博士學位論文

청소년 졸음 방지에 미치는 A-사운드의 효과

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

濟州大學校 大學院

醫 工 學

朴 敬 圭

2008年 12月

박사학위논문

청소년 졸음 방지에 미치는 A-사운드의 효과

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

제주대학교 대학원

의 공 학

박 경 규

2008年 12月

청소년 졸음 방지에 미치는 A-사운드의 효과

지도교수 최 민 주

박 경 규

이 논문을 공학 박사학위 논문으로 제출함

2008년 12월

박경규의 공학 박사학위를 인준함

심사위원장 박 전 홍 ㊞

부위원장 장 홍 용 ㊞

위 원 이 광 만 ㊞

위 원 김 민 철 ㊞

위 원 최 민 주 ㊞

제주대학교 대학원

2008년 12월

JEJU NATIONAL UNIVERSITY 1952
제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

A-Sounds for preventing sleepiness in juveniles

Kyung Kyu Park

(Supervised by Min Joo Choi)

A theses submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy

December 2008

Interdisciplinary Postgraduate Program in Biomedical Engineering Graduate School

CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Abstract

This study was to test the effect of A-sounds on sleepiness prevention while juveniles studied. The experiments were performed with the healthy 31 students attending elementary schools (year 5~6) and, for the experimental period, the subjects were instructed not to take any medicine and to keep their own sleep rhythms. Subjects read a book provided, while they sat on chair and listened through headphones a background sound. In the experiment the sleepiness prevention by A-sounds was evaluated in contrast to natural stream sounds, a classical music and no music. Each subject participated repeatedly the experiment 4 times in different days with one background sound chosen in a random order. Experiments lasted for about 20 min and, before and after experiments, subjects were requested to rate subjective sleepiness and awakening to 9 scales. In order to measure the subject states of consciousness, BIS signal was recorded for the subject during the experiments. Paired t-Test was carried to statistically verify the influence to sleepiness prevention by different sounds and before and after experiments. The experimental results show that the subjective sleepiness scale after the experiment was increased to all background sounds except A-sounds but was reduced by 50% in A-sounds. Similar results were obtained with analysis based on the BIS signals recorded. It was found that the subjective sleepiness scale had a correlation with some of the BIS parameters, such as $mB_{4/4}$ and rpSp ($R>0.7$). This indicates that $mB_{4/4}$ and rpSp can be used to measure the subjective sleepiness. In conclusion, through the subjective sleepiness rating and the BIS signal measurement, A-sounds effectively prevents juveniles from sleeping while reading, compared to the natural stream sound, the classical music and no music.

Keywords: A-sounds, juveniles, study, subjective sleepiness scale, sleepiness prevention, BIS index

초 록

본 연구는 A-사운드가 학습 상태에서 청소년의 졸음 방지에 미치는 효과를 평가하기 위함이다. 실험은 초등학교 5, 6학년 신체 건강한 31명을 대상으로 하였으며, 실험 기간 동안, 피 실험자는 평상시 수면의 리듬을 유지하고 어떤 약물도 복용하지 않도록 했다. 피 실험자는 의자에 앉아 헤드폰을 통해 배경음을 들으면서 연구자가 제공한 책을 읽도록 했다. 실험에서는 A-사운드의 졸음 방지 효과를 시냇물 소리, 고전음악, 무 음악과 대비하여 평가하였다. 각 피 실험자는 무순위로 선정된 4가지 배경음에 대한 실험을 날을 바꾸어 4회 반복하였다. 실험 시간은 20분 정도로 하였으며, 실험 전과 후에 피 실험자의 주관적인 졸음 및 각성도를 9단계로 평가하였다. 피 실험자의 의식 상태를 정량적으로 평가하기 위해 실험 과정 동안 피 실험자로 부터 BIS 지수를 측정했다. 실험 전후 및 배경음에 따른 졸음 억제 효과의 차이는 paired t-Test를 통해 통계적으로 검증하였다. 실험 결과, 실험 후 피 실험자의 주관적 졸음 척도는 A-사운드 이외의 소리에 대해 모두 통계적으로 유의하게 증가하고 있는 반면, A-사운드에서는 50% 가량 감소한 것으로 나타났다. BIS 지수 측정 결과는 주관적인 평가와 유사하게 나타났다. 특히 주관적인 졸음 척도는 BIS 특성 변수 $mB_{4/4}$, rpSp와 높은 상관성을 보여주고 있다 ($R>0.7$). 즉, $mB_{4/4}$ 및 rpSp는 주관적인 졸음의 정도를 객관적으로 측정할 수 있는 변수로 사용될 수 있다는 것을 시사한다. 결론적으로, 주관적 졸음 척도 평가와 BIS 신호 측정을 통해, A-사운드는 시냇물 소리, 고전음악 및 무 음악과 비교하여 졸음 억제 효과가 높은 것으로 나타났다.

핵심어: A-사운드, 청소년, 학습, 주관적 졸음 척도, 졸음 방지, BIS 지수

목 차

<Abstract> 영문 i
<초록> 국문 ii
목차 iii
표 목록 v
그림 목록 vi

I. 서론 1
1.1 졸음의 해악성 1
1.2 수면 부족 2
1.3 청소년과 졸음 4
1.4 자연의 소리 6
1.5 A-사운드 14
1.6 연구의 동기 17
1.7 연구의 목적 및 범위 17
II. 실험 방법 및 내용 19
2.1 피 실험자 19
2.2 배경음 23
2.3 심리음향학적인 특성 24
2.3.1 음향 신호 24
2.3.2 주파수 스펙트럼 25
2.3.3 시간-주파수 특성 32
2.3.4 시간-라우드니스 32
2.3.5 시간-샤프니스 33
2.3.6 시간-러프니스 43
2.3.7 시간-토널리티 43
2.3.8 요약 50
2.4 주관적 졸음 및 각성도 척도 평가 도구 52

제주대학교 중앙도서관 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

2.5 BIS 지수 측정 54
2.5.1 BIS 지수 54
2.5.2 BIS 측정 시스템 59
2.5.3 졸음 임계 수준 64
2.6 실험 환경 및 순서 64
2.6.1 실험 환경 및 조건 64
2.6.2 실험 순서 65
2.7 자료 분석 67
2.7.1 주관적 졸음 및 각성척도 평가 67
2.7.2 BIS 신호 68
2.7.3 주관적 평가와 BIS 신호와의 상관성 69
III. 실험 결과 73
3.1 실험 전후 주관적 졸음 척도의 변화 73
3.2 주관적 각성 척도 평가 83
3.2.1 실험 전후 주관적 각성 척도의 변화 83
3.3 BIS 지수 86
3.3.1 BIS 신호 86
3.3.2 BIS 구간 평균($mB_{overall}$, $mB_{1/2}$, $mB_{2/2}$, $mB_{4/4}$) 90
3.3.3 시간 관련 변수(soT,rpSp) 95
3.3.4 졸림 정도(doS) 99
3.3.5 각성도 관련 변수 102
3.3.6 PSNS(percentage of subjects never sleepy) 105
3.4 주관적인 척도와 BIS 지수와의 상관성 107
3.4.1 주관적인 졸음 척도와 BIS 지수 107
3.4.2 주관적인 각성도 척도와 BIS 지수 123
IV. 토의 129
V. 결론 136
V1. 참고문헌 137

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

표 목록

표1.1-1 주제어 'natural sounds'로 'www.riss4u.co.kr'에서 검색한 논문 목록 9
표2.3-1 배경음 CM, NSS, AS의 심리 음향 변수의 값 - mean (Left, Right) 51
표2.4-1 본 연구에서 사용한 '졸음 및 각성 척도 평가 도구..... 53
표2.6-1 본 실험에서 사용한 BIS 모니터의 설정 값 66
표2.8-1 본 연구에서 사용된 '졸음/각성 척도 평가 도구'로 부터 입수되는 주관적 평가 척도의 변수 71
표2.8-2 BIS 신호의 특성을 기술하는 변수의 정의 72
표3.1-1 배경음의 유형별 주관적 졸음 척도의 대한 실험 전 (sSs4)과 후 (sSs6)의 기술 통계량 (Mean & SD) 및 차에 대한 t-Test 결과 76
표3.1-2 실험 전과 후의 주관적 졸음 척도의 대한 음악 유형별 paired t-Test 결과 77
표3.2-1 배경음에 따른 실험 전과 후의 주관적 각성 척도 (subjective awakening scale, sAs)의 기술 통계량 (Mean & SD) 및 차에 대한 t-Test 결과 (p value) 84
표3.2-2 실험 전과 후의 주관적 각성 척도의 대한 배경음의 유형별 paired t-Test 결과 (p Value) 85
표3.4-1 배경음 유형별 BIS 변수와 주관적 졸음 척도 (sSs8)와의 상관계수 (Cross correlation Coefficient R) 121
표3.4-2 배경음 유형별 BIS 변수와 주관적 졸음 척도 (sSs6)와의 상관계수 122
표3.4-3 배경음 유형별 BIS 변수 (mB_{-5}, doA, rpAp)와 주관적 각성 척도 (sAs7)와의 상관계수 127

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

그림 목록

그림1.1-1 A-사운드를 활용한 기능성 음악 프로그램 CD (박경규 1994) 15
그림1.1-2 수면 상태 피 실험자에게 A-사운드를 들려 줄 때 측정한 뇌파 신호 16
그림2.1-1. 실험의 개요 및 피 실험자에 대한 BIS 지수 측정 개념도 20
그림2.1-2 본 실험에서 사용한 헤드폰의 외관 사진 21
그림2.1-3 실험실 측정 도구 (의자, BIS 측정 장치, 헤드폰, 컴퓨터 등) 22
그림2.3-1 실험에서 사용한 음악의 음향 신호 26
그림2.3-2 실험에서 사용한 음악에 대한 음향 신호의 주파수 스펙트럼. 29
그림2.3-3 실험에서 사용한 음악에 대한 음향 신호의 시간-주파수 스펙트럼 34
그림2.3-4 실험에서 사용한 음악에 대한 음향 신호의 시간-라우드니스 특성 37
그림2.3-5 실험에서 사용한 음악에 대한 음향 신호의 시간-사프니스 특성 40
그림2.3-6 실험에서 사용한 음악에 대한 음향 신호의 시간-러프니스 특성 44
그림2.3-7 실험에서 사용한 음악에 대한 음향 신호의 시간-토널리티 특성 47
그림2.5-1 2003 미국 FDA 승인을 받은 수술 환자들의 마취 상태 및 시점을 평가하는 BIS monitor XP 56
그림2.5-2 BIS 지표 치를 발생시키는 것에 신호 처리 전체의 계략도 57
그림2.5-3 BIS 지수와 뇌의 BMR과의 상관성 58
그림2.5-4 배경음을 들으며 책을 읽고 있는 피 실험자로부터 BIS 지수를 측정하

제주대학교 중앙도서관

는 장면 60
그림2.5-5 BIS 센서 부착 순서 및 방법 61
그림2.5-6 피 실험자에게 BIS 센서가 부착된 모습 62
그림2.5-7 BIS 지수와 마취 상태 63
그림2.8-1 BIS 신호의 특성을 기술하는 변수의 도식적인 정의 70
그림3.1-1 배경음의 종류 별 실험 전 후 주관적 졸음 척도 (subjective sleepiness scale, sSs4, sSs6)의 변화 74
그림3.1-2 배경음에 따른 실험 후 주관적 졸음 척도의 변화 (=sSs6-sSs4). 78
그림3.1-3 배경음에 따른 주관적 졸음 시점의 상대적인 분포 (sSs9) 80
그림3.1-4 배경음에 따른 전체 실험기간 동안 피 실험자의 주관적 졸음 척도 (sSs8) 81
그림3.2-1 배경음에 따른 실험 전과 후의 주관적 각성 척도 (subjective awakening scale, sAs)의 기술 통계량 (Mean & SD) 및 차에 대한 t-Test 결과 (p value) 83
그림3.2-2 배경음에 따른 실험 후 주관적 각성 척도의 변화 (sAs7-sAs5). 87
그림3.3-1 다른 종류의 배경음을 들으면서 책을 읽고 있는 피 실험자로 부터 실험 기간동안 측정한 BIS 신호 88
그림3.3-2 다른 유형의 배경음을 들으면서 책을 읽고 있는 피 실험자에 대해 전체 실험 기간 (실험 시작 후 2 분에서 21분 까지) 20 분 동안 측정한 BIS 값 (mB-overall)의 평균 및 표준 편차 91
그림3.3-3 다른 유형의 배경음을 들으면서 책을 읽고 있는 피 실험자에 대해 전반 및 후반부 10분 동안 기록한 BIS의 평균값에 대한 평균 및 표준편차 93
그림3.3-4 다른 종류의 배경음을 들으면서 책을 읽고 있는 피 실험자에 대해 5

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

분 동안 측정한 BIS 값의 평균 및 표준 편차 96
그림3.3-5 다른 종류의 배경음을 들으면서 책을 읽고 있는 피 실험자의 BIS 값이 최초로 85 보다 작은 값은 가지는 시간 (soT)의 평균 및 표준 편차 98
그림3.3-6 다른 유형의 배경음을 들으면서 책을 읽고 있는 피 실험자로 부터 20분 동안 (실험 시작 후 2-21분) 측정한 BIS 지수가 85 보다 작은 값을 가지는 기간의 상대적인 비율 (rpSp) 100
그림3.3-7 다른 유형의 배경음을 들으면서 책을 읽고 있는 피 실험자로 부터 20분 동안 (실험 시작 후 2-21분) 측정한 BIS 신호가 85 보다 작은 값을 가지는 영역의 면적 (doS)에 대한 평균 및 표준 편차 101
그림3.3-8 다른 유형의 배경음을 들으면서 책을 읽고 있는 피 실험자로 부터 20분 동안 (실험 시작 후 2-21분) 측정한 BIS 값이 85 보다 큰 값을 가지는 총 시간의 백분율 (rpAp)의 평균 및 표준 편차 103
그림3.3-9 다른 유형의 배경음을 들으면서 책을 읽고 있는 피 실험자로 부터 20분 동안 (실험 시작 후 2-21분) 측정한 BIS 신호 에서 85 값보다 큰 값을 가지는 영역의 면적 (doA)에 대한 평균 및 표준 편차 104
그림3.3-10 종류가 다른 배경음을 들으면서 책을 읽는 실험 기간 동안 한번도 BIS 값이 85 미만으로 떨어지지 않은 피 실험자 수의 비율 106
그림3.4-1 sSs8의 mB[overall]에 대한 산포도 108
그림3.4-2 sSs8의 mB[2/2]에 대한 산포도 109
그림3.4-3 sSs8의 mB[4/4]에 대한 산포도 110
그림3.4-4 sSs8의 soT에 대한 산포도 111
그림3.4-5 sSs8의 rpSp에 대한 산포도 112
그림3.4-6 sSs8의 doS 에 대한 산포도 113
그림3.4-7 sSs6의 mB[overall]에 대한 산포도 115
그림3.4-8 sSs6의 $mB_{2/2}$에 대한 산포도 116
그림3.4-9 sSs6의 mB[4/4]에 대한 산포도 117

그림3.4-10. sSs6의 soT에 대한 산포도 118
그림3.4-11 sSs6의 rpSp에 대한 산포도 119
그림3.4-12 sSs6의 doS에 대한 산포도 120
그림3.4-13 sAs7의 mB[4/4]에 대한 산포도 124
그림3.4-14 sAs7의 doA 에 대한 산포도 125
그림3.4-15 sAs7의 doA 에 대한 산포도 126
그림4.3-1 배경음이 없는 상태에서 피 실험자로 부터 기록한 BIS 신호 128

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

I. 서론

졸음 (sleepiness)이란 '자려고 하지 않는데 잠이 오거나 자고 싶은 느낌'으로 정의한다 (연세 한국어사전 2008, 교학한국어사전 2008). 졸음이란 심신의 활동이 일시적으로 차차 저하하여 마침내 눈이 감기고 의식이 없어지는 생리적인 상태. 즉, 나의 의지와는 무관하게 잠이 오는 현상을 말한다. 졸음은 일종의 의식의 명확도 장애이다. 자극이 없으면 잠에 빠지며, 자극이 있더라도 강한 자극이 없으면 반응을 보이지 않고 곧 잠들어 버리기 때문이다 (강영호 2008).

졸음으로 인해 유발되는 해악성은 매우 크다. 운전자의 교통사고를 포함 많은 산업 재해 등이 졸음과 관련된 경우가 많다. 특히, 청소년은 학습 활동에 많은 시간을 보내야 하는데, 졸음은 집중력을 저하시키고, 학습 효율을 떨어뜨린다. 본 장에서는 졸음을 정의하고, 졸음의 유해성, 원인 및 대책에 대한 일반론을 제시하고, 청소년의 졸음 실태 및 졸음을 억제하기 위한 자연음 (A-사운드)의 도입 배경을 서술하고자 한다.

제주대학교 중앙도서관

1.1 졸음의 해악성

졸음은 지적인 활동을 약화시키고, 산업 재해를 일으키는 원인이 된다. 졸음은 산업 현장에서 작업 수행 능력을 감소시키고 안전사고의 위험성을 증가 시킨다 (이규일 외 2001). 졸음으로 인한 교통사고는 흔하고 치명도가 높다. 졸음운전에 의한 교통사고는 전체 교통사고의 10~20%에 해당되며, 특히 고속도로에서는 20~30%까지 상승한다. 미국의 경우, 경찰에 접수된 졸음운전 신고만 해도 연 6만 건에 이르며, 이 중 2만 건이 사망 사고에 이르고 있다 (정책연구보고서 2007). 이러한 규모는 알코올로 인하여 발생하는 사고와 비슷하다 (김정기

2003). 국내 고속도로 사고에서 전체 교통사고 건수와 교통량의 통계를 이용하여 시간대별 사고의 상대적인 비율 (통과 차량대비 사고비율)을 분석한 결과, 사망 사고의 상대적 사고율이 높은 시간대는 일주기 리듬상의 졸리운 시간대와 일치하고 있다 (김정기 2002). 이 결과는 국내 고속도로 교통사고에서 졸음의 영향이 매우 크다는 것을 의미한다.

미국의 트리마일 섬 원자력[1] 발전소 사고나 우주 왕복선 챌린저호 발사[2] 시에 발생한 사고는 수면 부족으로 인한 졸음이 주요 원인으로 지적되고 있다 (Tung 2002). 국토해양부 발표에 따르면 2008년도 10월 말 현재 발생한 우리나라의 전체 해양사고 중에서 어선사고가 67.4%를 차지했는데, 사고 원인의 대부분이 무리한 조업으로 인한 선원들의 피로누적과 졸음운항이 유발한다고 발표했다 (국토해양부 2008). 일반 집단 4,972명을 대상으로 졸음에 대해 조사한 바에 따르면, 주간 졸음은 작업의 활동성, 사회 및 결혼생활에도 나쁜 영향을 미치고, 사회경제적으로도 부정적인 영향을 주는 것으로 나타났다 (Ohayon 1977).

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

1.2 수면 부족

졸음을 유발하는 원인으로 질환, 약물복용, 스트레스, 과도한 운동 등 여러 가지가 있으나 수면 장애 또는 수면 부족으로 인하여 발생하는 경우가 가장 많다 (Dinges et. al. 1997, Carskadon et. al. 1993). 일반적으로 정상인은 하루에 6~8시간의 수면이 필요하지만, 5시간 이하의 잠을 자도 정상 생활에 지장이 없는 사람도 있고, 9시간 이상 잠을 필요로 하는 사람이 있는 등 개인차가 크다. 수면 시간은 계층별, 연령 대에 따라 달라지며, 육체노동, 질병, 운동, 임신, 정신적인 활동 영역에 따라 수면이 더 필요하기도 하다 (Kaplan et. al. 1998).

1) U.S. Nuclear Regulatory Commission. Investigation into the March 28, 1979 Three Mile Island Accident by the O/ce of Inspection and Enforcement (Investment Report no. 50-320/j79-10, July 1979.
2) Report of the Presidential Commission on the Space Shuttle Challenger Accident, Washington DC, US Government Printing Office 1986, vol II, Appendix G.

청소년 수면 연구의 권위자인 미국 브라운대학교 Carskadon 교수의 수면에 관한 연구 <뒤집힌 U 커브 이론>에서 어린이일 때와 노년기일 때에는 수면 시간이 8시간 내외로 적어도 되지만, 청소년기에 이를수록 필요한 적정 수면 시간이 길어진다고 주장한다. 예컨대 만 12~18세의 경우 하루에 필요한 수면 시간은 적어도 9시간 30분 정도 되어야 한다고 했다. 일과 중에서 해가 지고 밤이 되면 졸리는 현상은 두뇌 속의 시상하부가 이러한 환경을 감지해서 잠을 유도하는 송과선에 멜라토닌 호르몬의 분비 수준을 높이라는 메시지를 보내기 때문이다. 아침이 되어 충분히 자고 난 후에 잠에서 깨어나는 것은 시상 하부가 이를 감지해서 그 반대의 명령을 내리기 때문이다.

수면은, 그동안의 연구를 통해 알려진 것처럼, 야간의 주수면 기간과 종종 오후에 나타나는 2번째의 졸리움, 그리고 실제적인 낮잠으로 구성되는 하루 2회의 주기를 보인다. 이것은 이양식(bimodal) 형태의 수면 리듬으로써 하루 길이의 반의 기간을 가지기 때문에 일중 반주기(circasemidian) 또는 반 일주기(hemicircadian)라고 부른다. 아동들은 학교 진학하면서 하루 한 번의 주 수면을 취하게 되는 것은 성장과 발달에 따라 낮잠을 포기하기 때문이다 (Miller 1985). 성인들의 오후 낮잠은 우리가 알고 있는 것 보다 더 흔히 일어난다. 한낮에는 작업 수행이 떨어지고 사고가 증가하며, 병리학적으로는 한낮이라는 시간대는 나르코랩시, 특별성 과수면, 수면 무호흡증 환자에게서 보여 지는 졸음이 가장 심하게 나타난다.

