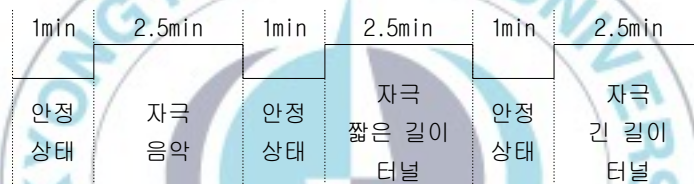


그림 3.1 청각자극 제시조건

		
목표자극	표준자극	자극 없음

그림 3.2 제시된 시각 자극

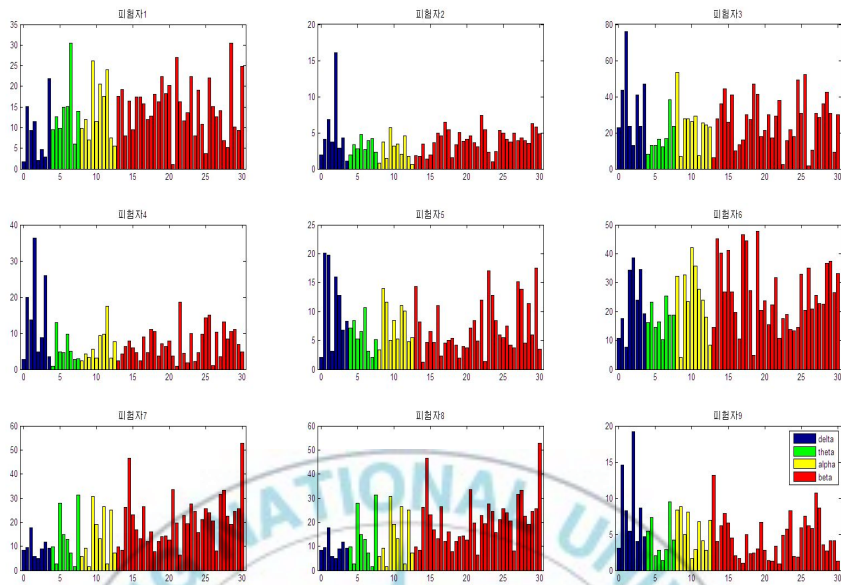
3.2 실험결과 및 고찰

3.2.1 항 스트레스지수를 이용한 스트레스 분석

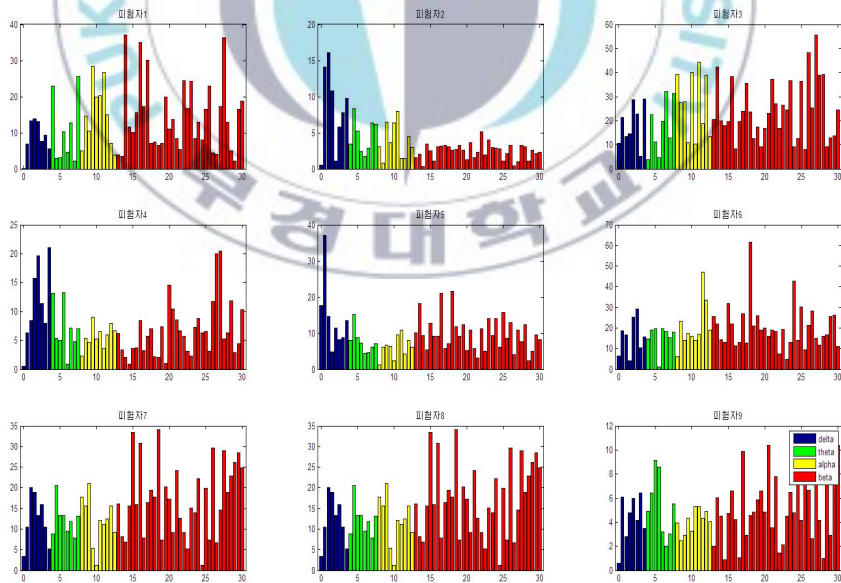
5개의 전극을 통해 얻은 소음에 의해 유발된 스트레스를 분석하기 위해 자극 제시시 뇌파 측정구간을 분리해 냈다. 분리한 뇌파는 주파수별 Power spectrum을 이용하여 $\delta, \theta, \alpha, \beta$ 파의 출현량인 주파수별 절대파워를 산출했고, 산출된 각 파의 출현량을 조합하여 뇌 기능 지수를 구하였다.

그림 3.3은 자극시간 전체의 주파수 절대 파워를 보이고 있다. 이에 따르면 자극의 종류와 사람에 따라 다른 주파수 분포를 보임을 확인할 수 있었다.