잠자리에 드는 시간, 서파 수면의 입력, 렘수면의 주기성, 낮잠, 주간의 수행능력, 수면과 각성과의 상호 관련성 등은 일상에서 매일 반복되지만 이에 대한 기전은 아직 확실하게 규명되지 못한 상태이다. 졸음을 유발하는 원인인 수면 장애 및 수면 부족은 살면서 자주 경험하는 것으로 이에 대한 효율적인 대처 방법이 필요하다.

1.3 청소년과 졸음

청소년기란 인간의 발달 과정 중 가장 변화가 심한 때로서 흔히, 주변인, 중간인, 과도기라고 부른다. 이 시기의 정서적 특징을 가리켜 질풍과 노도의 시기, 행동에 중용이 없는 시기 또는 불타협의 시기라고 일컫는다. 청소년기는 신체적, 정서적, 사회적으로 큰 변화를 경험 한다 (유수현 1995).

청소년기에는 급격한 신체의 성장 및 근력의 증가로 활동성이 증가하며, 외형적인 면에서 성인과 대등해진다. 신체적 발달과 정신적 성숙간의 불균형 및 심리적 긴장 상태를 경험한다. 정신적인 면에서 청소년기는 지능의 발달로 추상적 사고능력과 논리적 추리능력이 신장되며, 상상력의 발달로 인하여 문학이나 예술에 대한 흥미를 갖고 동경하게 된다. 추상적인 경향의 확대로 말미암아 현실에 대해 모순을 느끼고 이상을 추구하며 타인의 욕구에 깊은 관심을 표명하는 시기로 취미 생활의 욕구, 지적인 욕구를 갖기도 한다. 사회적 측면에서 청소년들은 또래 집단을 형성하며, 그 속에서 안정감을 느끼고 집단의 가치와 행동양식을 동일시하는 특징이 있다. 그러므로 봉사, 우애, 협동, 남에게 인정받고자 하는 욕구를 갖는다. 이상과 같은 일반적 특성에 성별, 사회·경제적 조건, 개인차 등의 변인이 작용하여 청소년 각 개인의 개별적 특성으로 나타난다 (한국청소년연구원 1991).

청소년기를 어디까지로 규정하느냐? 에는 다양한 견해가 있다. 청소년기의 시작은 사춘기라는 생리적 차원에서 규정할 수 있는 반면, 청소년기의 종료는 결혼이나 취업과 같은 사회·문화적 조건에 의해 이루어질 수 있다. 우리나라 청소년 관련 법규에서는 입법 취지에 따라 청소년기를 약간씩 다르게 규정하고 있다. 청소년 육성법에는 9세~24세를 청소년으로 규정하고, 민법(민법 제4,5,753조)에서는 만20세 이상을 성년으로 정의하고 있다. 20세 미만인 자는 법률 행위의 책임능력에 제한이 있는 미성년자라 하였으며, 아동복지법(제2조)에서는 18세 미만을 보호 대상으로 규정하고 있다.

청소년기에는 하루 8~9 시간의 수면이 필요하다 (Ferber 1985). 청소년기 전반기에서 후반기로 갈수록 야간의 수면길이가 짧아지고 주간의 졸리움이 증가한다. 청소년기 전반기에는 주중이나 주말의 차이가 없으나, 후반기로 갈수록 주말의 수면 길이가 주 중보다도 훨씬 길어진다 (Carskadon & Derment 1987). 2004년 통계청이 발표한 한국인 생활 조사결과에 따르면, 우리나라 국민들의 평균 수면시간은 7시간 44분으로 나타났다. 그러나 10대 청소년의 수면시간은 평균 5시간으로 일본과 중국의 청소년 6~7시간, 미국의 청소년 8시간에 비해 매우 작은 것으로 나타났다. 우리나라 청소년 1,457명 (초등 5학년~고교 3학년까지)을 대상으로 주중 수면 시간을 조사한 결과, 초등 5학년부터 중 3학년까지는 평균 수면 시간이 7시간 이상이었으나, 고등학교 1학년은 6.02시간, 고교2는 5.62시간, 고교3은 4.86시간으로, 수면 부족이 매우 심각한 수준으로 나타났다 (김정기 2006). Yang et. al. (2005)의 조사에 의하면 학생들에게 `주중에 잠을 충분히 자느냐' 라는 질문에 `충분치 못하다'는 응답이 평균 42.6%에 달했으며, 이 같은 응답률은 학년이 올라갈수록 높아졌다. 학생들은 수면부족의 원인으로 31.9%가 이른 등교시간을 꼽았고, 다음으로 인터넷·TV 등 오락(25.9%), 과제(18.9%), 야간학습(14.9%) 등을 꼽았다. 이른 등교시간을 원인으로 꼽는 비율은 초등 5~6학년이 17.7%, 중 1~2학년 24.6%, 중3~고1 39.5%, 고 2~3학년 53.4% 등으로 학년이 높아질수록 증가했다. 조사 대상의 71.1%는 저녁에 보습학원에 다녔는데 자정 이후까지 학원에 다닌다는 학생도 천제의 14.3%에 달했다. 국내 중고등 학생 2,266명을 대상으로 주중 수면과 졸리움의 양상에 대한 연구 결과를 보면 1,614명 (71.4%)이 주간에 깜빡 잠 (micro sleep)을 자는 것으로 조사 결과 나타났다. 깜빡 잠 현상이 나타나는 시간은 주로 수업시간이나 자율 학습 시간 (약50%)이 가장 많았으며, TV나 독서 중(약 30%), 버스 속에서 (10%), 식사 중에도 일어났다 (신만식 외 1995).

청소년들이 낮에 적절한 정신적 집중을 유지하기 위해 최소 8.25시간의 수면이 필요하지만, 국내 청소년들의 수면 시간은 절대적으로 부족한 상황이다. 청소년기의 수면 부족은 우울증이나 성장 장애, 비만에 악 영향을 줄 뿐만 아니라, 10대의 사망 원인 2위를 차지하는 자살과도 연관성을 보인다 (과학동아 2006.11).

또한 청소년기 수면 부족은 성인이 된 후에 고혈압(최고 3.5배)과 심장 질환의 위험이 높아진다고 발표하였다 (Medical tribune 2008.10). 이처럼 육체적/정신적인 건강에 악 영향을 주는 청소년의 수면 부족은 매우 심감한 수준이며, 청소년의 주중 '졸음'을 유발하는 주요 원인이 되고 있다. 졸음은 청소년의 인지 수행능력 떨어뜨리며 (김정기 2006), 뿐만 아니라, 학업 성취도를 저하 시킨다 (Acebo & Wolfson 2005). 이러한 상황에도 불구하고, 졸음으로 인한 청소년에 미치는 해악성은 아직 과소평가되는 있는 상황이며, 사회 및 학계의 관심은 미흡한 실정이다.

1.4 자연의 소리

음악은 몸과 마음에 영향을 준다. 적절한 음악은 정신을 안정시키고, 생체 리듬을 잘 유지하며 (임은희 1992), 생체의 항상성 유지 및 자연 치유력을 증진 시킨다 (박경규 1994). 일부 음악은 병원의 대기실, 검사실, 수술실 등에서 환자의 긴장 및 두려움을 줄일 수 있도록 활용하고 있다. 이러한 음악의 효과는 적극적으로 치료의 목적으로 사용될 수 있다. Aigen(1990)은 정신분열병으로 진단된 환자에게 즉흥연주 위주의 음악 치료를 실시한 결과, 외로움, 절망감, 우울감이 개선되었다고 보고하였다. Magill (1990)은 음악치료가 환자의 통증, 우울감, 사회적 고립감을 개선했으며, 알코올 중독자의 인지기능이 증가되는 것을 관찰하였다. Field(1998)는 우울증이 있는 청소년에게 록음악 위주의 감상을 이용한 음악치료 기법을 실시한 결과, 우측전두엽 뇌파와 스트레스 호르몬이 유의하게 감소하는 것을 확인하였다.

음악이 이차적이고 인위적이라면, 자연음(自然音)은 음악의 근원이고 무위적이라 할 수 있다 (한흥섭 2006). 고대 중국의 혜강은 성무애락론[3] 에서 자연의 소리를 감상할 수 있는 경지를 심미적으로 관조할 수 있는 초 공리적 심리 상태. 즉,

3)Robert G. Philosophy and Argumentation in Third-Century China : The essay of Hsi-Kang(New Jersey : Princeton Univ. Press, 1983).

도의 경지에서만이 가능하다고 하였다. 자연의 소리는 자연스러운 조화로움 (自然之和)을 통하여 인간을 원래의 소박한 자연 본성을 회복하게 하는 힘을 가지고 있다.

시냇물 흐르는 소리, 파도 소리, 비 오는 소리, 풀 벌래 소리 등 다양한 자연의 소리에는 일정한 화음과 미세한 리듬이 숨어 있다. 인체 특히, 청각 기관은 이러한 자연음에 효율적으로 반응 한다 (Attneave 1954, Barlow 1961). 임상 실험을 통해 인간의 정서에 부합하는 물소리, 새소리, 병아리 울음소리 등이 삽입된 자연 음악을 듣거나 부르면 심신의 건강이 개선되는 것을 관찰할 수 있다 (양진배 1999).

최근 들어 청소년의 스트레스 및 공격성을 완화하거나 정신 집중에 도움을 주기 위해 자연의 소리를 이용하려는 연구가 진행되고 있다. 예를 들어, 자연의 소리 명상 음악이 초등학생의 스트레스를 감소시키고 있으며 (박영선 2003), 청소년 금연에 효과가 있으며 (이갑옥 2002), 초등학생의 불안감을 해소 (박정희 2004) 하는 역할을 하고 있음을 관찰하였다. 자연의 소리의 일종인 'α파 명상 음악'이 초등학생의 주의 집중력 향상 (곽상동 2006, 하경화 2002, 문경림 1997)에 도움을 주는 것으로 나타났다. 자연의 소리를 이용한 명상 및 마음 비우기는 청소년의 분노 및 공격성을 감소시키고 있다 (신정미 2004, 김현옥 2002, 김수창 2001, 문경림 1997, 조현학 2005, 김혜영 2007).

전술한 연구들이 자연 소리의 자연 치유 효과에 대한 자세한 기전을 알려 주고 있지는 못하지만, 자연의 소리가 각종 질환을 유발하는 수면 부족과 졸음에 대한 저항성을 추정할 수 있는 근거는 제공한다. 본 연구자가 관련된 분야의 국내외 학술지와 인터넷 검색 엔진 (riss4u, ScienceDirect, Medline, Scopus)를 통해 선행 연구 내용 (keywords: 졸음(sleepiness), 자연음(natural sounds), 청소년(juvenile), 학습(study))을 검색한 결과, 아직까지 자연의 소리가 청소년의 학습 능력을 저하하는 졸음 억제와 관련한 선행 연구는 없는 것으로 나타났다. 표 1.1-1 은 검색어를 '자연의 소리(natural sounds)'로 국한하여 riss4u에서 얻는

논문의 목록을 보여준다. 표에서 보여주는 논문과, 앞서 언급한 자연 소리를 이용한 청소년의 주의 집중력 향상에 대한 연구들은, 청소년의 학습 효과를 저하시키는 졸음을 억제할 수 있는 수단으로서 '자연의 소리'의 활용 가능성을 보여준다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

표1.1-1 주제어 ‘natural sounds’로 ‘www.riss4u.co.kr’에서 검색한 논문 목록

번호	제목	저자	학술지명	권호	수록면	발행년도
1	Preliminary observations on acoustic perception of alarm calls and natural sounds by Australian owls and frogmouths	Swanson, M.	SOUTH AUSTRALIAN ORNITHOLOGIST	Vol.33 No.3-4	51-54	1999
2	Feature Analysis of Natural Sounds in the Songbird Auditory Forebrain	Sen, K., Theunissen, F. E., & Doupe, A. J.	Journal of neurophysiology	Vol.86 No.3	1445-1458	2001
3	Temporal Low-Order Statistics of Natural Sounds	Attias, H., & Schreiner, C. E.	Advances in neural information processing systems	Vol.- No.9	27-33	1997
4	Spectral-Temporal Receptive Fields of Nonlinear Auditory Neurons Obtained Using Natural Sounds	Theunissen, F. E., Sen, K., & Doupe, A. J.	The Journal of neuroscience	Vol.20 No.6	2315-2331	2000
5	Learning optimal codes for natural images and sounds (Invited Paper) [4119-17]	Lewicki, M. S.	PROCEEDINGS- SPIE THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING	Vol.- No.4119/2	185-199	2000
6	Relating cluster and population responses to natural sounds and tonal stimuli in cat primary auditory cortex	Rotman, Y., Bar-Yosef, O., & Nelken, I.	Hearing research	Vol.152 No.1-2	110-127	2001
7	Mechanical Design of a Talking Robot for Natural Vowels and Consonant Sounds	Nishikawa, K., Asama, K., Hayashi, K., Takanobu, H., & Takanishi, A.	IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON TOOLS WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE	Vol.3 No.-	2424-2430	2001
8	Learning optimal codes for natural images and sounds (Invited Paper) [4119-17]	Lewicki, M. S.	PROCEEDINGS- SPIE THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING	Vol.- No.4119/1	185-199	2000
9	Modelling of natural sounds by time-frequency and wavelet representations	Kronland-Martinet, R., Guilleman, P., & Ystad, S.	ORGANISED SOUND	Vol.2 No.3	179-192	1997
10	Natural sounds at the British Library	Kettle, R.	BRITISH WILDLIFE	Vol.14 No.5	312	2003
11	Magnetic oscillatory responses to lateralization changes of natural and artificial sounds in humans	Kaiser, J., Birbaumer, N., & Lutzenberger, W.	The European journal of neuroscience	Vol.15 No.2	345-354	2002
12	Efficient coding of natural sounds	Lewicki, M. S.	NATURE NEUROSCIENCE	Vol.5 No.4	356-363	2002

제주대학교 중앙도서관

번호	제목	저자	학술지명	권호	수록면	발행년도
13	Natural Warning Sounds in Safety Critical Human-Machine Systems - A Cognitive Engineering Approach	Ulfvengren, P.	Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting	Vol.3 No.-	742-745	2000
14	Use of natural sounds and metaphors for data perceptualization [4302-24]	Lodha, S. K., Venable, E., Marsh, D., Meads, D., Manh, N., Robinson, C., & Roskin, K.	PROCEEDINGS- SPIE THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING	Vol.- No.4302	180-190	2001
15	A Computerised Method for Measurement of Speech Intelligibility in the Car Using Natural Speech Sounds	Thoma, G., & Bisping, R.	EURO NOISE -INTERNATIONAL INCE SYMPOSIUM	Vol.1 No.-	515-520	1998
16	Development of a Mechanical Talking Robot that Produces Natural Vowels and Consonant Sounds	Nishikawa, K., Asama, K., Hayashi, K., Takanobu, H., & Takanishi, A.	IEEE RSJ INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT ROBOTS AND SYSTEMS	Vol.3 No.-	1382-1387	2001
17	On Phonetic Boundaries Across Categories for Synthetic and Natural Vocalic Speech Sounds	Cutugno, F., & Savy, R.	EUROSPEECH -PROCEEDINGS-	Vol.3 No.-	2297-2300	1995
18	Functional organization of the forebrain auditory centres of the European starling: A study based on natural sounds	Cousillas, H., Leppelsack, H. J., Leppelsack, E., Richard, J. P., Mathelier, M., & Hausberger, M.	Hearing research	Vol.207 No.1-2	10-21	2005
19	Functional organization of the forebrain auditory centres of the European starling: A study based on natural sounds	Cousillas, H., Leppelsack, H. J., Leppelsack, E., Richard, J. P., Mathelier, M.,& Hausberger, M.	Hearing research	Vol.207 No.1-2	10-21	2005
20	Modulation Power and Phase Spectrum of Natural Sounds Enhance Neural Encoding Performed by Single Auditory Neurons	Hsu, A., Woolley, S. M. N., Fremouw, T. E., & Theunissen, F. E.	The Journal of neuroscience	Vol.24 No.41	9201	2004
21	The Structure of Natural and Synthetic Musical Instrument Sounds	Kin, M. J., & Szmal, C.	PREPRINTS- AUDIO ENGINEERING SOCIETY	Vol.- No.3791	ALL	1994
22	The first results of fitting hearing aids with the method of the natural sounds loudness scaling	Geers, W., Hojan, E.,& Hojan-Jezierska, D.	FORTSCHRITTE DER AKUSTIK	Vol.20-- No.-	1405-1408	1994
23	An auditory system for efficient coding of natural sounds	Maeda, S.-i., & Ishii, S.	Proceedings of the international joint conference on neural networks	Vol.1 No.-	23-28	2002
24	Natural Warning Sounds in Safety Critical Human-Machine Systems - A Congnitive Engineering Approach	Ulfvengren, P.	PROCEEDINGS OF THE HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS SOCIETY ANNUAL MEETING	Vol.- No.-	742-745	2000
25	Environmental corrections to acoustic descriptions of natural sounds	Preis, A.	INTERNATIONAL CONGRESS ON ACOUSTICS	Vol.17 No.8	236-237	2001

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

번호	제목	저자	학술지명	권호	수록면	발행년도
26	The preference for natural sounds in an urban residential area. Effects of demographic variables	Bjerke, T., & Ostdahl, T.	FAUNA NORVEGICA	Vol.25 No.-	45-54	2005
27	Some roles of the vocal tract in clarinet breath attacks: Natural sounds analysis and model-based synthesis	Guillemain, P.	The Journal of the Acoustical Society of America	Vol.121 No.4	2396-2406	2007
28	Training listeners to identify the sounds of speech: II. Using SPATS software In the conclusion of their two-part series, the authors unveil a training system designed to improve a listener's perception of natural everyday speech	Miller, J. D., Watson, C. S., Kistler, D. J., Preminger, J. E., & Wark, D. J.	HEARING JOURNAL	Vol.61 No.10	29-35	2008
29	Auditory semantic networks for words and natural sounds	Cummings, A. Čeponienė, R. Koyama, A. Saygin, A. P. Townsend, J. Dick, F.	Brain research	Vol.1115 No.1	92-107	2006
30	MAKING NOISE How to stimulate and enhance young children's natural attraction to sounds	unknown	NURSERY WORLD	Vol.- No.3971	12-13	2005
31	Information analysis shows gradual selectivity for natural sounds in auditory processing of songbirds	Hsu, A., Woolley, S. M. N., Fremouw, T., & Theunissen, F. E.	ABSTRACTS OF PAPERS PRESENTED AT THE MEETING ON COMPUTATIONAL AND SYSTEMS NEUROSCIENCE	Vol.- No.-	88	2004
32	Come iExplore Our World: To help you experience all the natural beauty an area of the world has to offer, as well as the sights and sounds that make a location so unique and culturally rich	unknown	SMART COMPUTING	Vol.16 No.10	52-54	2005
33	Linear models of auditory tuning in songbird neurons reveal efficient coding of natural sounds	Woolley, S. M. N., Fremouw, T., & Theunissen, F. E.	ABSTRACTS OF PAPERS PRESENTED AT THE MEETING ON COMPUTATIONAL AND SYSTEMS NEUROSCIENCE	Vol.- No.-	115	2004
34	Distinct Time Scales in Cortical Discrimination of Natural Sounds in Songbirds	Narayan, R., Grana, G., & Sen, K.	Journal of neurophysiology	Vol.96 No.1	252-258	2006
35	Tuning for spectro-temporal modulations as a mechanism for auditory discrimination of natural sounds	Woolley, S. M. N., Fremouw, T. E., Hsu, A., & Theunissen, F. E.	NATURE NEUROSCIENCE	Vol.8 No.10	1371-1379	2005
36	Development of Selectivity for Natural Sounds in the Songbird Auditory Forebrain	Amin, N., Doupe, A., & Theunissen, F. E.	Journal of neurophysiology	Vol.97 No.5	3517-3531	2007
37	Learning Temporally Stable Representations from Natural Sounds: Temporal Stability as a General Objective Underlying Sensory Processing	Duff, A., Wyss, R., & Verschure, P. F. M. J.	LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE	Vol.- No.4669	129-138	2007

번호	제목	저자	학술지명	권호	수록면	발행년도
38	Detection and recognition of natural sounds	Abouchacra, K., Letowski, T., & Gothie, J.	ARCHIVES OF ACOUSTICS	Vol.32 No.3	603-616	2007
39	MUSICAL TAPESTRY: RE-COMPOSING NATURAL SOUNDS	Misra, A., Cook, P., & Wang, G.	PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL COMPUTER MUSIC CONFERENCE	Vol.- No.-	333-340	2006
40	Temporal Dynamics of Adaptation to Natural Sounds in the Human Auditory Cortex	Altmann, C. F., Nakata, H., Noguchi, Y., Inui, K., Hoshiyama, M., Kaneoke, Y., & Kakigi, R.	Cerebral cortex	Vol.18 No.6	1350-1360	2008
41	Invariance and Sensitivity to Intensity in Neural Discrimination of Natural Sounds	Billimoria, C. P., Kraus, B. J., Narayan, R., Maddox, R. K., & Sen, K.	The Journal of neuroscience	Vol.28 No.25	6304-6382	2008
42	Musical Tapestry: Re-composing Natural Sounds	Misra, A., Wang, G., & Cook, P.	JOURNAL OF NEW MUSIC RESEARCH	Vol.36 No.4	241-250	2007
43	A Study on Effects of Natural Sounds on Plants	Oku, T., Kita, K., & Nakamura, Y.	JOURNAL-INTERNATIONAL SOCIETY OF LIFE INFORMATION SCIENCE	Vol.26 No.1	117-122	2008
44	Spatio-temporal variability in human and natural sounds in a rural landscape	Matsinos, Y. G., Mazaris, A. D., Papadimitriou, K. D., Mniestris, A., Hatzigiannidis, G., Maioglou, D., & Pantis, J. D.	Landscape ecology	Vol.23 No.8	945-959	2008
45	Natural vs. unnatural sound changes: A reanalysis of occlusivization in Southeast Solomonic	Hall, T. A.	Folia linguistica historica	Vol.27 No.1-2	5-18	2006
46	Effects of Horticultural Therapy Applied by Natural Sound on the Depression of High School Students	Lee, Y. H., Lee, M. C., & Ro, M. L.	ACTA HORTICULTURAE	Vol.- No.790	105-108	2008
47	E203 Fundamental Visualization of Natural Sound and Manmade Sound	Yamagishi, Y., Kimura, S., & Inoue, S.	JOURNAL- VISUALIZATION SOCIETY OF JAPAN	Vol.28 No.-	437-438	2008
48	On typological plausibility and natural sound change	Picard, M.	TRENDS IN LINGUISTICS STUDIES AND MONOGRAPHS	Vol.96 No.-	267-272	1993
49	Acoustic quality comparison between natural sound and noise with the frequency-gradient rate	Hwang, J. H.	INTERNATIONAL CONGRESS ON ACOUSTICS	Vol.17 No.8	224-225	2001
50	Approach and Mixing Technique for Natural Sound Recording of Multichannel Audio	Hamasaki, K., Hiyama, K., Shinmura, T., & Akita, S.	PROCEEDINGS OF THE AES INTERNATIONAL CONFERENCE	Vol.19 No.-	176-181	2001
51	Natural sound archives: past, present and future	Ranft, R.	ANAIS- ACADEMIA BRASILEIRA DE CIENCIAS	Vol.76 No.2	455-465	2004

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

번호	제목	저자	학술지명	권호	수록면	발행년도
52	Noise threshold: Merzbow and the end of natural sound	Hegarty, P.	ORGANISED SOUND	Vol.6 No.3	193-200	2001
53	Sound frequency analysis and the site of snoring in natural and induced sleep	Agrawal, S., Stone, P., McGuinness, K., Morris, J., & Camilleri, A. E.	CLINICAL OTOLARYNGOLOGY -NEW SERIES-	Vol.27 No.3	162-166	2002
54	Natural Sound Statistics and Divisive Normalization in the Auditory System	Schwartz, O., & Simoncelli, E. P.	Advances in neural information processing systems	Vol.- No.13	166-172	2001
55	Characterization of the Natural Ambient Sound Environment	Boersma, H. F.	INTERNOISE	Vol.5 No.-	2465-2468	1996
56	Change Your Brain, Change Your Life, by Daniel G. Amen, MD	Siever, D.	JOURNAL OF NEUROTHERAPY	Vol.5 No.1-2	129-130	2001

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

1.5 A-사운드

인간이 자연의 소리를 통해서 안정감을 얻는 이유는 자연음의 미세한 리듬에 생체가 쉽게 감응하기 때문이다. 본 연구자는 오래전 자연에서 채집한 소리가 사람들의 기분을 상쾌하고 마음을 편하게 하는 '알파파 상태'로 유도하는 효과를 관찰하였고 이 효과를 음악 치료학적으로 활용하기 위해 자연의 소리를 포함하는 기능성 음악을 제작하여 보급하고 있다 (박경규 1994). 그림1.1-1은 본 연구자가 제작한 기능성 음악 프로그램의 일부를 보여주는 것으로 총 36종의 CD로 구성되어 있다. 이 기능성 음악은 각 영역별로 음악 프로그램과 자연의 소리를 적절하게 믹스하여 신체를 건강하게 회복하도록 하는 음약 (musical medicine) 역할을 하도록 의도하였다. 각 CD 프로그램의 부제로 '뇌 호흡을 위한 음악클리닉', '삼림욕을 위한 음악 클리닉', '명상을 위한 음악 클리닉', '정신 집중과 기억력을 위한 음악 클리닉', '수면을 위한 음악 클리닉' 등을 포함한다.

기능성 음악에 사용된 자연의 소리 중 산새 소리는, 알파파(Alpha Wave)를 유도하는 효과 때문에, A-사운드(alpha sound: AS)로 명명되어 (박경규 2000), 그동안 태교 음악 프로그램이나 정신 집중을 위한 음악 프로그램 등 다양한 생활 속의 기능성 음악 프로그램으로 활용되어 왔다. 자연음 산새 소리는 연구자가 디지털 녹음기 (DAT, Digital Audio Tape, Sonny D-10, Japan)를 이용하여 일본의 후지 산 산하, 캐나다의 몬트리올 근교의 산기슭, 한국 지리산 산하에서 채취하여 재편집한 것이다. 이 산새 소리에는 낮은 저주파수 사운드인 산 속 주변의 환경 음을 포함하고 있다. A-사운드는 사용자들로부터 정서적 안정은 물론 마음을 편안하게 유지시켜 준다는 좋은 호응을 얻고 있다 (박경규 1994, 2002).

자연음 산새 소리의 또 다른 효과는 본 연구자가 델타 음악을 이용한 수면이 유도된 피실험자에게 강한 알파파를 유도하는 것을 우연히 발견하면서 확인되었다. 즉, 본 연구자는 '델타 음악의 수면 유도 효과'를 연구를 하던 도중, 수면에 빠져있는 피 실험자를 깨울 때, A-사운드를 들려주었더니, 수면 뇌파인 델타파와 세타파는 급감소하고 (그림 1.1-2), 각성도와 관련된 알파파와 베타파, 감마파가 크게 증가하

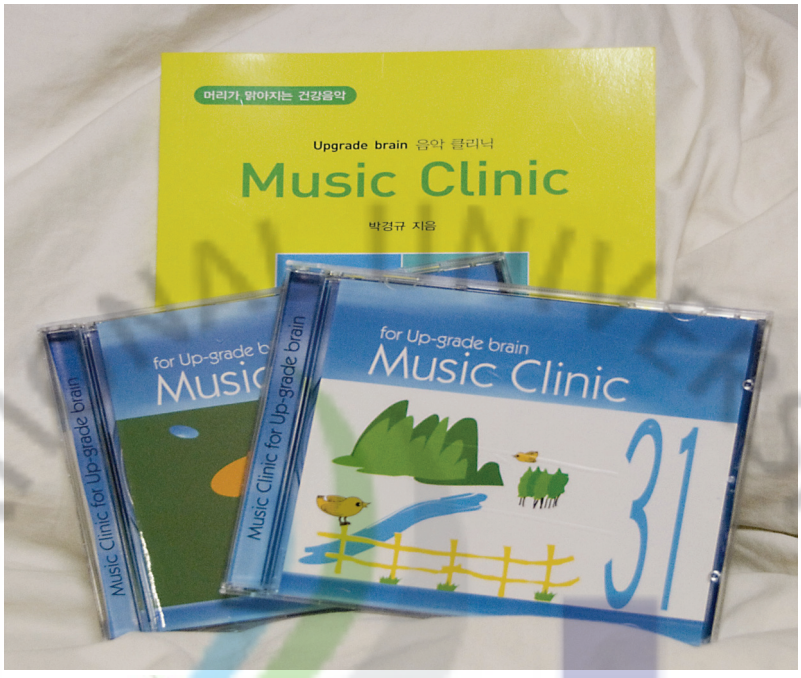
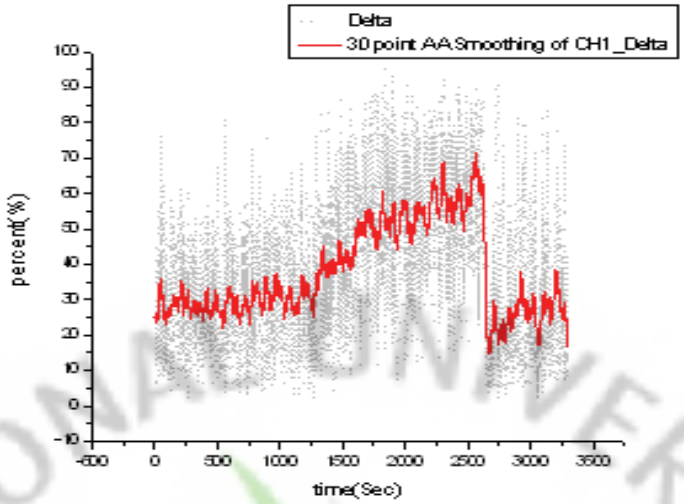
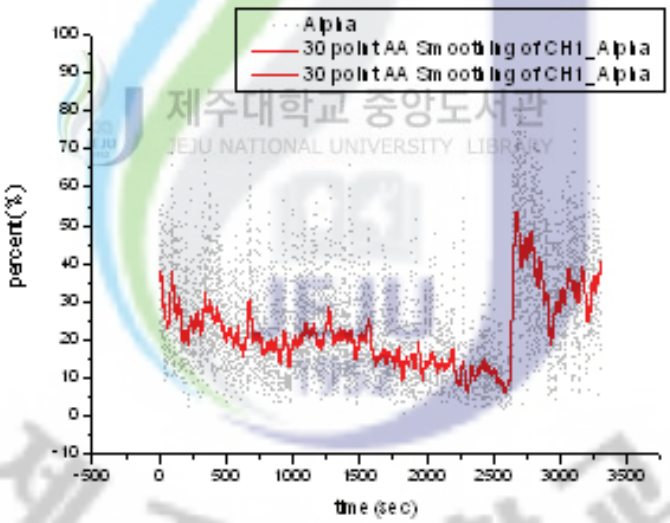


그림1.1-1 A-사운드를 활용한 기능성 음악 프로그램 CD (박경규 1994).

제주대학교 중앙도서관



(a)



(b)

그림1.1-2 수면 상태 피 실험자에게 A-사운드를 들려 줄 때 측정한 뇌파 신호. (a) 수면파인 delta wave는 급 감소하고, (b) 각성 상태를 반영하는 alpha wave는 급 상승한다.

는 것을 관찰할 수 있었다 (박경규 2003). 그림 1.1-2는 A-사운드는 수면 상태에서 유쾌하게 기상을 유도할 수 있는 음원으로 사용될 수 있다는 가능성을 보여주는 것이라 할 수 있다. 즉 A-사운드는 수면 상태를 각성 상태로 변환하는 데 효과적으로 사용될 수 있음을 암시한다.

1.6 연구의 동기

졸음을 방지하기 위해서는 졸음을 유발하는 원인을 제거하는 것이 필요하다. 전술한 바와 같이 청소년의 졸음 대부분 그 원인이 수면 부족에 있다. 청소년의 수면 부족은 국내의 열악한 교육 환경으로 인해 개선되기 어렵다. 청소년들이 현실적으로 수면 부족으로 인한 졸음을 피할 수 없다면, 학습 능력을 현저하게 저하시키는 졸음을 적절히 제어하거나 억제하는 현실적인 수단을 강구해야 한다.

제주대학교 중앙도서관

본 논문의 동기는 앞의 1.4 및 1.5에서 전술한 바와 같이 관련 연구들을 통해 '자연의 소리' 구체적으로 A-사운드가 청소년이 졸음에 대한 저항성을 높이는 친환경적인 수단이 될 수 있다 가능성에 근거를 두고 있다. 만약 약물을 사용하지 않고, A-사운드로 졸음을 억제할 수 있다면 성장 발육에 있는 청소년들에게 있어서 정서적 안정은 물론 인격 형성과 신체적인 성장에도 유익할 것으로 기대된다.

1.7 연구 목적 및 범위

본 연구의 목적은 청소년들의 일반적인 학습 상태에서 A-사운드가 학습자의 졸음 방지에 미치는 효과를 평가하기 위함이다.

실험은 감수성이 예민한 초등학교 5~6학년 학생을 대상으로 했으며, 학습 환경은 의자에 앉아 연구자가 지정한 서적을 읽도록 하여 구현하였다. 본 연구에서는 A-사운드 외에 자연 시냇물 소리, 고전 음악, 무 음악을 고려하여, A-사운드의 졸음 방지 효과와 대비하였다. 피 실험자의 졸림과 각성 상태는 주관적인 평가 척도와 뇌파를 기반으로 한 BIS 지수를 측정하여 평가하였다.

JEJU NATIONAL UNIVERSITY 1952
제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY
JEJU 1952
제 주 대 학 교

II. 실험 방법 및 내용

본 실험에서는 청소년들의 일반적인 학습 상태에서 배경음으로 들려준 A-사운드가 졸음 및 각성 상태에 미치는 영향을 평가하고자 한다. 청소년의 일반적인 학습 상태는 '익숙하지 않는 책'을 읽도록 하는 상황으로 구현했다 (그림2.1-1). 본 연구에서는 A-사운드 외에 추가로 3가지 배경음, 즉, 시냇물 소리 (Natural stream sounds, NSS), 고전음악 (classic music, CM), 무 음악 (no music, NM)을 고려하여, 각 음악의 졸음 방지에 대한 효과의 차를 비교하였다. 본 연구에서 사용된 책은 '미국의 문화 (주한 미국대사관 발행, 46배판)' 이다. 배경음은 헤드폰을 통해 들려주었으며, 고음과 중, 저음을 편안하게 들을 수 있으며 원음을 거의 그대로 재생시킬 수 있는 헤드폰 (HD 150, 18~22,000Hz, Sennheiser, Ireland)을 사용하였다 (그림2.1-2).

실험 전후 피 실험자의 졸린 정도는 '주관적인 졸음/각성도 척도 평가 도구' (표2.4-1)를 이용하여 평가하였고, 실험과정 동안 피 실험자의 졸린 상태는 BIS 신호를 통해 측정하였다 (그림2.5-4). BIS 지수 측정과 분석 데이터, 배경음의 재생은 컴퓨터에서 통합 관리하였다. 그림 2.1-3은 실험에서 사용한 실험 공간 및 BIS 측정 장치 및 실험용 의자를 포함한 실험 장치를 보여주고 있다. 피 실험자는 4가지 유형의 배경음에 대해 총 4회 실험에 참여한다. 실험의 학습 효과를 최소화하기 위해 피 실험자에게 들려주는 배경음의 유형별 순서는 무작위로 선정하였다.

2.1 피 실험자

서울시 노원구 지역에 거주하는 신체 건강한 청소년(초등 5,6학년) 총31명(남11, 여20)을 대상으로 실시하였다. 피 실험자들은 미성년자이므로 사전에 실험 내용을 공지하고, 부모의 참여 동의서를 받았다. 실험 기간 동안, 피 실험자는 평상시 수면의 리듬을 유지하도록 하였고, 어떤 약물도 복용하지 않도록 했다.

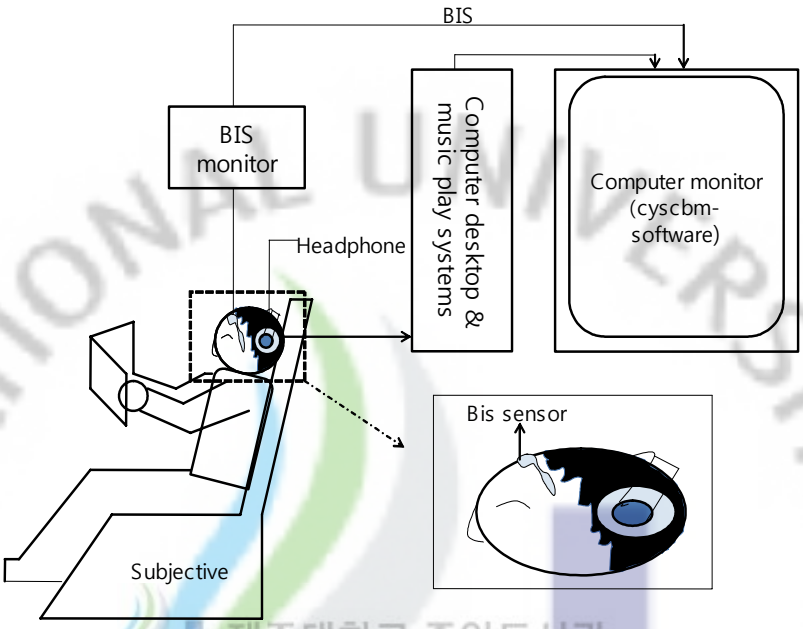


그림2.1-1. 실험의 개요 및 피 실험자에 대한 BIS 지수 측정 개념도

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

그림2.1-2 본 실험에서 사용한 헤드폰의 외관 사진 (HD 150, 18~22,000Hz, Sennheiser, Ireland).

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

그림2.1-3 실험실 측정 도구 (의자, BIS 측정 장치, 헤드폰, 컴퓨터 등).

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

2.2 배경음

본 실험에서는 A-사운드 외에 '시냇물 소리' 및 '고전음악', '무 음악'을 포함하는 4가지 배경음을 고려하였다.

1) A-사운드 (A-sounds, AS): 앞의 1.5에서 A-사운드에 대해 기술하고 있으며, 본 실험에서 사용한 A-사운드는, 선행 연구 (그림1.1-2, 박경규 2003)에서 효과가 확인된 Music clinic의 36CD 전집 (박경규 2005)에 수록되어 있는 '산새소리' 음원을 사용하였다.

2) 시냇물 소리 (natural stream sounds, NSS): 시냇물 소리 NSS는 연구자가 1993년 4월초, 캐나다 몬트리올 근교 산 아래의 흐르는 작은 시냇가에서 물 흐르는 소리를 디지털 녹음기(DAT)를 이용하여 채취한 소리이다. NSS에는 시냇가 주변의 다양한 환경음 (Environmental sounds), 예를 들어, 하늘에 날고 있는 종달새 소리 등이 함께 녹음 되어 있다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

3) 고전음악 (classic music, CM): 본 실험에서 고전음악 CM은 '모차르트 플룻 4중주곡 K. 285b 중에서 1악장 알레그로(Allegro of Flute Quartet C major K.285b by W. A. Mozart)'를 사용하였다. 이 곡의 감성적 성격은 상쾌하고 발랄하다. 음악적 구성은 기본 3화음과 속 7화음, 부7화음 중심으로 작곡된 모차르트의 작품 중 쾌적하고 싱그러운 작품 중의 하나이다. 또한 수험생들의 기억력 증진을 위한 알파 파 상승을 위해 분류된 음악요법 프로그램에 삽입되어있다 (박경규 1994). 이 곡은 1980~1990년까지 10여년 동안 공영방송인 KBS-FM에서 아침6시~7시까지 이른 아침을 상쾌한 선율로 문을 여는 장수 프로그램 '새 아침을 FM과 함께'의 시그널로 사용되기도 했다.

4) 무 음악 (no music, NM): 아무런 배경음이 없는 무 음악 상태이다. 이 경우에도 피 실험자에는 다른 배경음을 듣고 있는 상황과 유사하게 헤드폰을 착용하도록 했다.

그림 2.3-1은 3가지 배경음의 전형적인 파형을 보여주고 있으며, 그림2.3-2는 각 배경음에 대한 주파수 스펙트럼을 보여 주고 있다.

2.3 심리 음향학적인 특성

실험에 사용된 배경음이 인간의 심리에 작용하는 물리적인 특성을 평가하기 위해 음원에 대한 심리음향학적인 요소들에 대한 분석을 수행하였다. 실험 기간 20분 동안 들려주는 배경음을 웨이브 파일 형태로 저장한 후, 음파에 대한 주파수 스펙트럼을 살펴보고, 이를 바탕으로 하여 다양한 형태의 심리 음향 변수 값을 계산하였다. 본 연구에서 고려한 심리 음향 변수로는 주파수, 라우드니니스, 샤프니스, 러프니스, 토널리티 등 이며 이에 대한 상세한 설명은 최민주(1997)에 요약되어 있다. 본 연구에서 심리 음향 변수 값을 계산하기 위해 사용된 장비는 Head Acoustics (Germany) 이다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

2.3.1 음향 신호

그림 2.3-1은 본 실험에서 사용한 3가지 배경음 (AS, NSS, CM)에 대한 전형적인 음파의 신호를 350초 동안의 도시하고 있다. 그림에서 수평축은 시간 (sec)을 의미하고 수직축은 음압 (Pa)을 나타낸다. 그림에서 상단은 헤드폰 왼편 신호 (Left Channel), 하단은 헤드폰 오른편 신호 (Right Channel)를 의미 한다. 그림 2.3-1 부터 2.3-7까지에서 Left Channel과 Right Channel은 동일한 의미를 가진다.