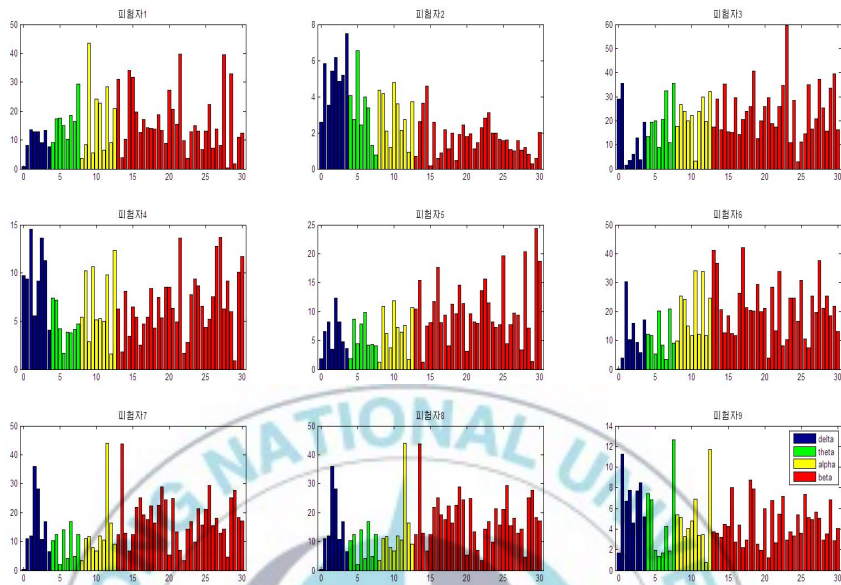


(a) 음악 제시시



(b) 짧은 터널을 지날시

그림 3.3 피험자별 Power spectrum



(c) 긴 터널을 지날시

그림 3.3 피험자별 Power spectrum

청각자극을 제시하였을 때 시간에 따른 주파수의 분포는 그림 3.4와 같다. 그림 3.4는 5초 간격으로 주파수 분석을 하였을 때, 정신적 스트레스의 저항성을 나타내는 항 스트레스 지수인 α 와 β high 파를 나타낸 그래프이다. 피험자 2를 제외한 모든 사람의 항 스트레스 지수는 모든 상황에서 유사하게 나왔다. 전체 구간에 대한 항 스트레스 지수를 알아보기 위해 150초 동안의 항 스트레스 지수의 평균을 알아보면 표 3.1과 같다. 피험자 2를 제외한 모든 사람의 항 스트레스 지수는 0.5에서 1 사이의 값을 나타내고 있으며 음악을 들려주었을 때의 항 스트레스 지수를 기준으로 하여 그 크기를 100으로 노멀라이즈 하였을 때 나머지 상태에서의 항 스트레스 지수를 비교해 보면 그림 3.5와 같이 나타났으며, 대다수의 사람들이 터널 통과시의 소음을 들려주었을 때의 항 스트레스 지수가 음악을 들려주었을 때의 항 스트레스 지수보다 낮음을 확인할 수 있었다. 또한 터널 통과 길이에 따른 변화는 짧은 터널을 지날때의 소음과 긴 터널을 지날때의 소음을 제시하였을 때 증가하는 사람의 수와 감소하는 사람의 수가 비슷하였지만, 음악을 들려주었을 때 보다 터널 소음을 들려주었을 때 항 스트레스 지수가 낮은 사람만을 비교하였을 때는 긴 터널을 지날때의 소음이 더 높은 항 스트레스 지수가 나타났다.