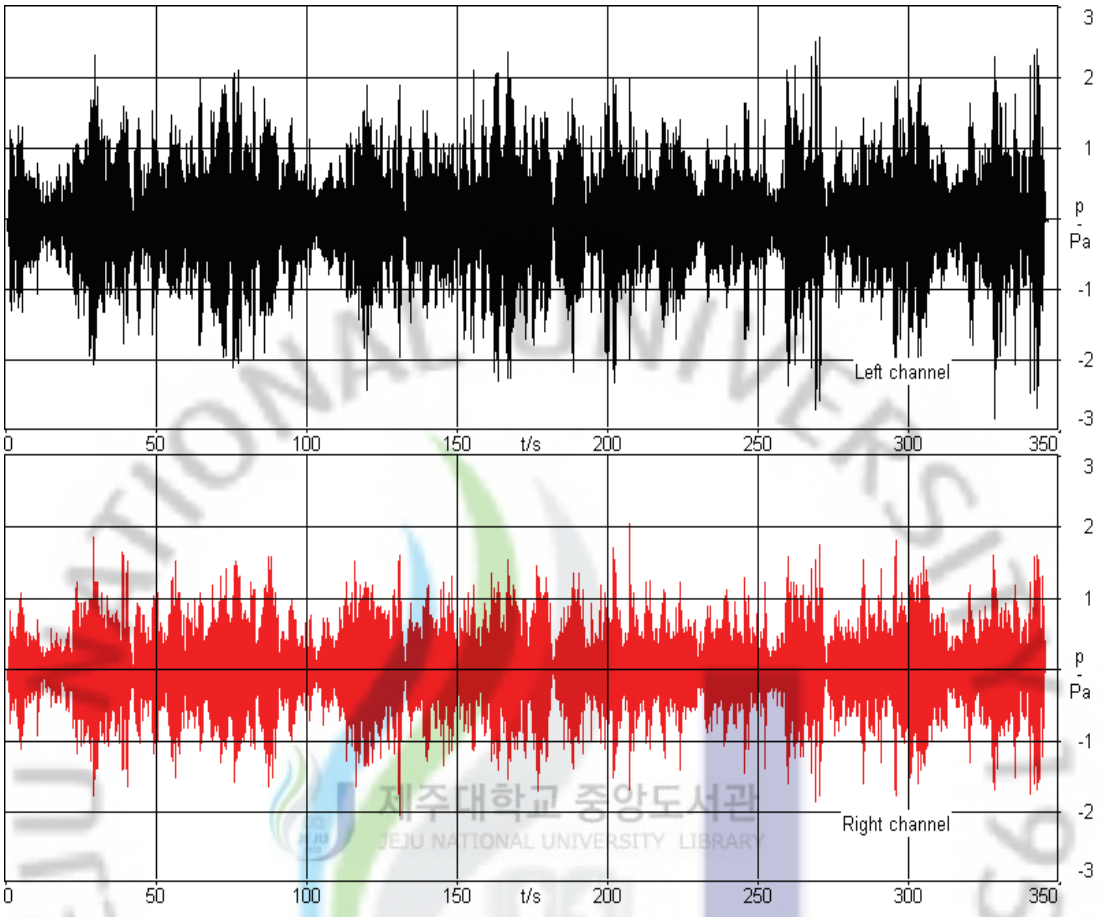
그림2.3-1에서 보여주는 바와 같이 3가지 유형 음파의 파형은 특성적으로 매우 다르다. 고전음악은 시간에 따른 음파 변화가 자연스럽게 연결되는 반면, 시냇물 소리와 산새소리는 짧은 시간 동안 유지되는 주기적으로 반복하는 펄스 형태의 신호를 포함한다. 펄스의 폭이 반복되는 시간은 산새소리가 시냇물 소리 보다 매

우 크다. 음파의 크기는 피 실험자가 느끼는 소리의 크기 (Loudness)가 ~5% 이내에서 유지될 수 있도록 각 배경음의 라우드니스 차를 ~5% 이내에서 유지하도록 음원의 크기를 설정하였다. 음파의 크기는 CM, NSS, AS 순으로 갈수록 82, 84, 87 dBL로 5% 이내의 범위에서 약간씩 커지고 있다. 스테레오 신호의 좌, 우 채널의 크기는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

2.3.2 주파수 스펙트럼

그림2.3-2는 앞서 보여준 3가지 배경음 음파 신호에 대한 주파수 스펙트럼을 도시한 것이다. 그림의 수평축은 주파수(Hz)이며, 수직축은 음압 수준 (SPL in dB)을 의미한다. 시간 축 음파 신호에서 보여 주듯이 3가지의 주파수 특성은 매우 다르다. 고전음악은 비교적 낮은 범위의 주파수 대역 (100~1,000 Hz)에 에너지가 분포 되어 있다. 반면 시냇물 소리는 500 Hz 이상의 높은 주파수 대역에서 에너지를 가지고 있다. 시냇물 소리는 아주 높은 주파수 성분 (3~5 kHz)에서 에너지가 튀는 구조를 보인다. A-사운드는 고전 음악보다는 높지만, 시냇물 소리 보다는 낮 은 주파수 영역 (0.5~3 kHz)에서 비교적 고르게 소리의 에너지가 모여 있다.

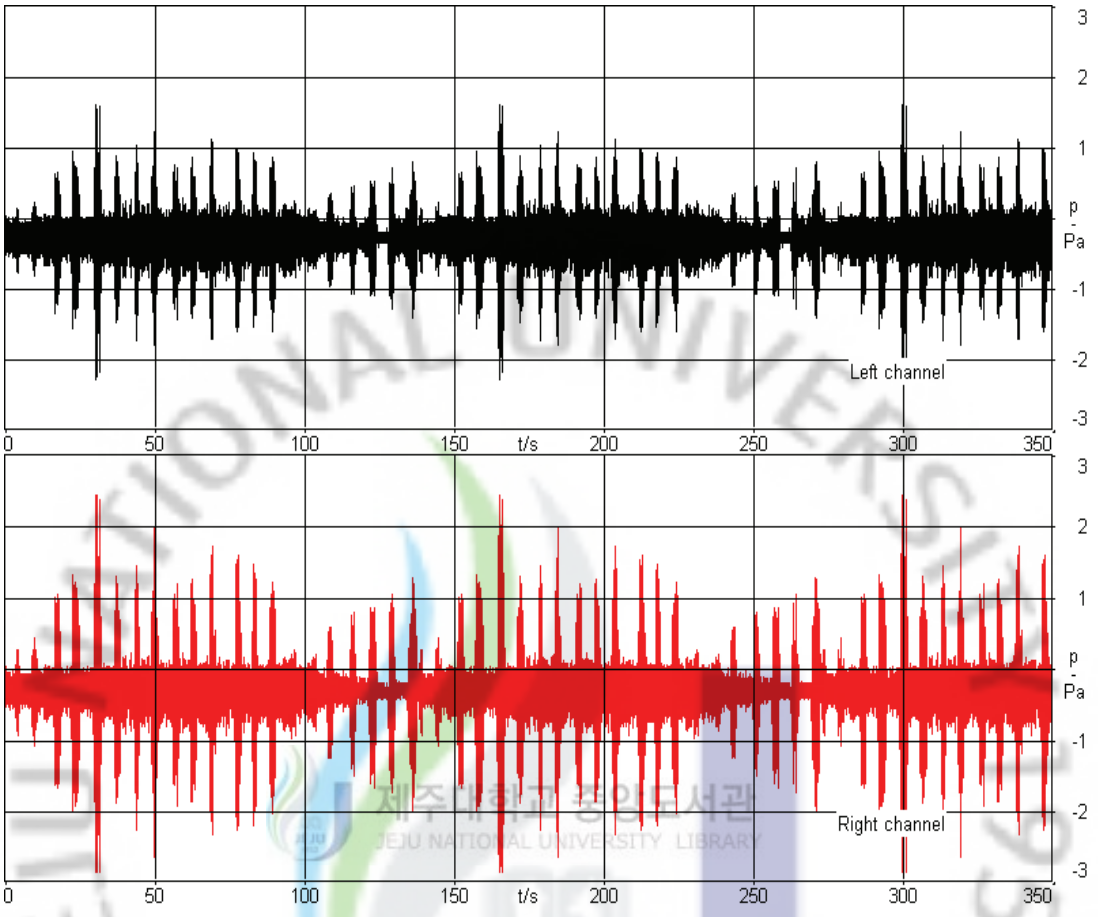
제주대학교 중앙도서관



(a)

그림2.3-1 실험에서 사용한 음악의 음향 신호. (a) 고전 음악, (b) 시냇물 소리, (c) A-사운드 - 상단: 헤드폰 왼쪽 신호, 하단: 헤드폰 오른쪽 신호, 수평 축: 시간 (sec), 수직 축: 압력 (Pa).

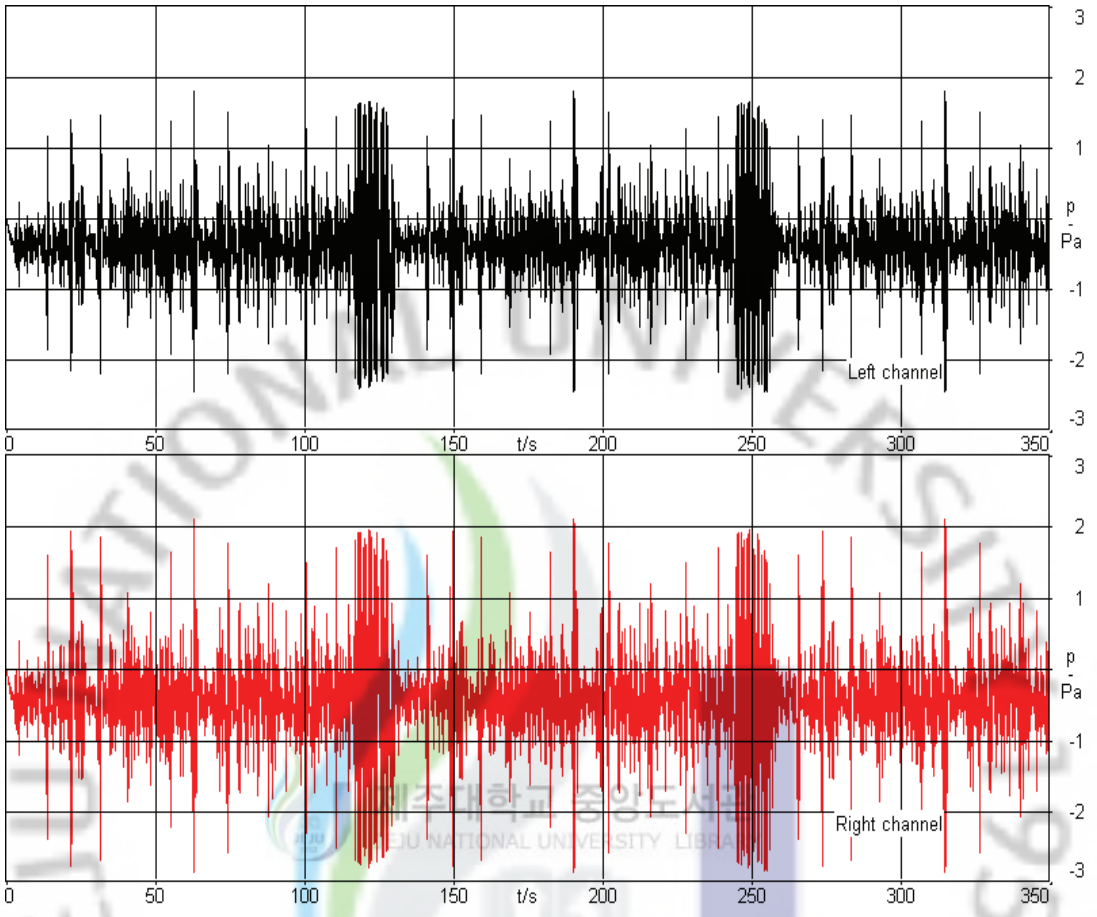
- 계속 -



(b)

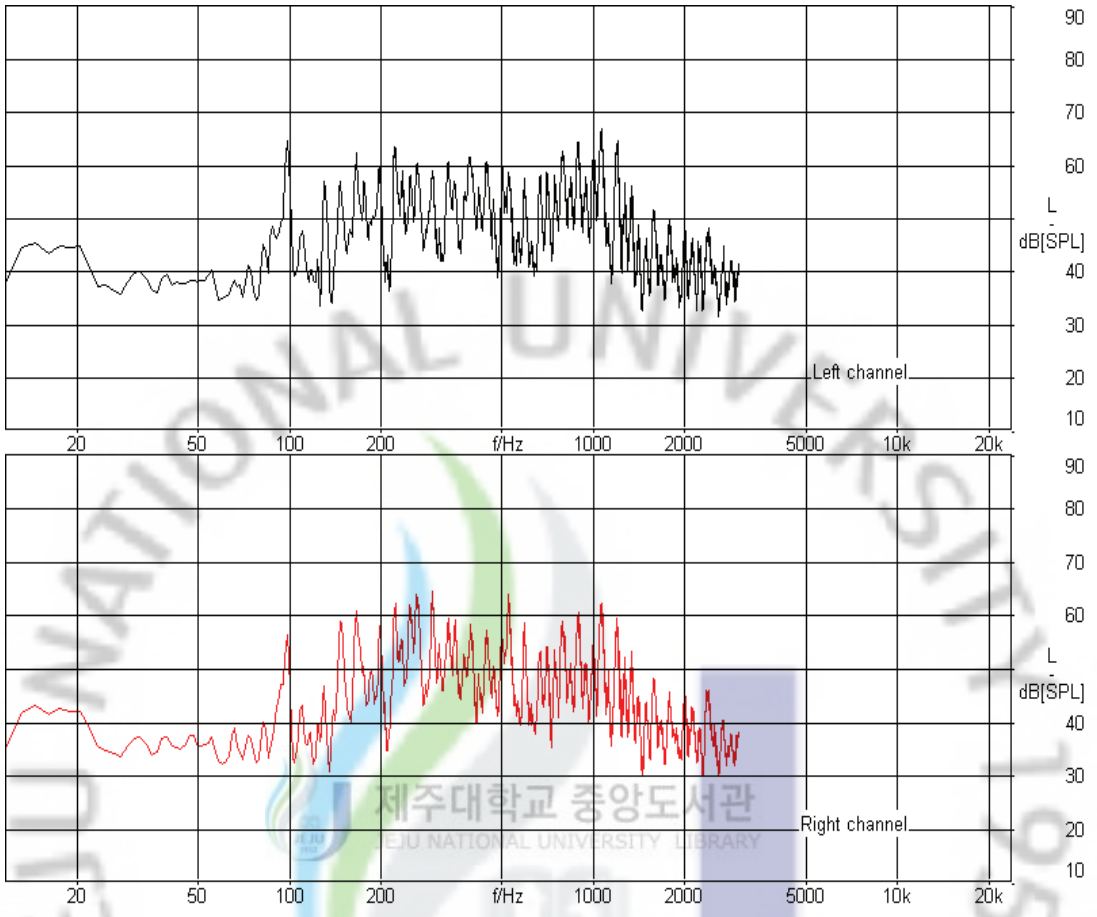
그림2.3-1 실험에서 사용한 음악의 음향 신호. (a) 고전 음악, (b) 시냇물 소리, (c) A-사운드 - 상단: 헤드폰 왼쪽 신호, 하단: 헤드폰 오른쪽 신호, 수평 축: 시간 (sec), 수직 축: 압력 (Pa).

- 계속 -



(c)

그림 2.3-1 실험에서 사용한 음악의 음향 신호. (a) 고전 음악, (b) 시냇물 소리, (c) A-사운드 - 상단: 헤드폰 왼쪽 신호, 하단: 헤드폰 오른쪽 신호, 수평 축: 시간 (sec), 수직 축: 압력 (Pa).

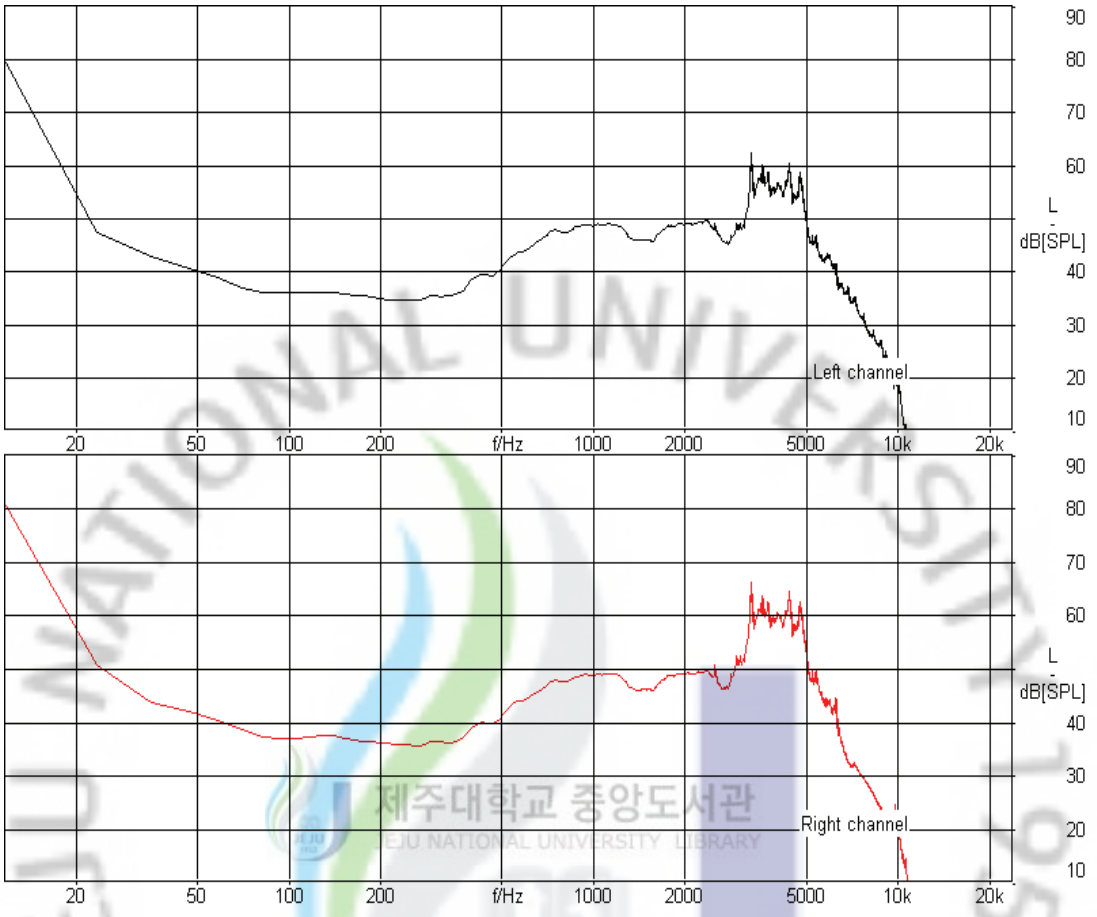


(a)

그림 2.3-2 실험에서 사용한 음악에 대한 음향 신호의 주파수 스펙트럼. (a) 고전 음악, (b) 시냇물 소리, (c) A-사운드 - 상단: 헤드폰 왼쪽 신호, 하단: 헤드폰 오른쪽 신호, 수평 축: 주파수 (Hz), 수직 축: 음압(SPL).

- 계속 -

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

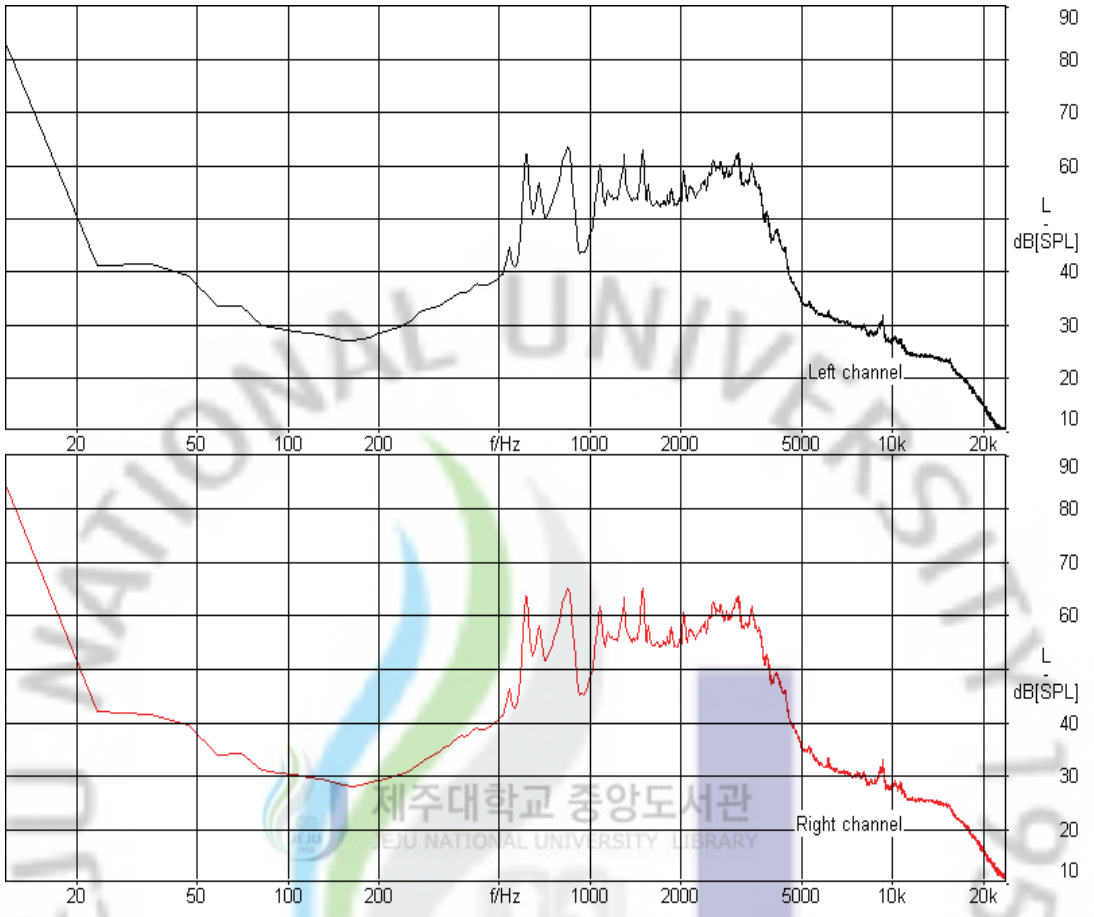


(b)

그림 2.3-2 실험에서 사용한 음악에 대한 음향 신호의 주파수 스펙트럼. (a) 고전 음악, (b) 시냇물 소리, (c) A-사운드 - 상단: 헤드폰 왼쪽 신호, 하단: 헤드폰 오른쪽 신호, 수평 축: 주파수 (Hz), 수직 축: 음압(SPL).

- 계속 -

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



(c)

그림 2.3-2 실험에서 사용한 음악에 대한 음향 신호의 주파수 스펙트럼. (a) 고전 음악, (b) 시냇물 소리, (c) A-사운드 - 상단: 헤드폰 왼쪽 신호, 하단: 헤드폰 오른쪽 신호, 수평 축: 주파수 (Hz), 수직 축: 음압(SPL).

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

2.3.3 시간-주파수 특성

배경음에 대한 주파수 스펙트럼 (그림 2.3-2)은 음파 신호 전체에 대한 평균적인 주파수 특성이다. 시간의 흐름에 따른 주파수 대역별 신호의 에너지는 3가지 배경음에 대한시간-주파수 스펙트럼 (그림 2.3-3)에서 볼 수 있다. 그림 2.3-3에서 수평축은 시간 (sec), 수직축은 주파수 (Hz)를 의미하고 영상은 음압 수준(SPL in dB)은 그림 하단 부에 제시된 color scale로 표현하였다. 고전 음악은 시간의 흐름에 따라 스펙트럼의 변화가 거의 없으며, 10~20 Hz의 저주파수 성분이 전 기간에 걸쳐 깔려 있다. 반면 자연의 소리는 10 Hz 이내의 주파수 성분이 높게 전 구간을 걸쳐 높게 유지 되고 있다. 시냇물 소리는 저음부 (20~100 Hz)와 고음부 (~5 kHz)에서 규칙적으로 반복되는 펄스 형 신호가 존재한다. A-사운드는 전 주파수 구간에 걸쳐 100초 단위로 반복되는 밴드가 보이고 있으며, 500 Hz ~ 5 kHz 구간에서 강한 소리의 에너지가 지속적으로 유지되고 있다. 고전음악은 3 kHz 부근에서 고주파수 소리의 에너지가 갑자기 사라지고 있으나, 자연의 소리는 이보다 매우 높은 범위의 주파수 성분을 포함한다. 즉 시냇물 소리는 10 kHz, A-사운드는 20 kHz 성분까지 포함한다.

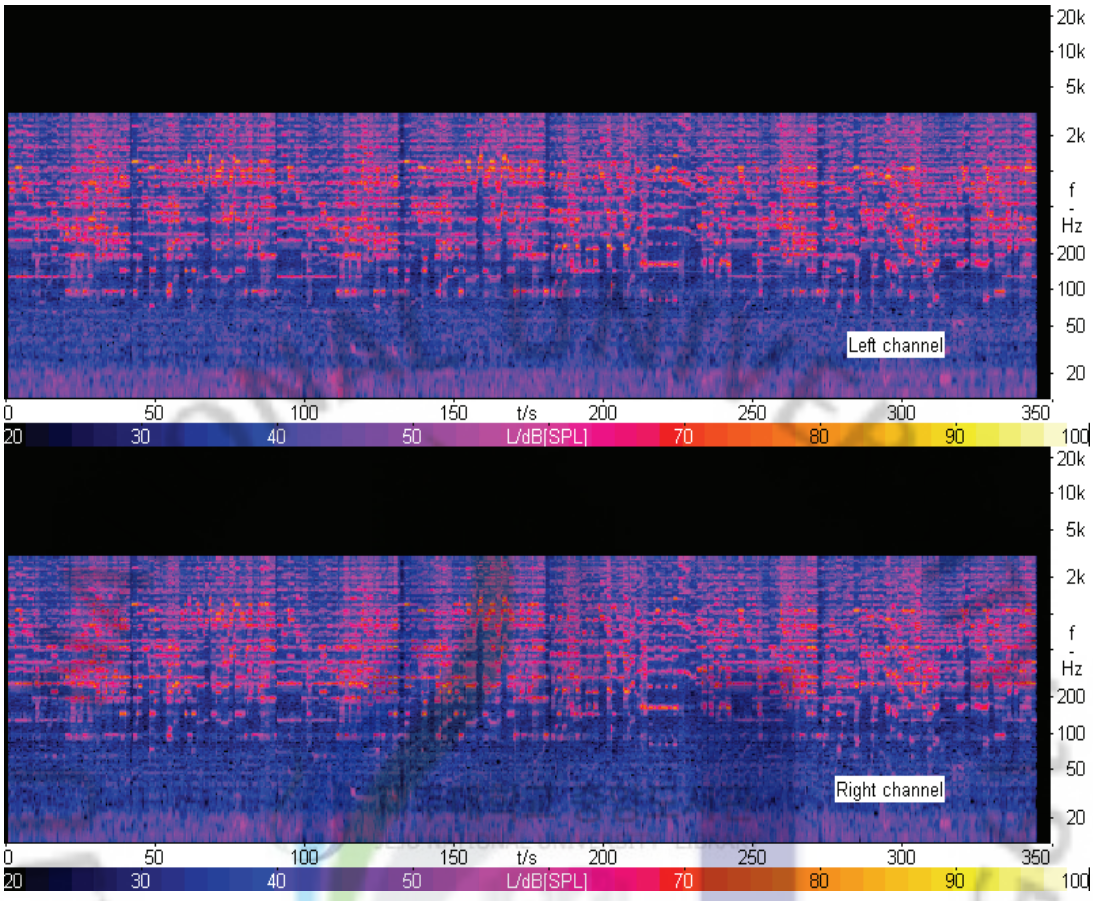
2.3.4 시간-라우드니스

심리 음향 변수의 대표적인 변수인 라우드니스는 인간이 느끼는 소리의 크기에 대한 심리적인 지수이고 단위로 sone을 사용 한다 (그림 2.3-4). 라우드니는 음원의 크기에 비례적인 관계에 있으며, 따라서 시간에 따른 구조는 그림 2.3-1에서 보여주는 음원의 파형과 유사하다. 고전 음악의 경우 라우드니스는 평균값을 중심으로 비교적 자연스럽게 상하로 변화하고 있지만, 자연음의 경우에는 주기성을 가지는 강한 펄스형 라우드니스 성분이 반복된다. 시냇물 소리는 대략 6~7초 정도 간격으로 반복되는 라우드니스 펄스가 확연히 구분되며, 이러한 펄스는 약 3초 정도 유지되며, 그 크기는 상승과 감소를 반복하고 있다. A-사운드는 130초 정도 간격으로 반복되는 폭이 10초 정도 유지되는 강한 라우드니스 펄스가 존재

한다. 이러한 펄스 사이에 자유스럽게 분포하는 강한 라우드니스 스파이크 성분이 불규칙적으로 반복된다. 라우드니스의 최대 크기는 시냇물 소리가 가장 크며 (<~90 sone), 이어서 A-사운드 순으로 크며 (>~80 sone), 고전음악 (<~60 sone) 순으로 감소하고 있다. 본 실험에서는 3가지 배경음의 전 시간 동안에 대한 라우드니스 평균값을 유사하게 하도록 하여 (<~5%) 소리 크기에 대한 효과의 차이를 배제하도록 하였다. 그림에서 볼 수 있듯이 실제로 배경음의 평균 라우드니스 값은 37.4~41.9 sone 범위의 값을 가진다 (표 2.3-1 참조).

2.3.5 시간-샤프니스

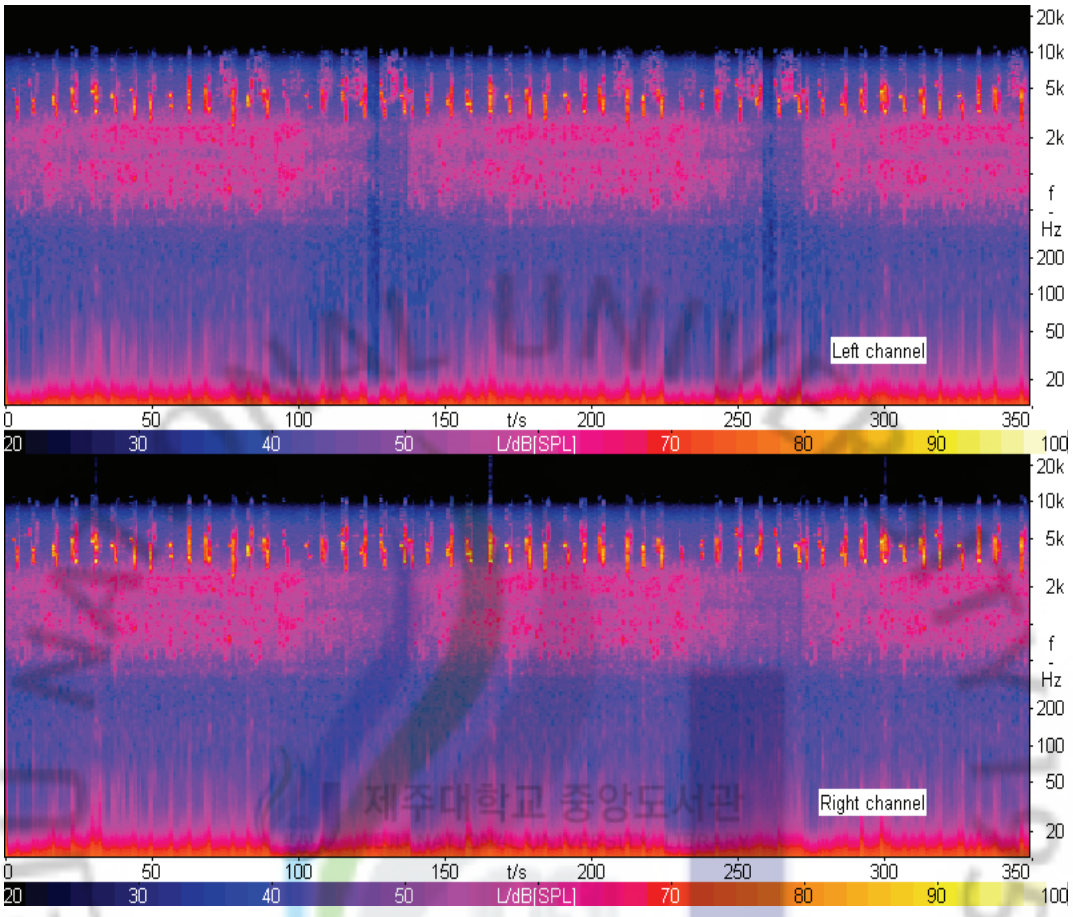
샤프니스는 고음부 소리의 상대적인 크기를 보여주는 지수이며, 단위로 acum을 사용한다. 그림 2.3-5는 3가지 배경음에 대한 시간에 따른 샤프니스의 변화를 도시한 것이다. 샤프니스의 기본 구조는 자연의 소리 라우드니스와 매우 유사하다. 이는 자연의 소리가 고전음악에 비해 높은 주파수 성분의 에너지가 풍부하기 때문이다. 시냇물 소리는 3가지 음원 중에서 가장 큰 샤프니스의 값을 가진다. 그림 2.3-2에서 볼 수 있듯이 시냇물 소리는 높은 주파수 대역에서 에너지가 집중되어 있어 샤프니스가 큰 값을 가진다. 고전 음악의 경우는 샤프니스가 1.25 ~ 2.5 acum 범위 내에서 변화하고 있으며, 평균치 (~2 acum)를 중심으로 불규칙적으로 요동하고 있다.



(a)

그림 2.3-3 실험에서 사용한 음악에 대한 음향 신호의 시간-주파수 스펙트럼. (a) 고전 음악, (b) 시냇물 소리, (c) A-사운드 - 상단: 헤드폰 왼쪽 신호, 하단: 헤드폰 오른쪽 신호, 수평 축: 시간 (sec), 수직축: 주파수 (Hz), Gray Scale: 음압 (SPL).

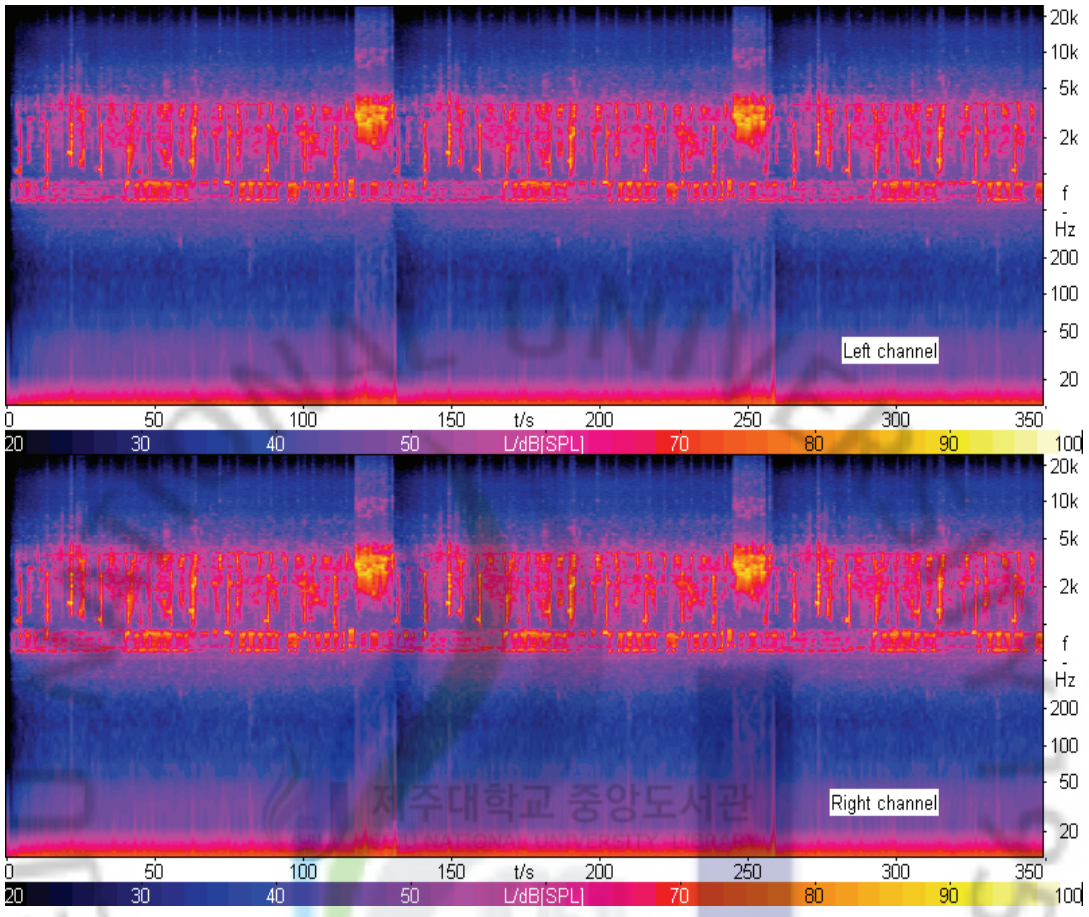
- 계속 -



(b)

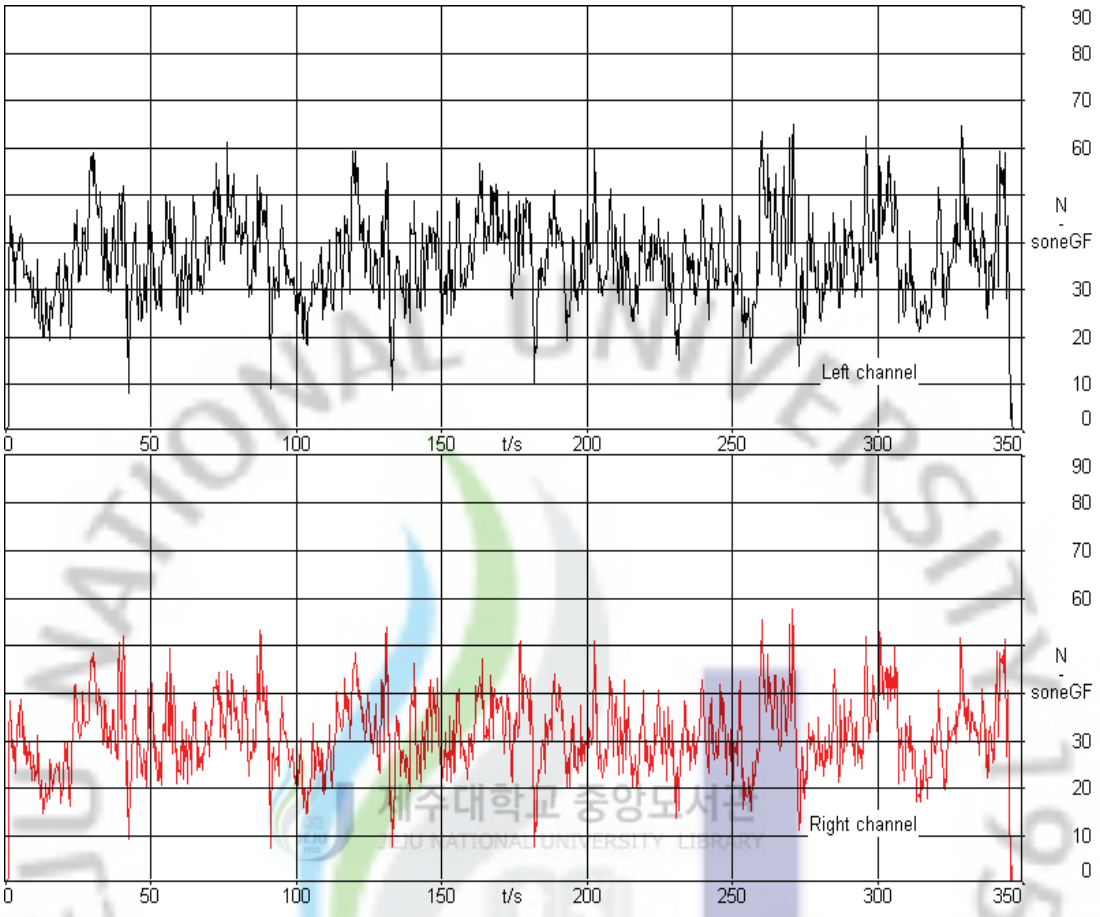
그림 2.3-3 실험에서 사용한 음악에 대한 음향 신호의 시간-주파수 스펙트럼. (a) 고전 음악, (b) 시냇물 소리, (c) A-사운드 - 상단: 헤드폰 왼쪽 신호, 하단: 헤드폰 오른쪽 신호, 수평 축: 시간 (sec), 수직축: 주파수 (Hz), Gray Scale: 음압 (SPL).

- 계속 -



(c)

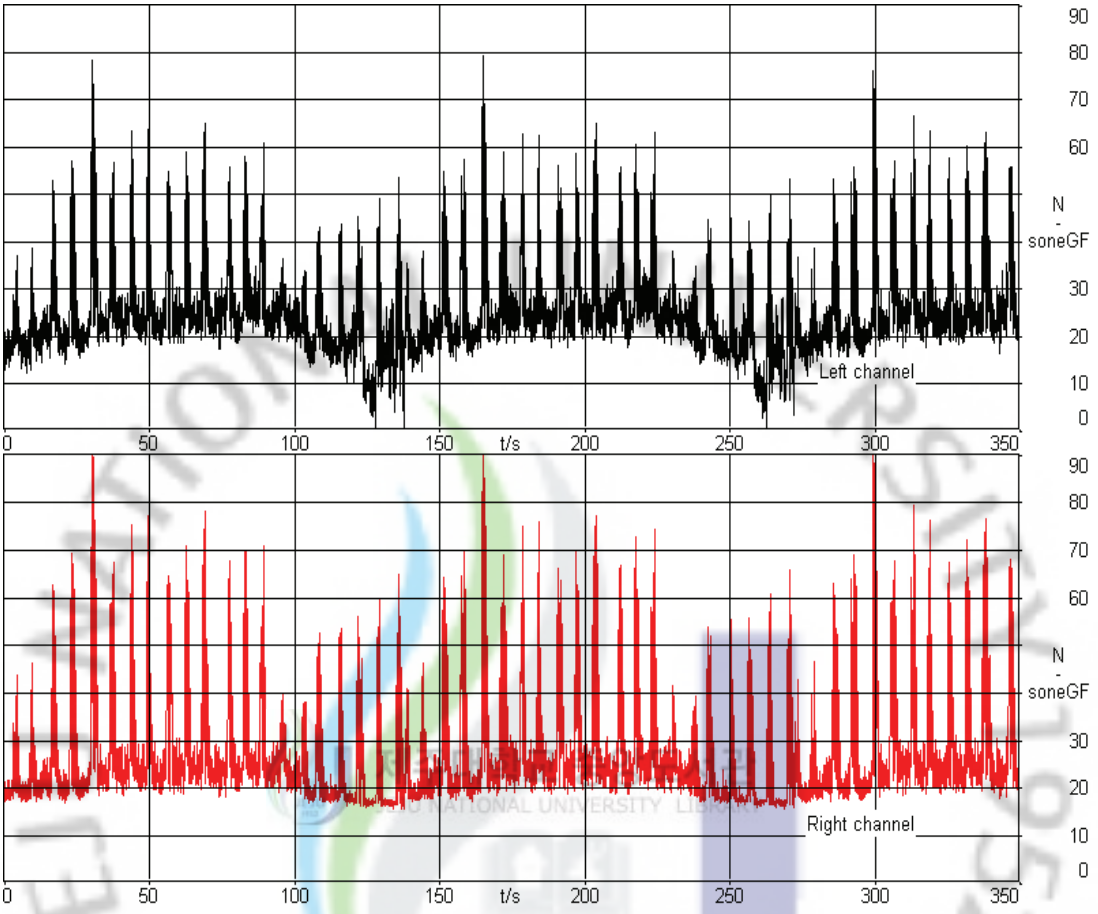
그림 2.3-3 실험에서 사용한 음악에 대한 음향 신호의 시간-주파수 스펙트럼. (a) 고전 음악, (b) 시냇물 소리, (c) A-사운드 - 상단: 헤드폰 왼쪽 신호, 하단: 헤드폰 오른쪽 신호, 수평 축: 시간 (sec), 수직축: 주파수 (Hz), Gray Scale: 음압 (SPL).



(a)

그림 2.3-4 실험에서 사용한 음악에 대한 음향 신호의 시간-라우드니스 특성. (a) 고전 음악 (b) 시냇물 소리, (c) A-사운드 - 상단: 헤드폰 왼쪽 신호, 하단: 헤드폰 오른쪽 신호, 수평 축: 시간 (sec), 수직 축: 라우드니스 (Sone).