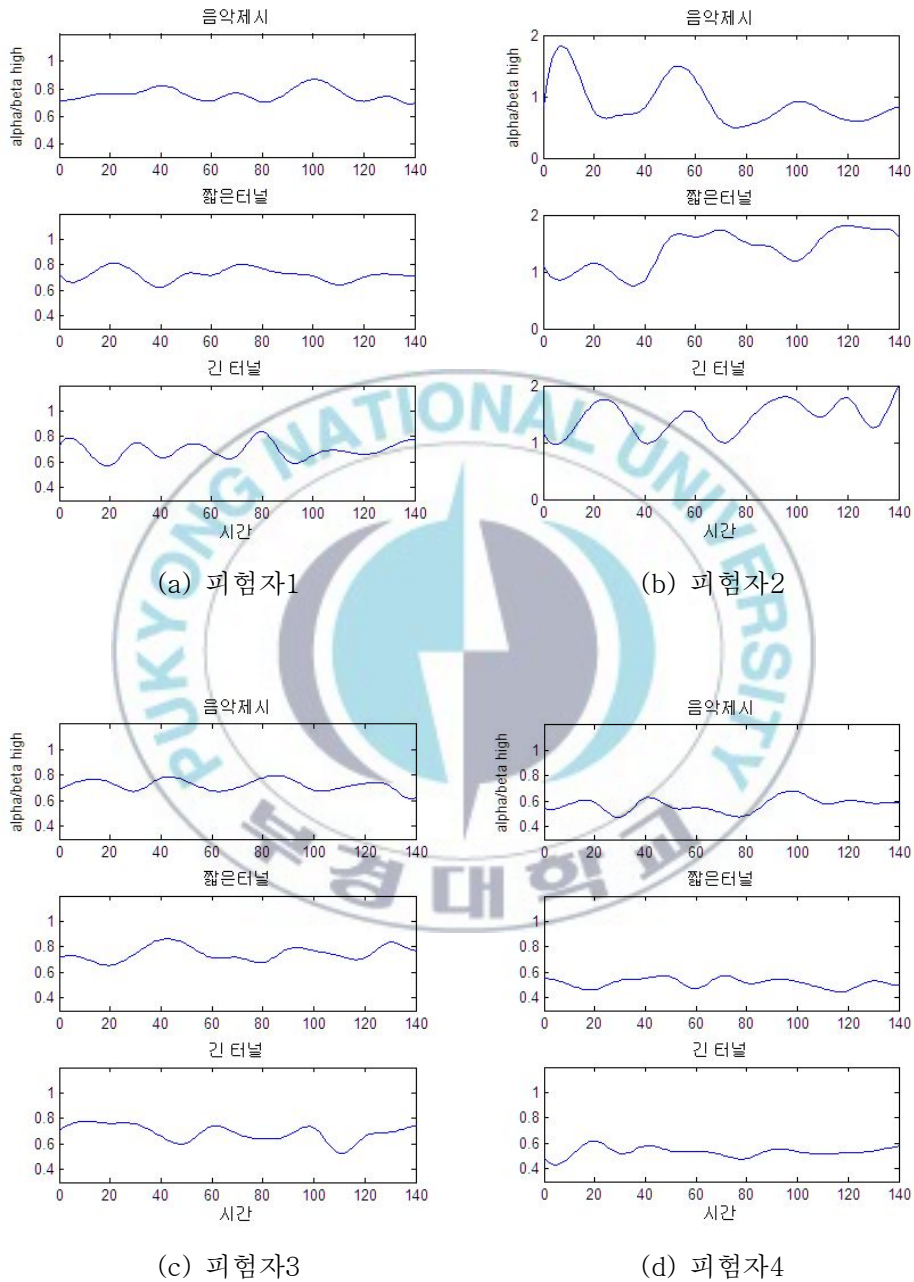
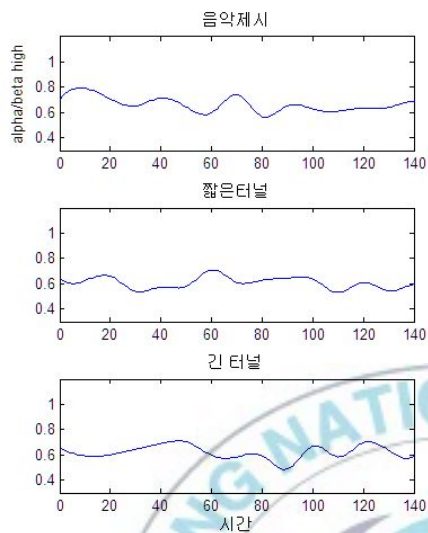
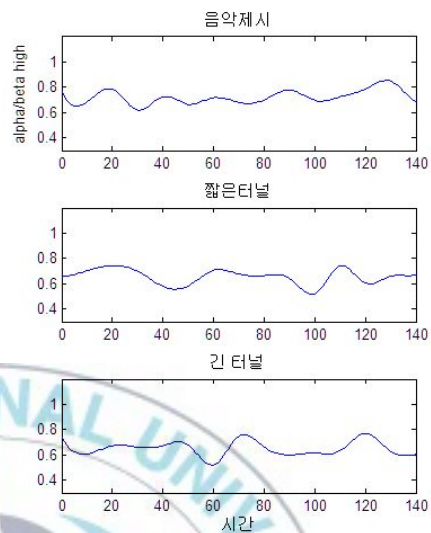