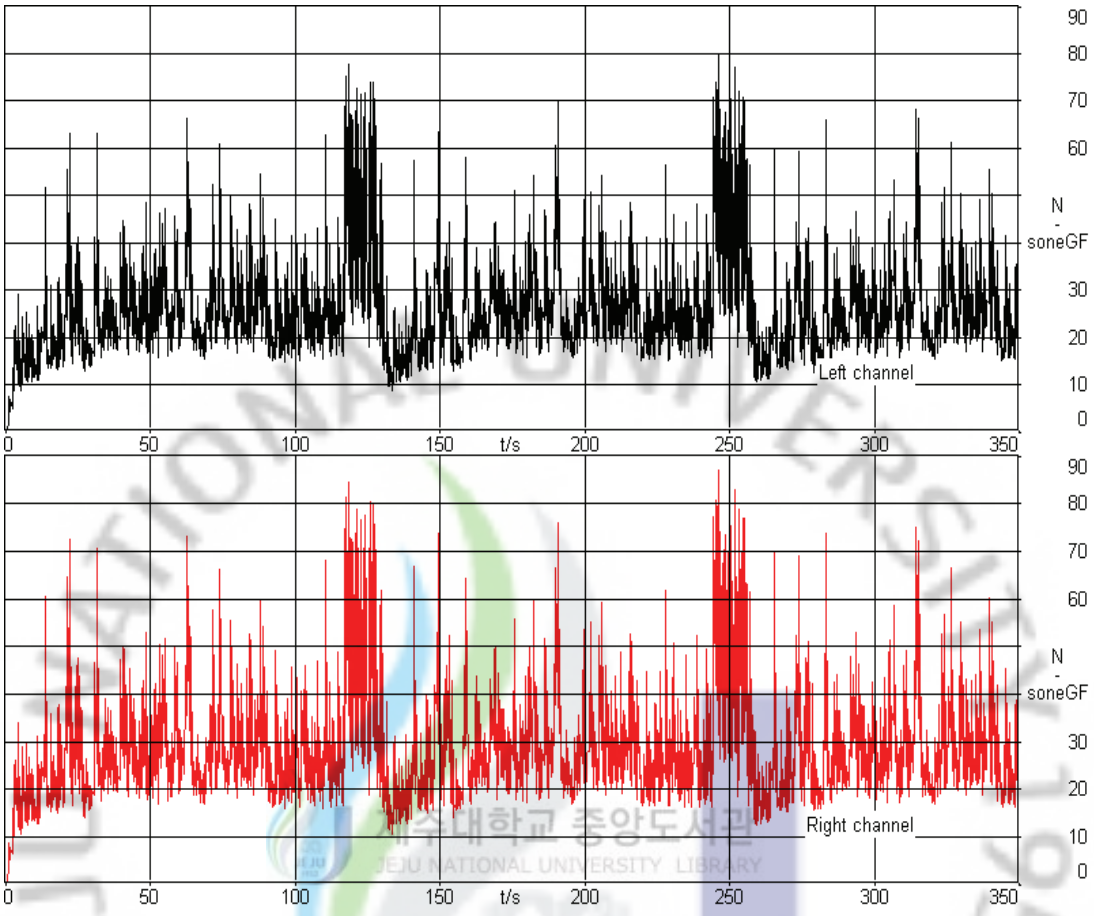
- 계속 -



(b)

그림 2.3-4 실험에서 사용한 음악에 대한 음향 신호의 시간-라우드니스 특성. (a) 고전 음악 (b) 시냇물 소리, (c) A-사운드 - 상단: 헤드폰 왼쪽 신호, 하단: 헤드폰 오른쪽 신호, 수평 축: 시간 (sec), 수직 축: 라우드니스 (Sone).

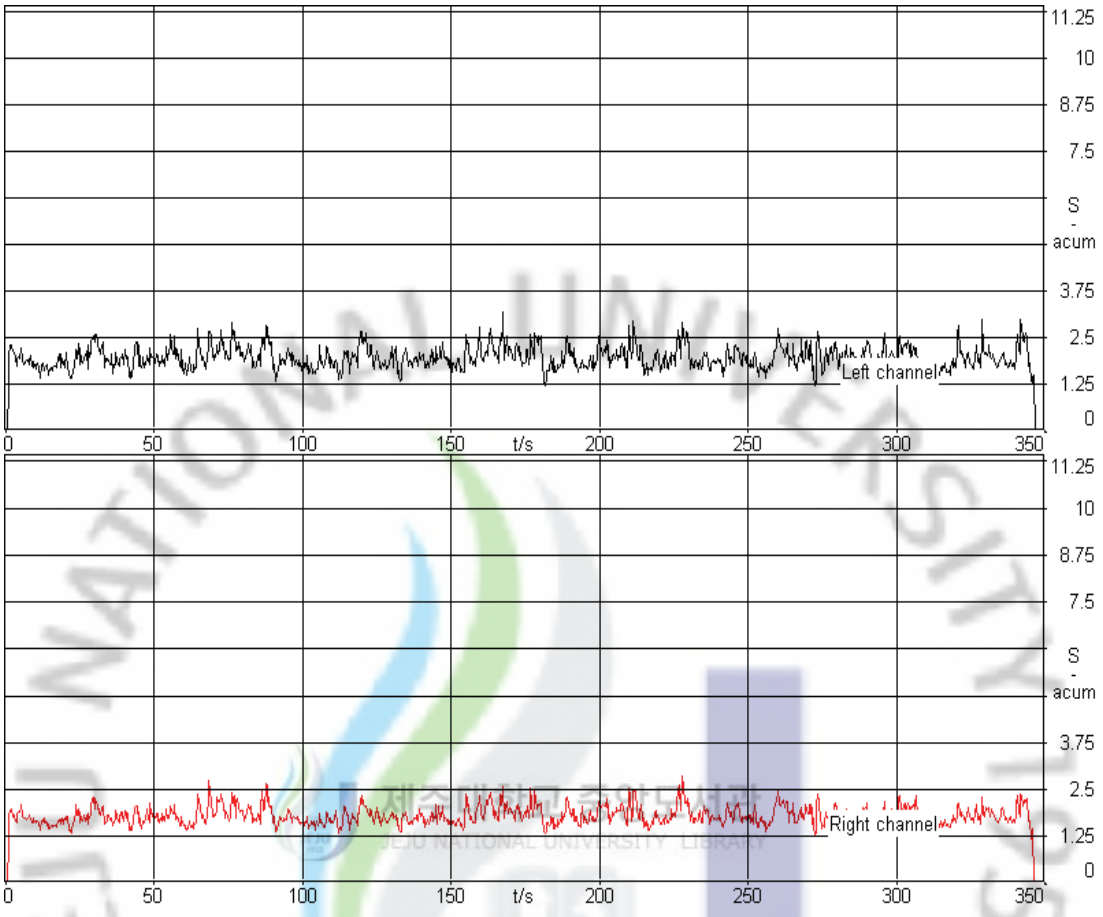
- 계속 -



(c)

그림 2.3-4 실험에서 사용한 음악에 대한 음향 신호의 시간-라우드니스 특성. (a) 고전 음악 (b) 시냇물 소리, (c) A-사운드 - 상단: 헤드폰 왼쪽 신호, 하단: 헤드폰 오른쪽 신호, 수평 축: 시간 (sec), 수직 축: 라우드니스 (Sone).

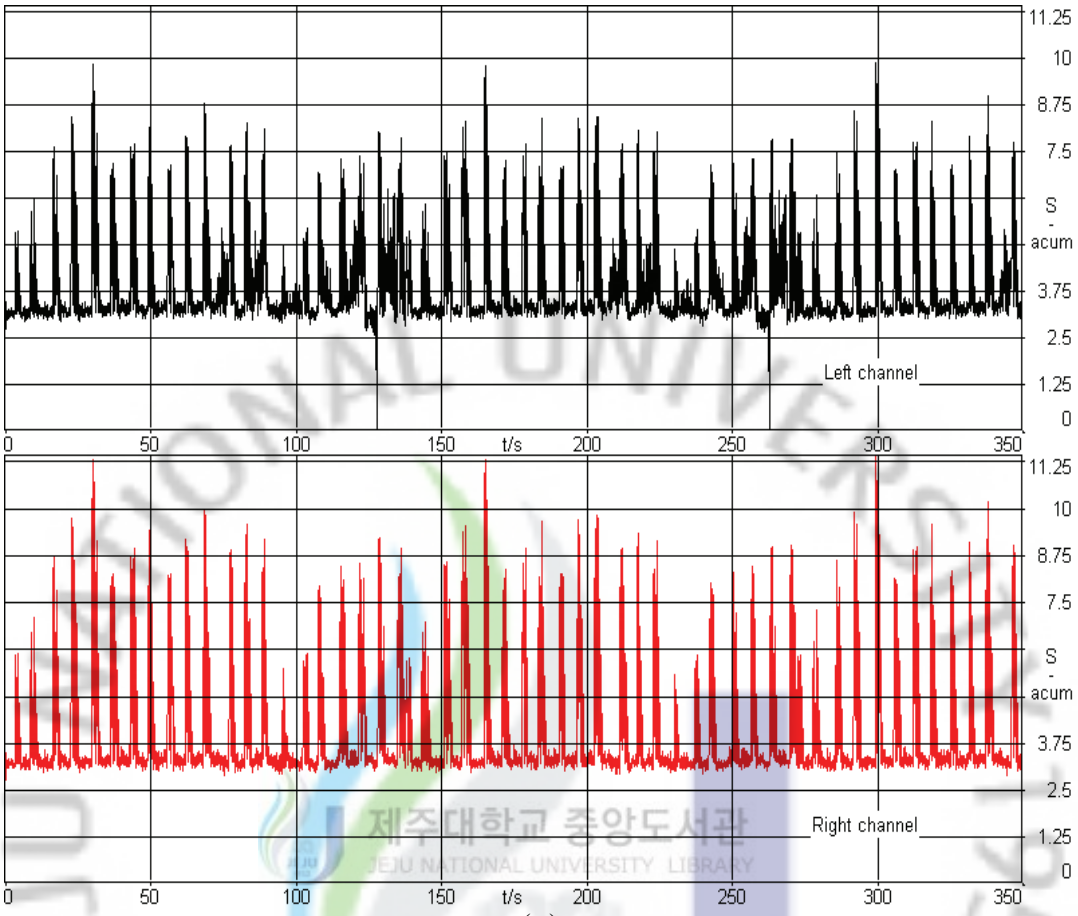
제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



(a)

그림 2.3-5 실험에서 사용한 음악에 대한 음향 신호의 시간-사프니스 특성. (a) 고전 음악 , (b) 시냇물 소리, (c) A-사운드 - 상단: 헤드폰 왼쪽 신호, 하단: 헤드폰 오른쪽 신호, 수평 축: 시간 (sec), 수직 축: 샤프니스 (acum).

- 계속 -

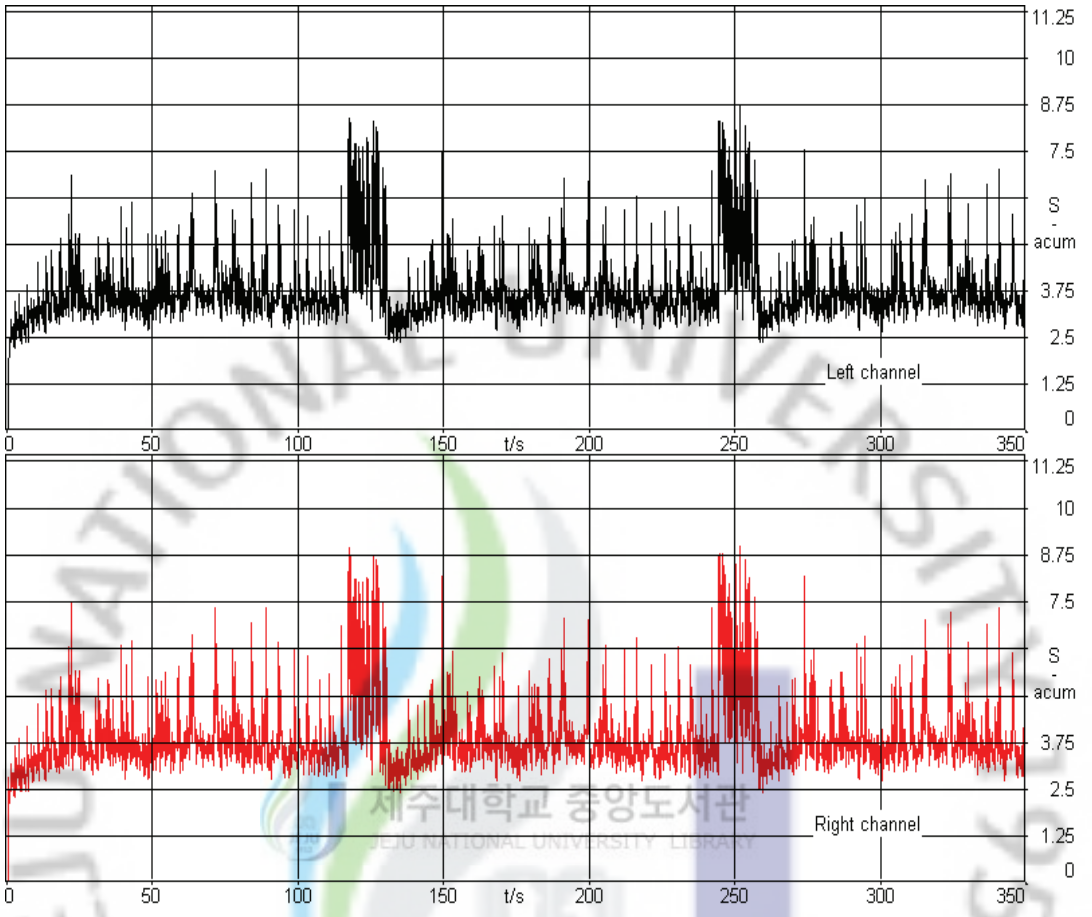


(b)

그림 2.3-5 실험에서 사용한 음악에 대한 음향 신호의 시간-사프니스 특성. (a) 고전 음악 , (b) 시냇물 소리, (c) A-사운드 - 상단: 헤드폰 왼쪽 신호, 하단: 헤드폰 오른쪽 신호, 수평 축: 시간 (sec), 수직 축: 샤프니스 (acum).

- 계속 -

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



(c)

그림 2.3-5 실험에서 사용한 음악에 대한 음향 신호의 시간-사프니스 특성. (a) 고전 음악 , (b) 시냇물 소리, (c) A-사운드 - 상단: 헤드폰 왼쪽 신호, 하단: 헤드폰 오른쪽 신호, 수평 축: 시간 (sec), 수직 축: 샤프니스 (acum).

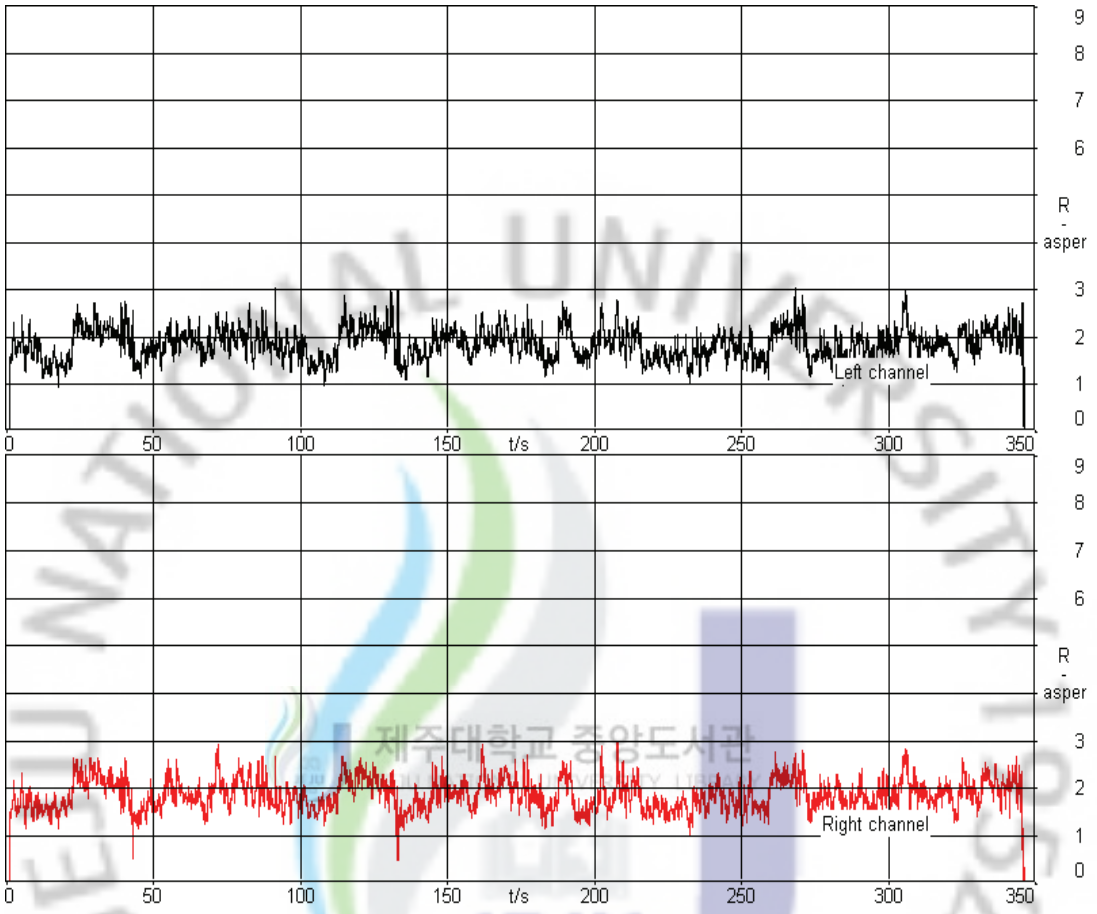
2.3.6 시간-러프니스

그림 2.3-6은 시간에 따른 신호구조의 특성, 배경음의 러프니스 값의 변화를 도시하고 있다. 러프니스는 비교적 큰 주파수 차이를 가지는 두 소리가 합성될 때 발생되는 소리의 beating 현상을 정량화 한 지수이다. 단위로 asper를 사용한다. 심리적으로 음의 거칠기와 관련된다. 그림에서 보여 주듯이 러프니스는 서로 유사한 구조를 보여주고 있는 음원의 파형, 라우드니스, 샤프니스와는 상당히 다른 구조적인 특성을 보여 주고 있다. 고전 음악은 상대적으로 매우 낮은 러프니스 값 (2 asper)를 중심으로 상하로 변화하고 있다. 시냇물 소리는 140 초 가량 주기로 크게 요동치며, 주기 내에서 시간에 따라 변화하는 6~7초 간격으로 튀는 신호의 성분을 가진다. A-사운드는 역시 시냇물 소리와 유사한 주기 (~130sec)로 구조적인 특성이 반복하고 있으나 약 9~10초 간격으로 튀는 신호의 크기는 상대적으로 비슷한 수준을 유지하고 있다. 러프니스의 최대 값은 A-사운드에서 가장 높은 ~8 asper 이며, 시냇물 소리에서 ~7 asper 의 값을 가진다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

2.3.7 시간-토널러티

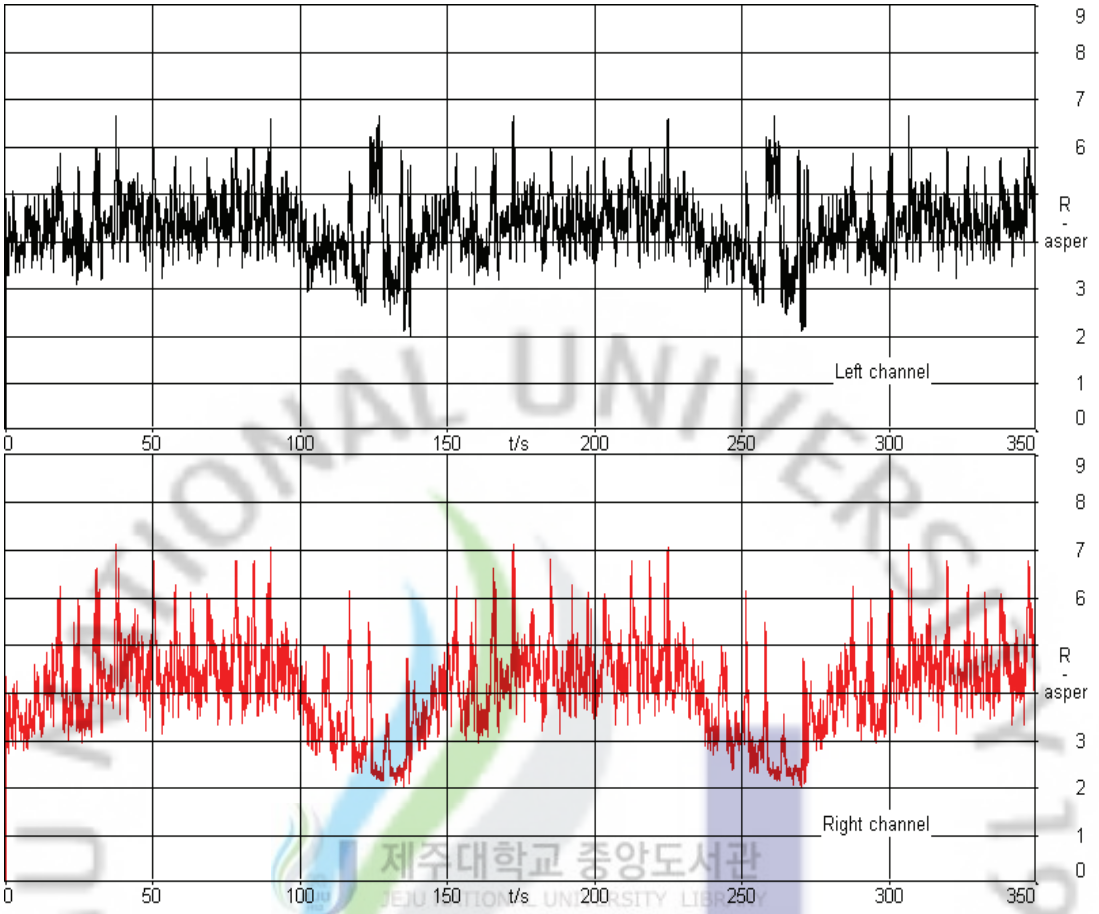
심리 음향 변수 토널리티는 특정한 톤이 얼마나 강조되는 가에 대한 느낌을 수치로 표현한다. 단위로 tu를 사용한다. 그림 2.3-7은 3가지 음원에 대해 시간의 변화에 따른 토널리티 값의 변화를 도시하고 있다. 전술한 다른 심리 음향 변수와 유사하게 고전음악에 비해 자연음에서 토널리티가 크게 나타났다. 그러나 다른 심리 음향 변수보다는 상대적으로 그 차이는 적은 것으로 나타났다. 3가지 음원의 토널리티의 최대 값은 A-사운드 (<~0.6 tu), 시냇물 소리 (<~0.6 tu), 고전음악 (<~0.4 tu)로 감소하고 있다.



(a)

그림 2.3-6 실험에서 사용한 음악에 대한 음향 신호의 시간-러프니스 특성. (a) 고전 음악, (b) 시냇물 소리, (c) A-사운드 - 상단: 헤드폰 왼쪽 신호, 하단: 헤드폰 오른쪽 신호, 수평 축: 시간 (sec), 수직 축: 러프니스 (asper).

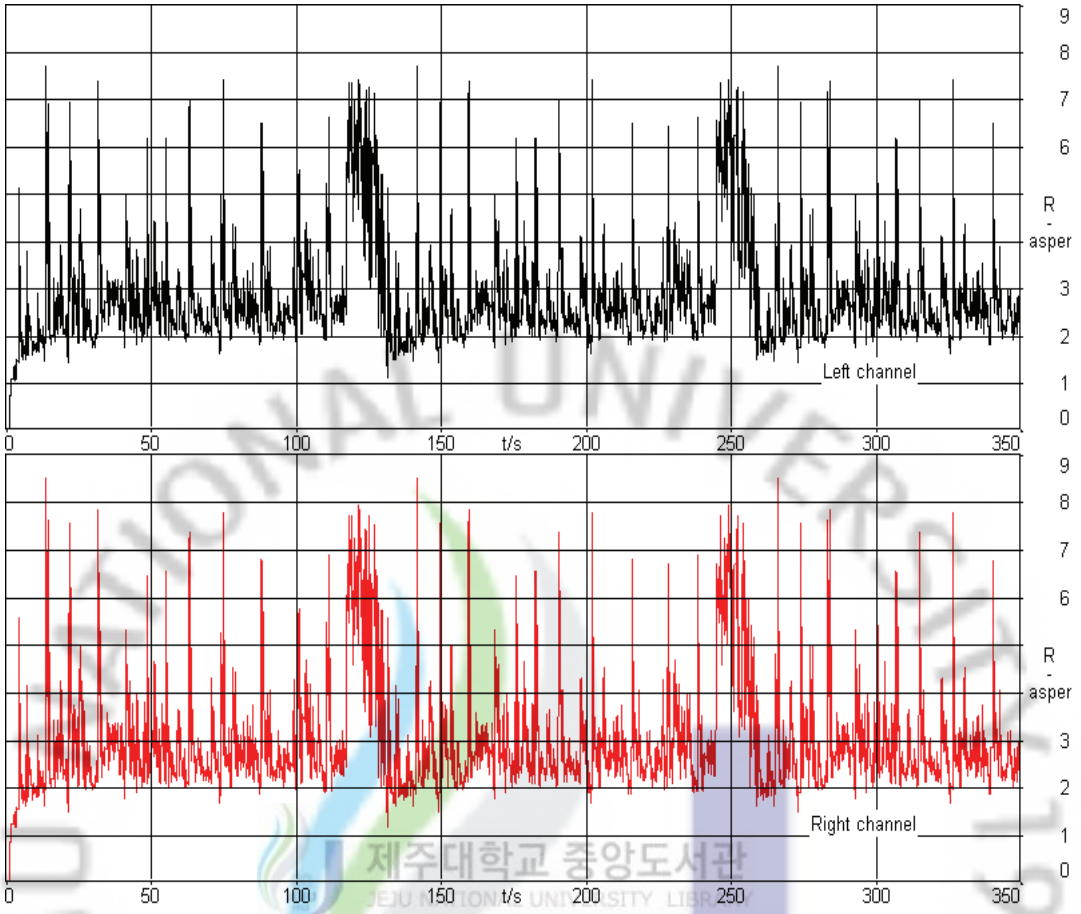
- 계속 -



(b)

그림 2.3-6 실험에서 사용한 음악에 대한 음향 신호의 시간-러프니스 특성. (a) 고전 음악, (b) 시냇물 소리, (c) A-사운드 - 상단: 헤드폰 왼쪽 신호, 하단: 헤드폰 오른쪽 신호, 수평 축: 시간 (sec), 수직 축: 러프니스 (asper).

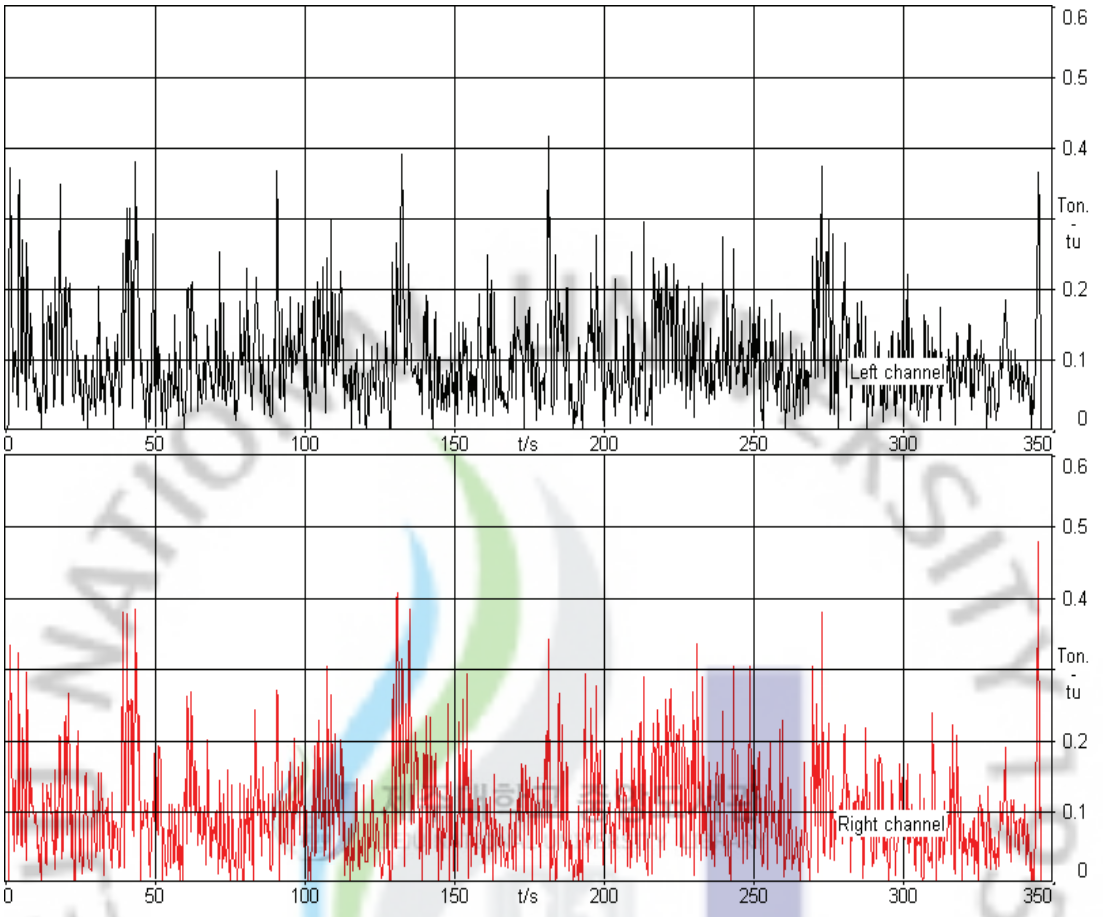
- 계속 -



(c)

그림 2.3-6 실험에서 사용한 음악에 대한 음향 신호의 시간-러프니스 특성. (a) 고전 음악, (b) 시냇물 소리, (c) A-사운드 - 상단: 헤드폰 왼쪽 신호, 하단: 헤드폰 오른쪽 신호, 수평 축: 시간 (sec), 수직 축: 러프니스 (asper).

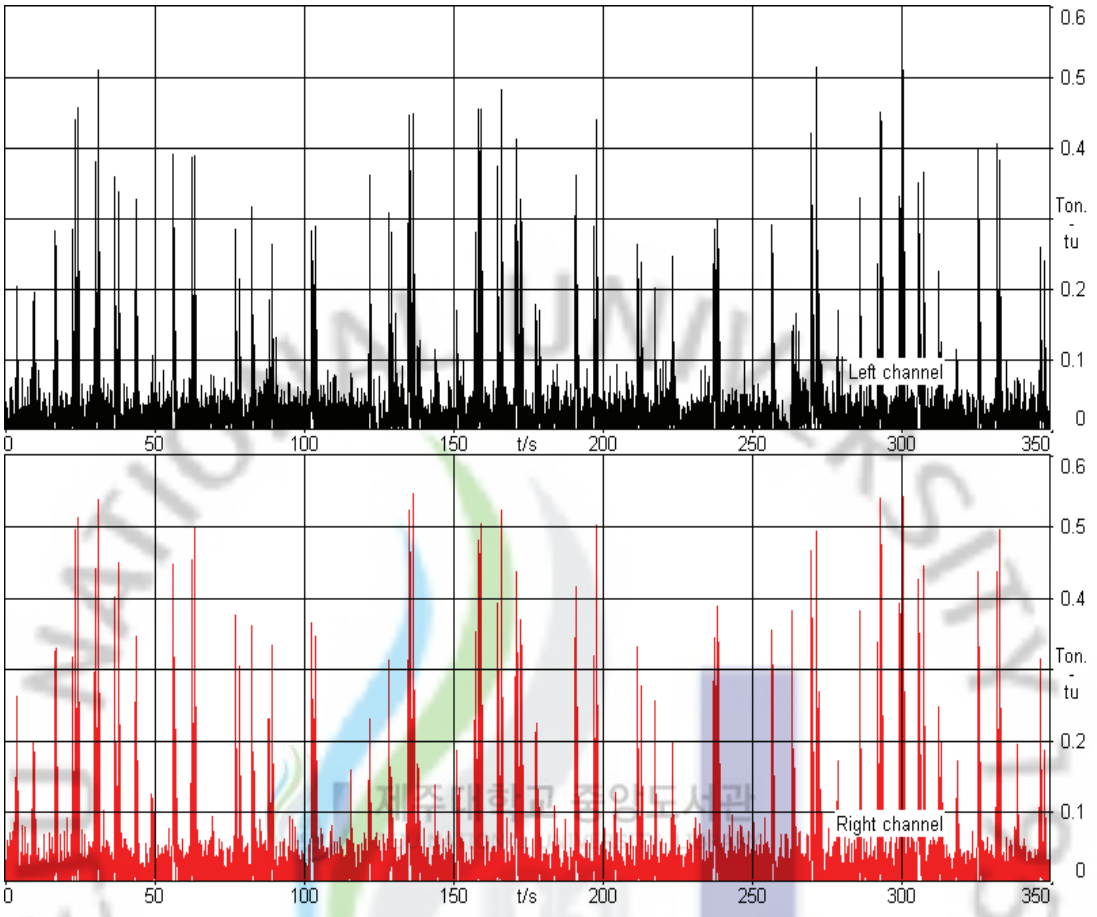
제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



(a)

그림 2.3-7 실험에서 사용한 음악에 대한 음향 신호의 시간-토널리티 특성. (a) 고전 음악 , b) 시냇물 소리, (c) A-사운드 - 상단: 헤드폰 왼쪽 신호, 하단: 헤드폰 오른쪽 신호, 수평 축: 시간 (sec), 수직 축: 토널리티 (tu).

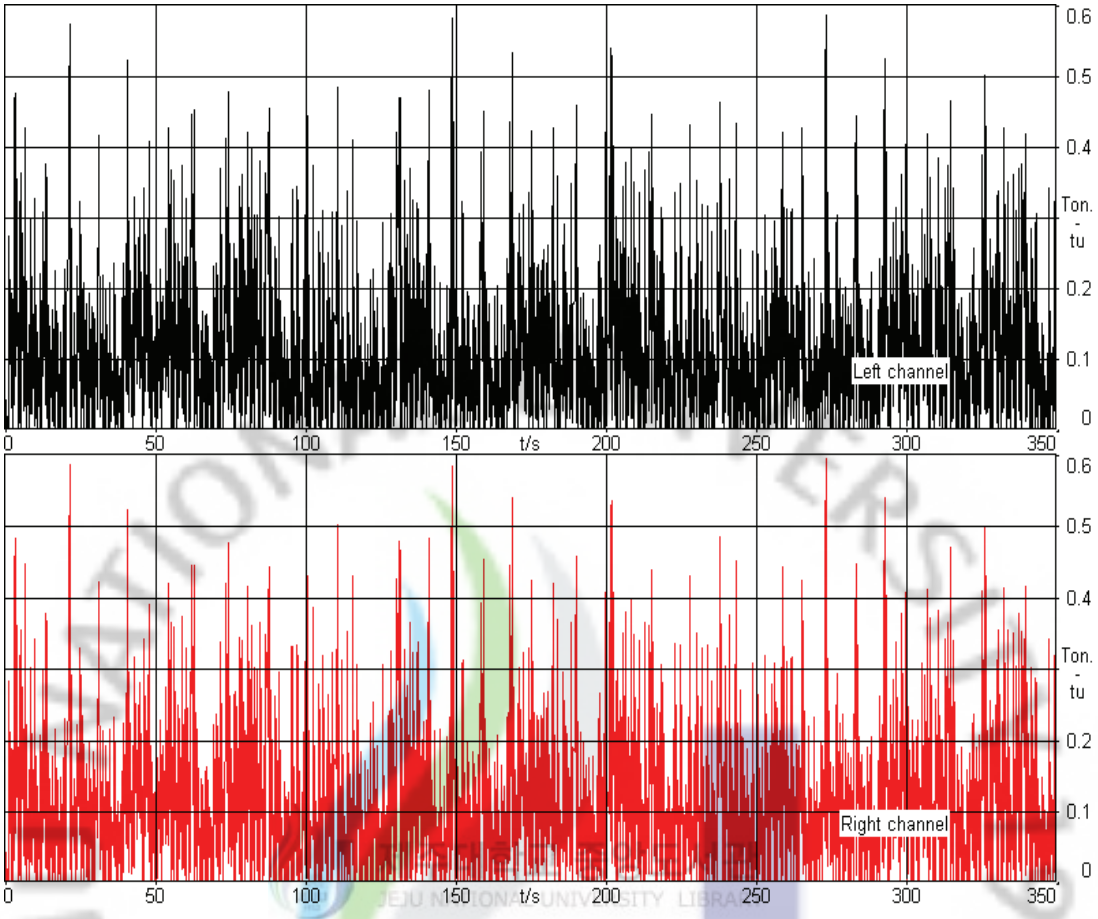
- 계속 -



(b)

그림 2.3-7 실험에서 사용한 음악에 대한 음향 신호의 시간-토널리티 특성. (a) 고전 음악 , b) 시냇물 소리, (c) A-사운드 - 상단: 헤드폰 왼쪽 신호, 하단: 헤드폰 오른쪽 신호, 수평 축: 시간 (sec), 수직 축: 토널리티 (tu).

- 계속 -



(c)

그림 2.3-7 실험에서 사용한 음악에 대한 음향 신호의 시간-토널리티 특성. (a) 고전 음악 , b) 시냇물 소리, (c) A-사운드 - 상단: 헤드폰 왼쪽 신호, 하단: 헤드폰 오른쪽 신호, 수평 축: 시간 (sec), 수직 축: 토널리티 (tu).

2.3.8 요약

본 실험에서 사용한 3가지 배경음의 음향 신호는 구조적으로 매우 다른 양상을 보이고 있다. 350초 동안 기록한 음파에서 A-사운드는 3번 정도 130초 간격으로 강한 새소리 음이 강하게 반복되고 있다. 반면, 시냇물 소리는 6~7초를 주기로 튀는 신호음이 특징적으로 나타나고 있다 고전음악은 자연스럽게 변화하는 부드러운 형태를 유지한다. 주파수 특성 역시 3가지 음원이 매우 구별된다. 고전음악은 저주파 대역에 에너지가 주로 모여 있는 반면, 자연의 소리는 상대적으로 고 주파수 성분을 많이 포함하고 있다. 특히 A-사운드를 500 Hz ~ 5 kHz 범위에서 에너지가 높고 고르게 분포하고 있으며, 시냇물 소리는 3 ~ 5 kHz 범위에서 아주 강한 에너지를 보유하고 있다. 심리 음향 변수 중 라우드니스 와 샤프니스 서로 유사한 구조를 보이고 있다. 고 주파수 성분에 크게 의존하는 샤프니스는 고주파수 성분 에너지를 상대적으로 많이 포함하는 자연의 소리에서 더 강조되고 있다. 러프니스는 라우드니스와 샤프니스와는 사뭇 다른 양상을 보이고 있으며 A-사운드에서 가장 큰 값을 보이고 있다. 토널리티는 다른 음향 변수보다는 음원간 차이가 적게 나타났다. 표 2.3-1은 3가지 배경음의 주요 심리 음향 변수 (음압, 라우드니스, 샤프니스)의 값을 요약하고 있다. 표에서 보여 주듯이 3가지 배경음의 음압 및 라우드니스의 값은 5% 정도의 범위 내에서 차를 보이고 있으며, 샤프니스 값은 자연의 소리가 고전음악에 비해 매우 높게 (2~3배) 나타났다. 자연의 소리중 시냇물 소리의 샤프니스는 5.16 acum이며, A-사운드에 비해 샤프니스가 약간 (~6%) 높게 나타났다.

표2.3-1 실험에서 사용한 CM, NSS, AS의 심리 음향 변수의 값 - mean (Left, Right).

심리 음향 변수	CM	NSS	AS
음압 (SPL in dB)	82.43 (88.86, 80.99)	84.56 (83.69, 85.43)	87.32 (86.67, 87.97)
라우드니스 (sone)	39.68 (42.91, 36.45)	37.36 (34.62, 40.1)	41.91 (39.99, 43.82)
샤프니스 (acum)	1.97 (2.07, 1.87)	5.16 (4.85, 5.47)	4.19 (4.12, 4.25)

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

2.4 주관적 졸음 및 각성도 척도 평가 도구

실험 전과 종료 후에 피 실험자에게 졸음과 각성에 대한 주관적인 평가를 실시하였다. 표2.4-1는 본 실험에서 사용한 '주관적 졸음 및 각성도 척도' 평가 도구이다. 평가 도구는 수면 연구에서 사용하는 Stanford sleepiness scale (June et al 1998)과 Epworth sleepiness scale (Johns 1991)을 참조하여, '주관적 졸음 척도 (Subject sleepiness scale, sSs)' 및 '주관적 각성 척도 (Subject awakening scale, sAs)'를 9단계(1~9)로 구분하였다. 평가 도구는 실험 준비 단계 3문항, 실험 직전 2문항, 실험 직후 5 문항, 총 10 문항으로 구성된다. 문항 9를 제외한 모든 문항에 대해 피 실험자는 '매우 아니다' (1단계)에서 '매우 그렇다' (9단계)까지 수치로 답하도록 했다.

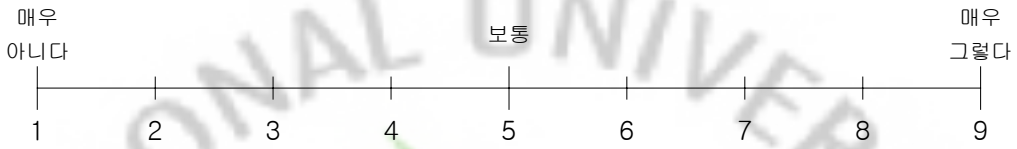
A. 실험 준비 단계: 다음의 3가지 문항으로 구성된다. (1) 평소 잠이 부족한 편이다. (2) 수업 시간에 쉽게 졸음이 온다. (3) 책을 보면 쉽게 잠이 온다. 상기 문항들은 내용적으로 피 실험자의 평상시 상태나 습관에 대한 것이다. 본 문항은 피 실험자의 응답에 대한 신뢰도를 평가하기 위해 사용한다. 피 실험자는 4가지 배경음 유형에 대해 실험을 반복하는 동안 본 설문에 4회 응답을 한다. 본 문항에 대해 피 실험자가 성실하게 답을 할 경우 매번 동일하거나 거의 유사한 답변을 기대할 수 있다. 만일 동일 항목에 대한 응답 내용이 크게 다를 경우 해당 피 실험자의 주관적 평가는 신뢰성이 없는 것으로 간주하여 분석에서 제외하도록 한다. 본 연구에서는 항목 1~3 중에서 동일 항목에 대해 응답 값의 변화의 폭 (최대값 - 최소값)이 5단계 이상일 경우 피 실험자의 자료는 분석에서 제외하였다.

표2.4-1. 본 연구에서 사용한 '졸음 및 각성 척도 평가 도구

졸 음 / 각 성 척 도 평 가 도 구

MUSIC CODE:	(NM, CM, NSS, AS)	날짜: 년 월 일
ID: ( )	성별 (남, 녀)	나이: 만( )세

실험 단계별로 9번을 제외한 아래 문항에 대해 번호(1~9)로 답하시오



A. 실험 준비 단계	1. 평소 잠이 부족한 편이다.....	( )
	2. 수업 시간에 쉽게 졸음이 온다.	( )
	3. 책을 보면 쉽게 졸음이 온다.	( )
B. 실험 직전	4. 졸린 상태이다.	( )
	5. 정신이 맑은 상태이다.	( )
C. 실험 직후	6. 졸린 상태이다.	( )
	7. 정신이 맑은 상태이다.	( )
	8. 실험 도중 졸린 적이 있었다.	( )
	9. 졸렸다면 언제부터인가? (1시작,5중간,9종료,0졸리지않았다).....	( )
	10. 책의 내용이 흥미가 있었다.	( )

(참고사항)

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

B. 실험 직전 단계: (4)졸린 상태이다. (5)정신이 맑은 상태이다. 문항 4는 실험 직전의 졸음 척도, 문항 5는 실험직전의 각성도 척도를 평가한다.

C. 실험 직후: (6)졸린 상태이다. (7)정신이 맑은 상태이다. (8)실험 도중에 졸린 적이 있었다. (9)만일 졸렸다면 언제부터 인가? (1.시작, 5.중간, 9.종료, 0.졸지 않음), (10) 책의 내용이 흥미가 있었다. 문항 6, 8, 9는 졸음에 대한 것이며, 문항8은 실험 도중, 문항6은 실험 직후의 졸음 척도를 평가한다. 문항 9는 졸린 시점 (sleepiness onset time)을 평가한다. 실험 직후 각성도는 문항 7에서 평가한다. 문항 10은 책의 내용이 얼마나 흥미가 있었는지를 평가하는 것으로, 책의 내용이 지나치게 흥미를 유발했거나 (>8) 또는 너무 지루해서 졸음을 유발할 수 있는 경우 (<2)에 해당하는 피 실험자는 독서로 인한 효과가 배경음의 효과를 차폐할 수 있다고 간주하여 통계 분석에서 제외하도록 한다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

2.5 BIS 지수 측정

2.5.1 BIS 지수

BIS 지수 (bispectral Index)는 수술실에서 환자의 전신 마취 상태를 평가하기 위해 고안된 것이다. BIS 지수는 뇌파 파형을 기초로 0 (isoelectric)부터 100 (awake state: 깨어난 상태)까지의 숫자를 할당한다.