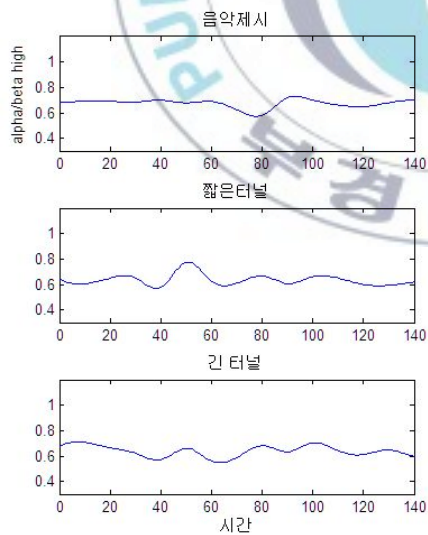
그림 3.4 5초 간격의 향 스트레스 지수 분석결과



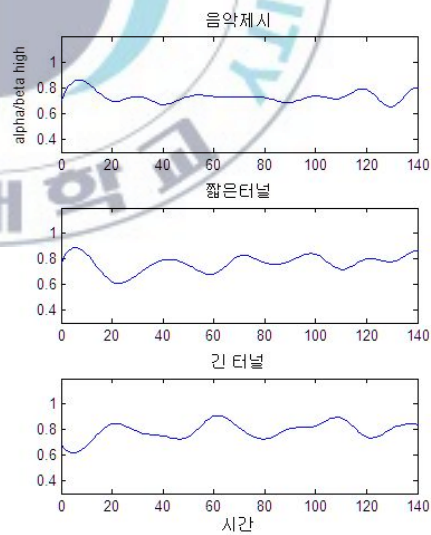
(e) 피험자5



(f) 피험자6

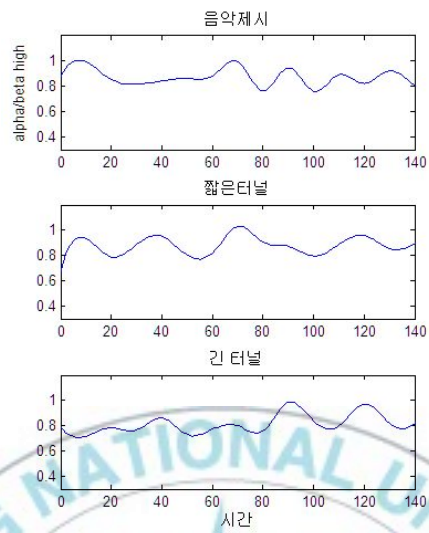


(g) 피험자7



(h) 피험자8

그림 3.4 5초 간격의 항 스트레스 지수 분석결과



(i) 피험자9

그림 3.4 5초 간격의 항 스트레스 지수 분석결과

표 3.1 터널 전체시간에 대한 α 파/ β high 파의 비율

	음악	짧은 길이 터널	긴 길이 터널
피험자1	0.780	0.730	0.732
피험자2	0.902	1.483	1.490
피험자3	0.722	0.750	0.687
피험자4	0.582	0.536	0.549
피험자5	0.660	0.624	0.626
피험자6	0.744	0.665	0.664
피험자7	0.668	0.639	0.642
피험자8	0.725	0.776	0.800
피험자9	0.888	0.889	0.832

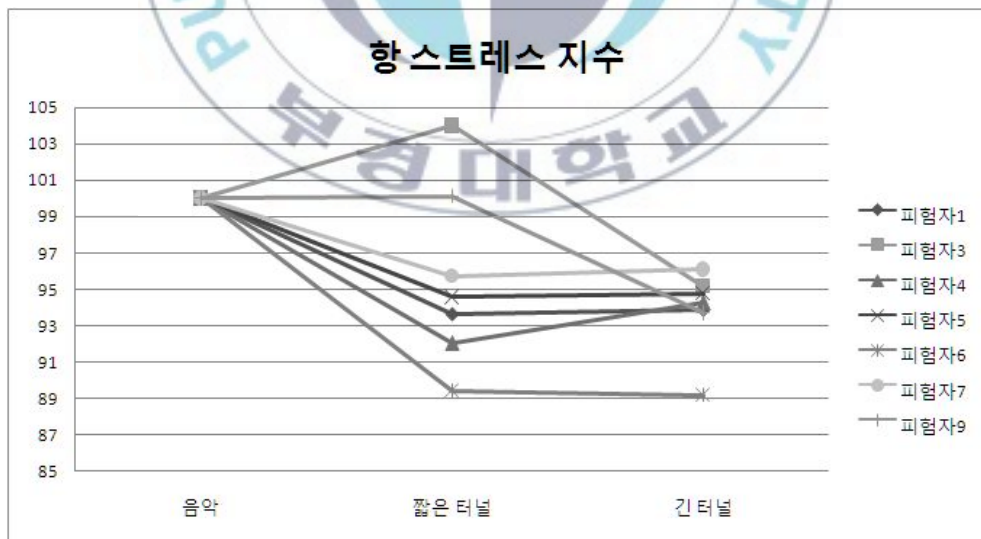


그림 3.5 터널 전체시간에 대한 α 파/ β high 파의 비율

3.2.2 P300을 이용한 스트레스분석

터널의 길이에 따른 소음에 의한 뇌파의 변화를 알아보기 위해 청각 자극을 제시하는 동시에 구간별로 2초 간격으로 1초씩 총 75회의 시각 자극을 제시하여 시각자극을 기준으로 양상블 평균법을 이용하여 사건관련 전위를 구하였다. 시각자극은 Oddball 패러다임 방법으로 두 개의 목표자극을 제시하였다. 두 자극은 표준자극과 목표자극을 7:3의 비율로 제시하였다. 표준자극은 흰색 바탕에 파란색 원이 나타나는 그림이고 목표자극은 흰색바탕에 붉은색 원이 나타나는 그림을 제시하였다.

배경잡음이나 자발뇌파에 비해 유발뇌파가 상당히 작은 관계로 하나의 채널 데이터를 사용하는 것이 아닌 Fz, Cz, Pz 3개의 채널을 이용하여 사건관련 전위를 구하였다. 이러한 과정을 거쳐 구해진 사건 관련 전위를 그림 3.6에 제시하였고, 사건 관련 전위에서 P300의 크기와 발생시간은 표 3.2와 그림 3.7에 제시하였다.

음악을 들려주었을 때의 경우를 긴 길이의 터널을 지날 때의 소음을 들려주었을 경우와 비교해 보면 음악을 들려주었을 경우 잠재기(Latency)가 길고 진폭(Amplitude)이 작은 경향을 확인할 수 있었다. 또한 짧은 길이의 터널과 긴 길이의 터널을 지날 때의 소음을 비교해 보면 짧은 길이의 터널을 지날 때의 잠재기가 길고 진폭이 작은 경향을 보이지만 그 비는 5:4로 거의 50%에 불과 하였다. 하지만 잠재기가 길어진 사람과 진폭이 감소한 사람이 거의 일치하고, 잠재기가 짧아진 사람과 진폭이 커지는 사람과도 거의 일치한 것을 확인할 수 있었다. 그 결과는 표 3.3에서 확인할 수 있다.

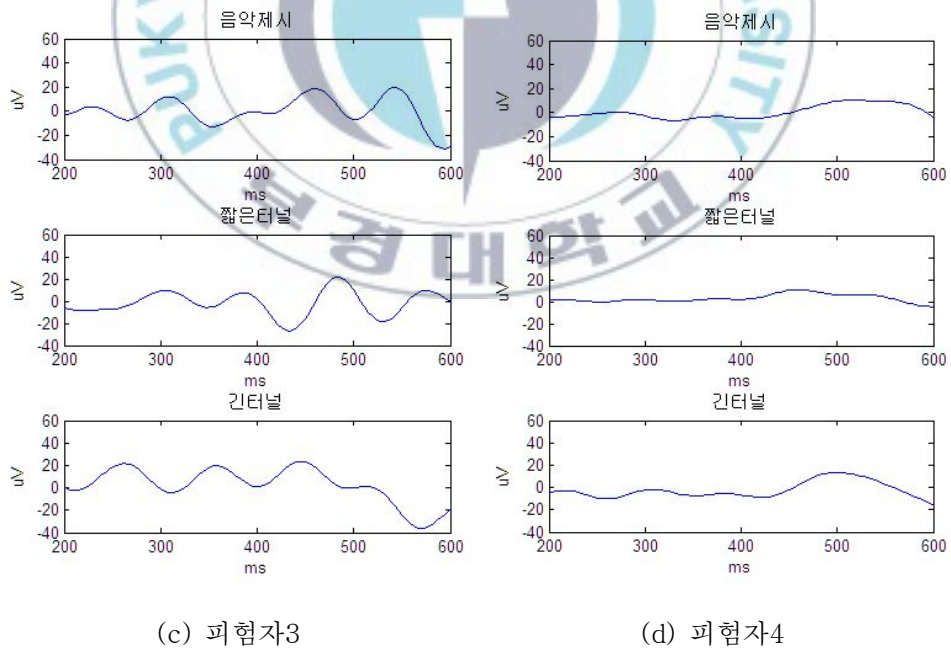
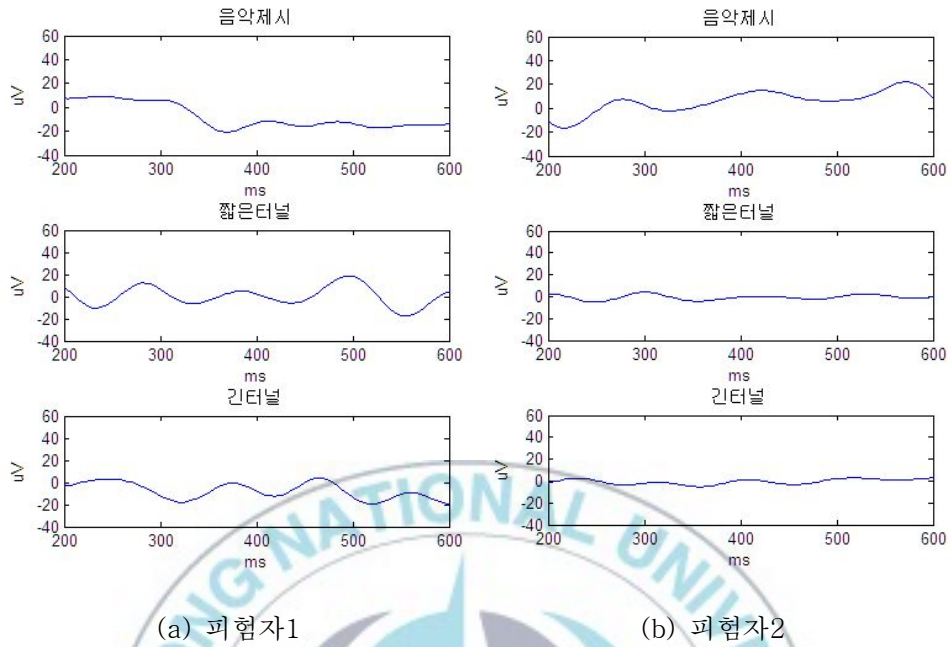


그림 3.6 청각자극의 종류에 따른 P300

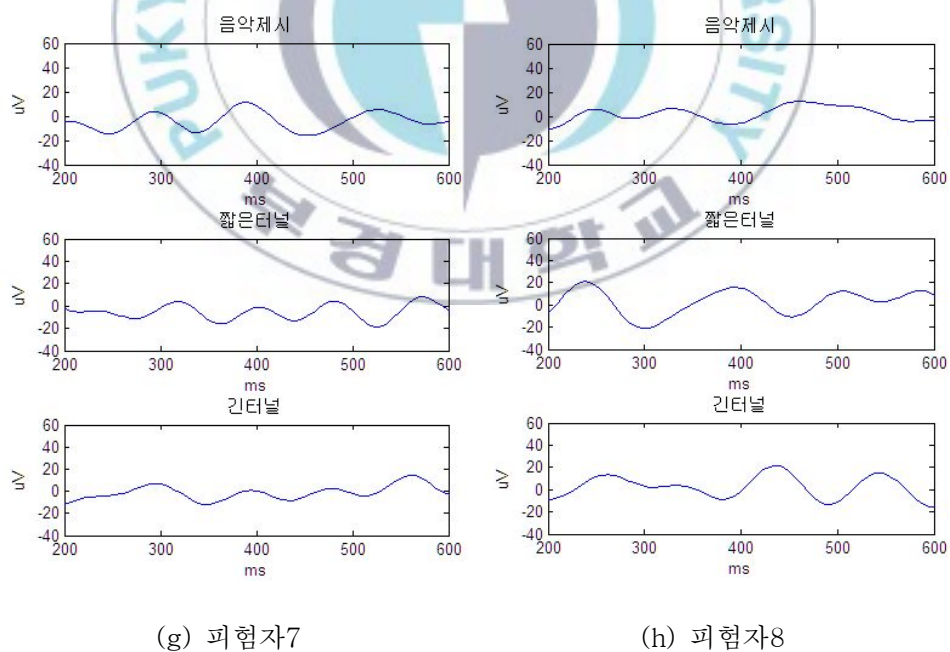
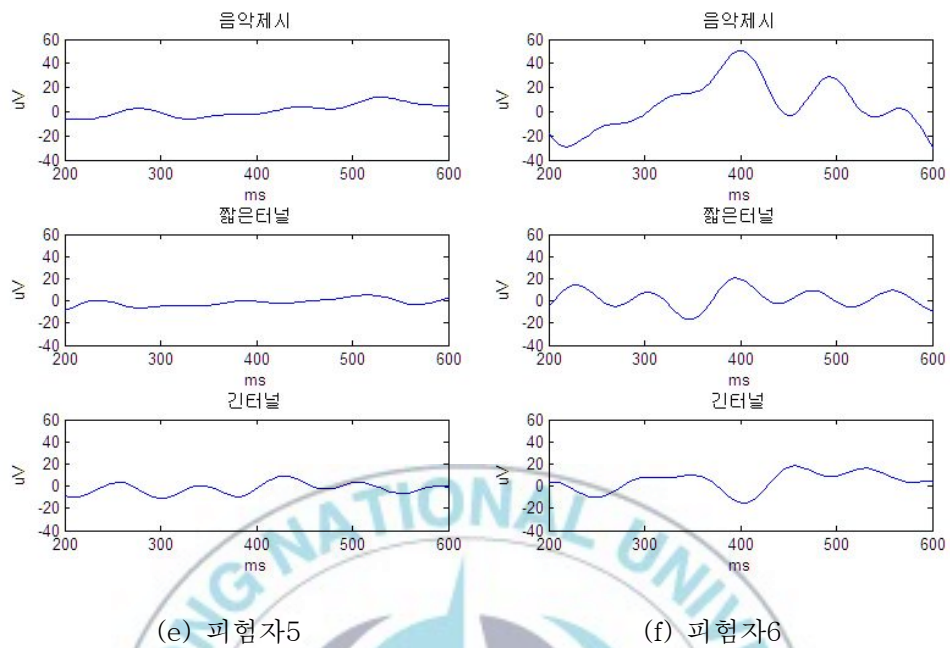


그림 3.6 청각자극에 따른 P300

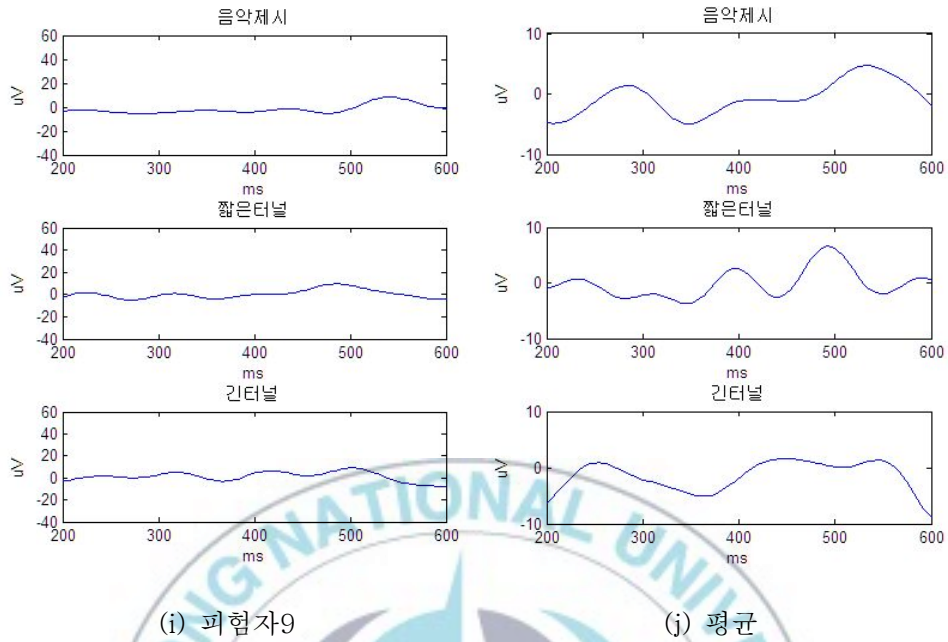


그림 3.6 청각자극의 종류에 따른 P300

표 3.2 피험자별 P300의 진폭과 잠재시간

	음악제시		짧은터널		긴 터널	
	Amplitude (uV)	Latency (ms)	Amplitude (uV)	Latency (ms)	Amplitude (uV)	Latency (ms)
피험자1	9.202	238	18.29	496	3.942	465
피험자2	22.23	570	4.199	301	2.769	523
피험자3	19.87	543	22.13	484	23.54	445
피험자4	10.39	515	10.79	461	13.51	500
피험자5	11.9	531	5.236	516	9.392	430
피험자6	50.77	402	20.57	395	18.34	457
피험자7	11.22	390	8.242	574	14.39	563
피험자8	12.28	461	21.16	238	21.81	438
피험자9	8.365	593	9.544	484	9.033	504
평균	5.192	543	7.972	484	5.689	449

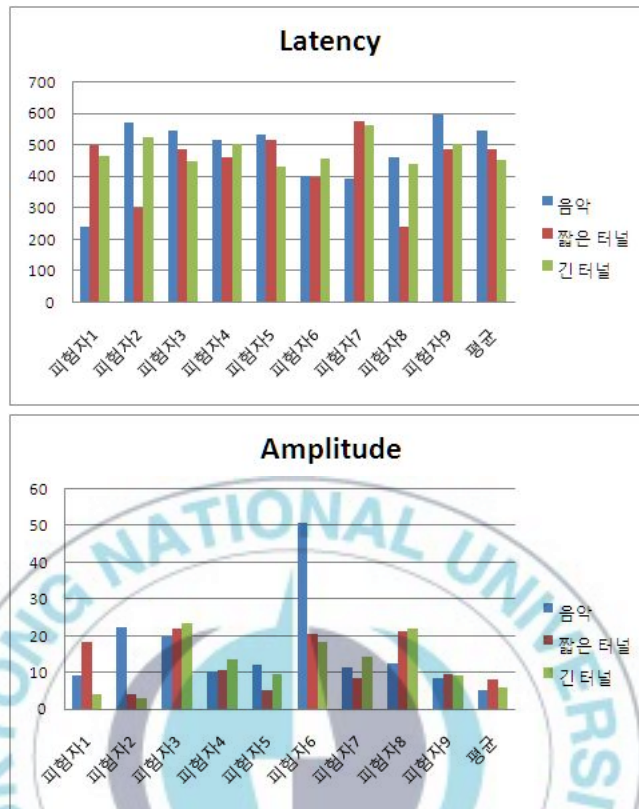


그림 3.7 청각자극의 종류에 따른 P300의 진폭과 잠재시간

표 3.3 피험자에 따른 P300 변화

	음악-긴터널	짧은터널-긴터널
Latancy 감소	피험자 2, 3, 4, 5, 8, 9	피험자2, 4, 6, 8, 9
Amplitude 증가	피험자3, 4, 7, 8, 9	피험자3, 4, 5, 7, 8

VI 결 론

본 연구에서는 KTX열차가 터널 통과시 생성되는 실내소음이 스트레스에 미치는 영향을 뇌파 분석을 통해 알아보고자 하였다.

뇌 기능지수의 하나인 항 스트레스 지수(α/β high)를 구해서 음악을 들려주었을 때 터널을 지날 때의 경우보다 스트레스를 덜 받는다는 사실과, 같은 터널을 지날 경우에는 긴 길이의 터널을 지날 경우 짧은 길이의 터널을 지날 때 보다 작은 차이지만 스트레스를 덜 받는다는 결과를 알 수 있었다.

주파수 분석이 아닌 사건관련 전위를 알아본 결과 P300의 진폭과 잠재시간이 상황별로 다르게 나타났으며, 음악을 들려주었을 때의 경우를 긴 길이의 터널을 지날 때의 소음을 들려주었을 경우와 비교해 보면 음악을 들려주었을 경우 잠재기가 느리고 진폭이 작은 경향을 확인할 수 있었다. 이를 항 스트레스 지수와 연관해서 결론을 내리자면 스트레스를 받을 경우 P300의 잠재기가 빨라지고 진폭이 커진다는 결론이 나온다. 이 경우는 앞선 연구 결과와는 다른 결과이다. 또한 짧은 터널을 지날 때와 긴 터널을 지날 때의 P300의 잠재기와 진폭의 변화가 피험자에 따라서 서로 상반된 결과를 보였다. 하지만 P300의 잠재기가 길어진 사람과 진폭이 감소한 사람이 거의 일치하고, 잠재기가 짧아진 사람과 진폭이 커지는 사람과도 거의 일치한 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과를 바탕으로 스트레스에 따른 P300의 변화는 일어나지만 청각자극에 대한 스트레스의 정도는 개인에 따라 그 크기가 다르게 나타난다는 것을 알 수 있었다. 따라서 객관적인 스트레스 유발 방법을 이용하여 좀더 통제된 상황에서 실험을 진행하면 좀 더 나은 실험결과를 얻을 수 있을 것으로 생

각한다.

본 논문에서는 진술한 바와 같이 EEG를 계측, 분석하여 터널통과 시간에 따른 스트레스를 비교해 보았다. 이와 같은 결과는 보다 쾌적한 열차이용을 위한 소음 제어에 사용될 수 있을 것으로 판단된다. 향후 피험자 수를 늘리고, 뇌파 측정시 자극 제시와 아티팩트 통제를 확실히 한다면 상황에 따른 스트레스 분석을 더욱 확실히 얻을 수 있을 것으로 기대된다.



참 고 문 헌

[1] Kim. H. D. and Setoguchi, T., "Reduction of impulsive Noise Caused by Unsteady Compression Wave' JSME international Journal, Series B, Vol.40, No.2, pp 223~229, 1997.

[2] Berger Hans. "On the Electroencephalogram of Man. Discoverer of Brain Wave", Book Review Science, 1970, pp.562-563

[3] Andreassi, J. H., *Psychophysiology : Human behavior and physiological respond 3rd ED*, Lawrence Erlbaum Associates, 1995

[4] 한영수, "전전두엽 EEG-뉴로피드백 훈련이 암환자들의 뇌 기능에 미치는 영향", 벤처정보대학교 대학원 박사학위 논문, 2007, pp.24-35

[5] 박병훈, 뉴로피드백(서울 : 한국정신과학연구소, 2005), pp.37-43

[6] 김동구, 박형배, 안영우, "Neurofeedback : 원리와 응용", 스트레스 연구 13권 2호, 2005, pp.93-88

[7] Zillmer, E. A., & Spier, M. V., *Principles of neuropsychology*, Belmont : Wadsworth, 2001

[8] Jasper. H. H., "The ten-twenty electrode system of the International Federation." *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 56, 6(1958), pp.898-902

[9] Humphery & Kramer, "Toward a psychophysiology assesment of dynamic changes in mental workload", *Human factors*, vol.36, pp3-26, 1994.

[10] J. Katayama, J. Polich, "Auditory visual P300 topography from a 3 stimulus paradigm", 1998.

[11] Junichi Katayama, John Polich, "P300 from one- two-

three-stimulus auditory paradigm", 1996.

[12] Oken B. S., "Endogenous event related potentials", 1989.

[13] Kim L. Felmingham, R.A.Bryant, C.Kendall, "Event-related potential dysfunction in post traumatic stress disorder: the role of numbing", Psychiatry resarch, vol. 109, pp.171-179, 2002

[14] Joseph Attias, A. Bleich, V. Furman, Y. Zinger, "Event-related potential in post-traumatic stress Disorder od Combat origin", Society of Biological Psychiatry, vol. 40, pp.373-381, 1996.

[15] 박찬희, "청각 스트레스가 3차원 시차극 유발전위에 미치는 영향 분석", 의공학회지, vol. 23, No. 4. pp.301-308, 2002

[16] Paul A Lynn, Wolfgang Fuerst, *Introduction Digital signal Prosessing with Computer Application*, John Wiley & Sons, 1998.

감사의 글

대학원에 들어와서 학문적으로 많이 부족한 저에게 보살펴 주시고 도움을 주신 박규칠 지도 교수님께 진심으로 감사드립니다, 또한 논문심사를 위해 많은 관심과 조언, 충고를 해주신 윤종락 교수님과 김석태 교수님께도 많은 감사를 드립니다. 또한 실험을 하는데 많은 도움을 주신 전기공학과 장윤석 교수님과 김진수씨 에게도 많은 감사를 드립니다.

본 논문을 작성하는데 뇌파와 관련된 많은 토론과 검토를 같이 해주신 류수아 선배님께 진심으로 감사드립니다. 또한 부족한 선배지만 연구실에서 실험을 도와주고 잘 따라준 연구실 동생들 민수, 성환, 민규, 초원, 영호, 승우, 선학, 대건, 효진이들에게도 감사의 말을 전하고 싶습니다.

끝으로 대학원 생활동안 저는 믿고 사랑해준 아버지(전해수), 어머니(장정숙), 형(전상문)과 함께 이 기쁨을 함께 하고 싶습니다.

2012년 2월

전 상 호 드림