BIS 지수가 출현하기 전까지 마취과 의사들에게 환자의 '의식이 없는 상태(무의식 상태)' 에 대한 공통적으로 통용되는 수치적인 평가 기준이 없었다. 의사는 보통 환자의 혈압과 심박에 기초해서 통일되지 못한 기준으로 마취 상태를 평가했다. 마취 상태에 대한 평가의 부정확성은 자칫 마취 전에 수술이 시작된다든지 수술 중에 의식 살아나는 상황을 초래할 수 있다. 실제로 통계에 의하면 매년 0.2%의 전신 수술 환자의 경우 수술 도중 의식이 돌아오는 것을 알려져 있다

(Frenzel 2002). 수술 중에 환자의 의식의 수치를 신뢰성 있게 평가하고자하는 노력은 결국, 1992년 환자의 뇌의 상태를 잘 표현하는 EEG 신호를 기반으로 한 마취의 상태를 수치화하는 BIS 지수를 탄생시켰다. 그림 2.5-1은 2003년 미국 식품안정청(FDA)의 임상 사용 허가를 취득한 BIS 지수를 측정하는 장치 (BIS Monitor, A2000, 550, West Adams Street, Suite 500 Chicago, IL 60661 USA)를 보여준다.

BIS 지수는 뇌파 (EEG) 신호를 주파수 분석하여 산출한다. 그림 2.5-2는 환자의 뇌파 신호를 측정하여 BIS 지수를 산출하는 개념을 보여주고 있다. BIS 지수는 이미 구축된 전신 마취 환자로부터 얻은 5,000개 이상의 EEG의 주파수 스펙트럼과 DB를 기준으로 환자로부터 측정된 EEG 신호의 특성 (예 스펙트럼, 위상조화 등 을 비교하는 복잡한 알고리듬 (Rampil 1998)을 이용하여 마취의 깊이를 '1-100'사의 수치로 나타낸다. (Johansen & Sebel 2000). BIS 지수는 환자의 진정(sedation) 정도, 의식의 소실 여부, 무의식 상태를 수치적으로 표현한다. 그림 2.5-3은 BIS 지수와 뇌의 BMR의 상관성을 보여 주고 있다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

BIS 모니터는 환자 의식의 소실 상태를 수치화하여, 환자가 말을 못해도 마취의 깊이를 알려 준다. 마취 상태에 대한 신속하고 정확한 평가는 판단은 수술 전/후 및 도중 환자 마취 관리에 있어서 매우 중요하다 (Rampil 1998). 미국의 경우 매년 대략 40,000에서 200,000명의 환자들이 수술 중 의식이 회복되어 각성 상태로 정신적 충격을 받는다. 또한 많은 수의 사람들이 수술 후 마취로부터 회복되지 못하기도 한다. 과도한 마취약의 투여로 인한 부작용으로 추정된다. BIS 모니터는 비교적 정확하게 마취의 정도 및 시점을 객관적으로 평가하기 때문에 환자들에게 적절한 양의 마취약을 투여할 수 있게 된다.

그림2.5-1 2003 미국 FDA 승인을 받은 수술 환자들의 마취 상태 및 시점을 평가하는 BIS monitor XP (A2000, 550, West Adams Street, Suite 500 Chicago, IL 60661 USA).

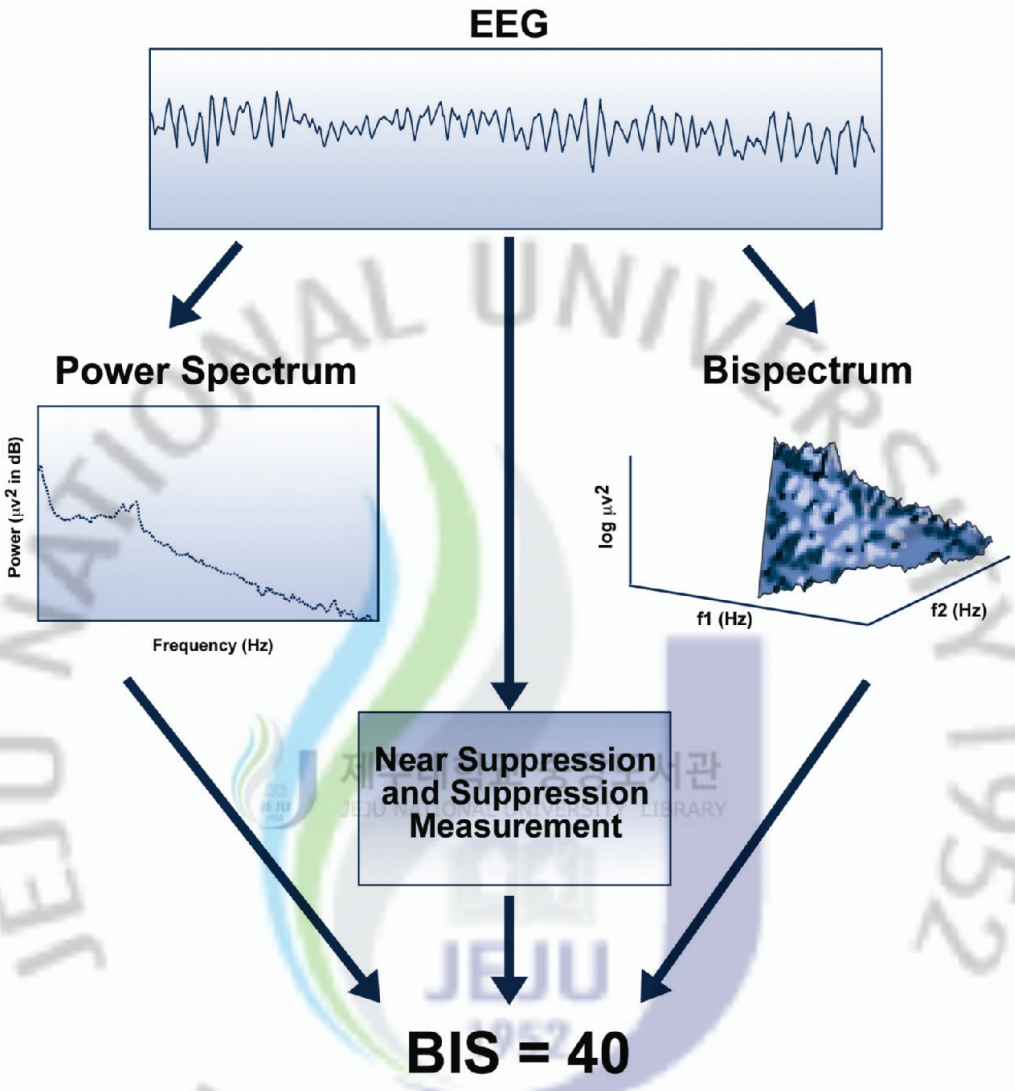


그림2.5-2 BIS 지표 치를 발생시키는 것에 신호 처리 전체의 계략도.

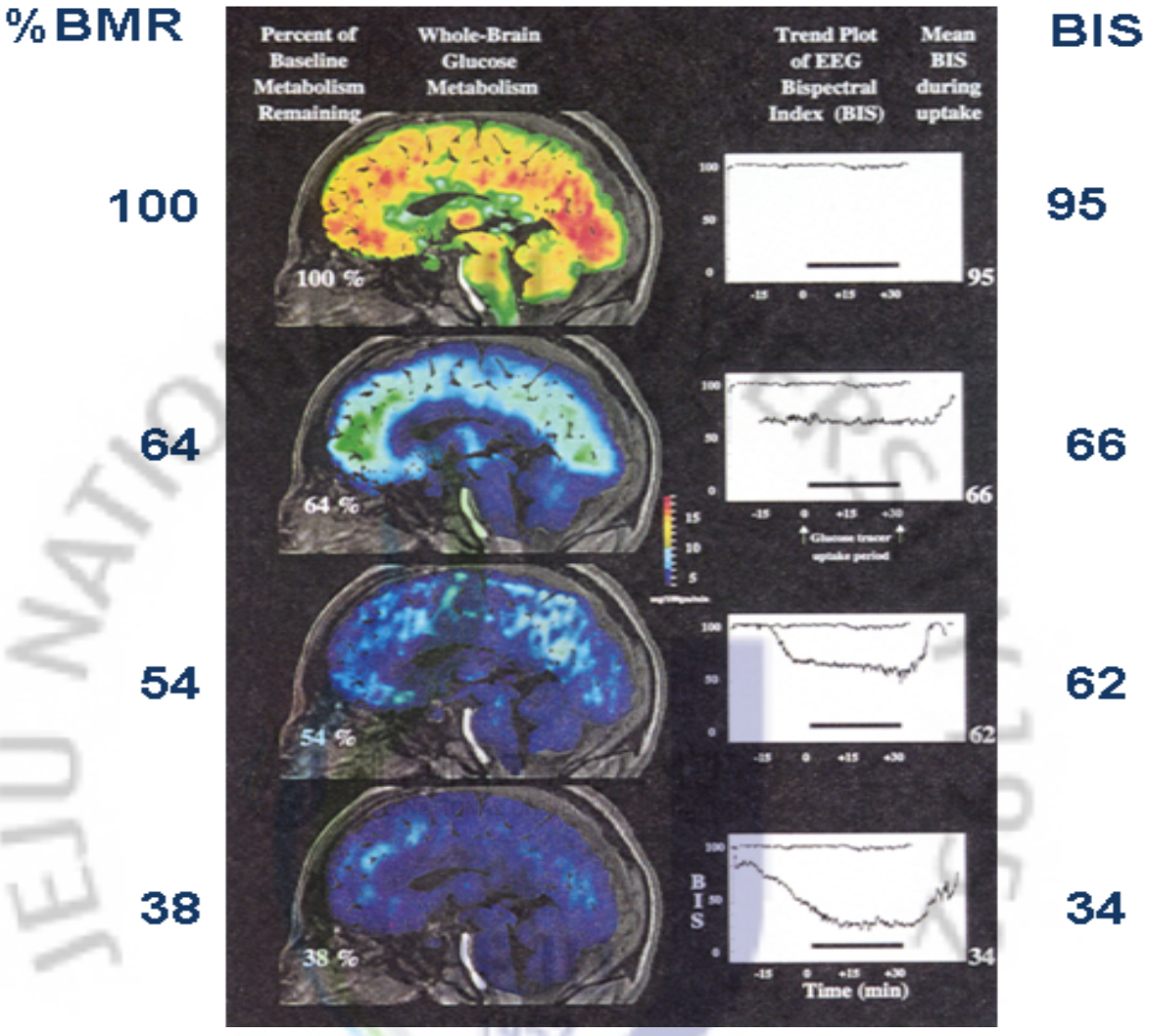


그림2.5-3 BIS 지수와 뇌의 BMR과의 상관성.

2.5.2 BIS 측정 시스템

그림2.5-4는 본 실험에서 사용한 BIS 모니터 (A2000, 550, West Adams Street, Suite 500 Chicago, IL 60661 USA)를 이용하여 실험에 참여하는 피실험자로부터 BIS 지수를 측정하는 장면을 보여주고 있다. BIS 모니터 A2000은 15초 (또는 30초) 간격으로 BIS 수치를 개선하여 도시한다. SQI(Signal Quality Index)의 수치가 낮으면 측정 매뉴얼이 작동하지 않아 모니터에 BIS 값이 출력되지 않는다. BIS 모니터 작동 순서 및 측정 절차는 다음과 같다.

(1) BIS 모니터 본체의 스위치를 켠 후, BIS Display 유형을 설정 한다 (표2.6-1)
(2) 환자의 이마 부위를 알코올 솜으로 깨끗이 닦은 후 건조 시킨다
(3) 접착식 BIS 센서를 개봉한 후, 접착 부분을 떼어낸다.
(4) 환자의 이마 하단 부위에 BIS 센서를 약간 비스듬하게 붙인 후, 접점을 5초 동안 가볍게 누른다. 그림 2.5-5은 BIS 센서 부착 순서 및 방법을 도시하고 있다. 그림 2.5-6는 BIS 센서를 부착한 피 실험자를 보여준다.
(5) BIS 모니터에 나타나는 SQI의 수치를 읽고, 작동 여부를 점검한다. SQI 볼륨이 50% 에 미치지 않거나, SQI가 BIS를 계산하기에 너무 낮 은 수치일 때, BIS가 측정한 값은 저장되지 않는다.
(6) BIS에 대한 정보 즉, 측정 상황을 메시지(알람)로 알려준다.
(7) EMG, SR, SQI 중 하나의 이벤트를 선택한다.
(8) 측정에 방해되면 알람/무음 버튼으로 선택한다.
(9) 실시간 뇌파 파형을 살펴본다.
(10) 기타 SR(1-100%), EMG BAR (근육의 활동성 혹은 빈번히 일어나는 인공물) 체크 한다 (Bar가 우측으로 중간이상 갈 때는 최적).

BIS 모니터는 1분 간격으로 최대 300시간 동안 기록된 BIS 지수의 값을 저장할 수 있다. 모니터에 도시된 BIS 신호는 기기 자체 프린트를 통해 피 실험자별로 출력이 가능하다. 측정된 BIS 지수는 0 ~ 100 범위의 값을 가진다. 그림 2.5-7은 BIS 수치에 대한 환자의 마취 상태를 분류한 그림이다.

그림2.5-4 배경음을 들으며 책을 읽고 있는 피 실험자로부터 BIS 지수를 측정하는 장면.

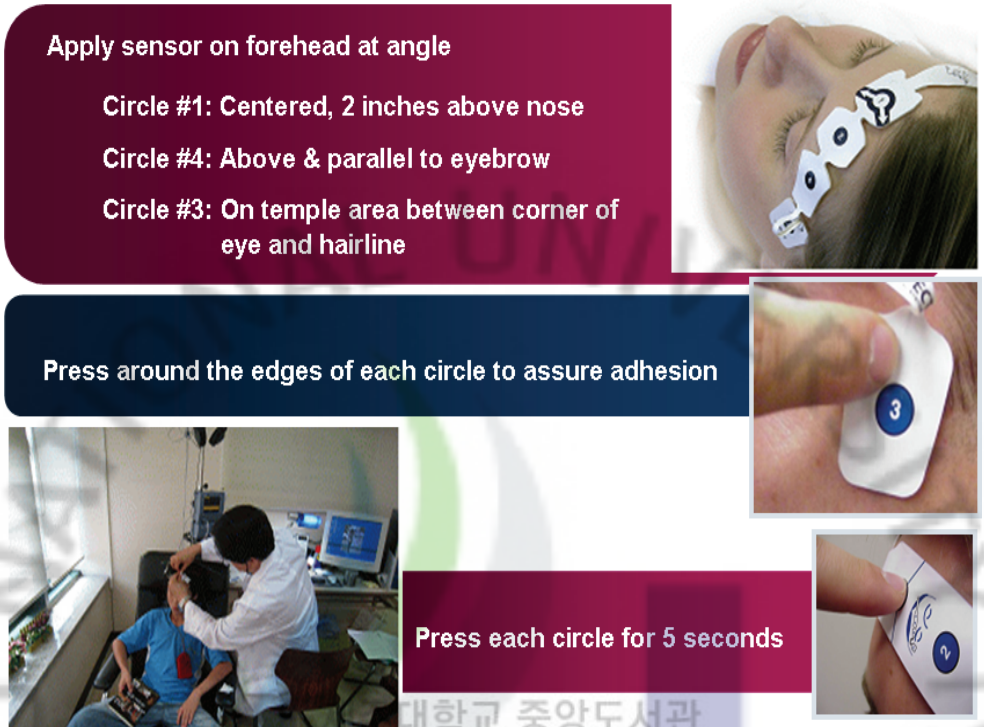


그림2.5-5. BIS 센서 부착 순서 및 방법.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

그림2.5-6 피 실험자에게 BIS 센서가 부착된 모습.

제주대학교 중앙도서관

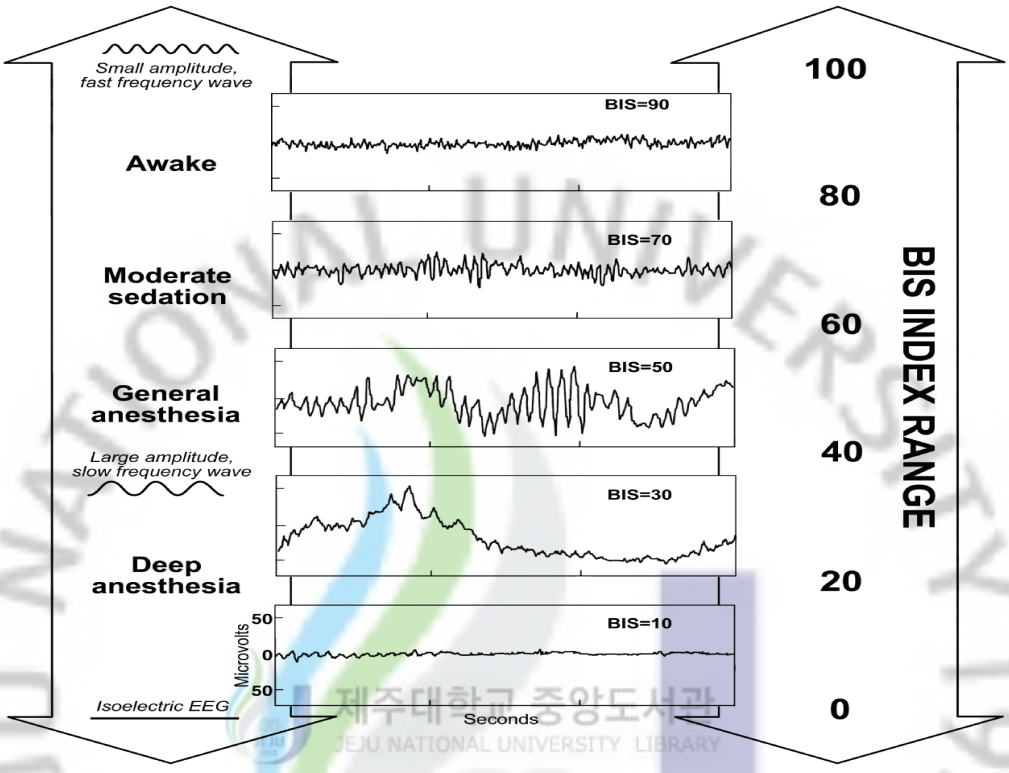


그림2.5-7. BIS 지수와 마취 상태.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

2.5.3 졸음 임계 수준

BIS 지수가 40~60인 경우 전신 마취로 수술이 가능하며, 지수가 75이면 국부 마취로 수술이 가능한 수치이다. BIS 지수가 75-80 경우에는 진정 상태(sedation)로 흔들어야 깨어난다. 전신 마취 동안에 환자가 경험하는 의식의 소실은 수면에도 발생한다. 수면 상태로 빠질 때, 측정된 BIS 수치는 점점 낮아 진다 (Sleigh et. al. 1999). 수면 시 EEG의 위상의 조화가 증가하는 것을 볼 수 있는데, 이는 수면하는 동안에 발생하는 피질시상 (corticothalamic) 진동이 non-REM 수면 상태의 델타 활동 (delta activity)을 증가하기 때문이라 여겨 진다 (Contreras et. al. 1996). 이런 관점에서 BIS 지수는 수면의 깊이를 평가하는 도구로 활용할 수 있는 생리학적인 근거를 가지게 된다.

일반적으로는 BIS 지수 85~86은 REM 수면으로 몽롱한 상태를 지시한다. Tung (2000)은 BIS 지수가 86(± 0.79)이면 수면 시점 (sleep onset time)으로 간주하고 있다 ($p < 0.01$). 유사하게 Tung et. al. (2002)은 각성 상태의 BIS 지수 (90 이상)가 점점 감소하여 86.5가 되는 시점에서 수면에 도달하는 것을 관찰하였다. 이러한 결과는 BIS 지수를 수면에 이르기 전 단계인 졸음을 평가하는 객관적인 수단으로 활용할 수 있음을 보여준다. 본 연구에서는 BIS 지수 85를 졸음 임계 수준 (sleepiness threshold level, STL)으로 설정하였다. 즉, 졸음과 관련하여 사람의 상태를 BIS 지수가 85보다 낮으면 졸음 상태에 빠진 것으로 가정하고, 높으면 각성 상태로 간주하였다.

2.6 실험 환경 및 순서

2.6.1 실험 환경 및 조건

실험 장소는 서울시 00청소년수련관 상담센터에서 수행했다. 실험 공간은 온도 및 습도를 계측하는 온습도계와 냉온방용 에어컨을 설치하여 섭씨 24도 (습도

70~80%)를 유지하도록 했다. 방음과 조명 잘 설정되어 있으며, 창문틀 햇빛가리개를 구비하여 조용한 공간을 연출하였다.

실험 기간은 2008년 6월부터 9월까지 약 3개월 동안 수행했다. 일부 피 실험자에 대해서는 2008년 10월 중에 추가 실험을 수행했다. 실험 시간은 점심 후 식곤증을 느낄 수 있는 시간을 피해 오후 3시부터 6시 사이로 하였다.

2.6.2 실험 순서

피 실험자는 4가지 배경음 (NM, CM, NSS, AS)에 대해 무순으로 4회 실험을 반복한다. 실험 순서는 다음과 같다.

(1) 실험 준비물을 점검한다. - 실험의자, BIS 모니터 및 센서, 소독용 세트, 컴퓨터, 헤드폰, 온도계 및 습도계. 서적 (미국의 문화, 미국의 경제-주한미대사관 발행 46배판), 배경음 (AS, NSS, CM)을 담은 오디오 파일.
(2) 컴퓨터 및 BIS 모니터를 켠다. 컴퓨터는 WAV 파일로 저장된 배경음을 실행하고 측정된 BIS 지수의 값을 저장한다.
(3) BIS 모니터의 설정 값을 확인 한다 (표2.6-1).
(4) 피 실험자에게 실험용 의자에 편히 앉도록 하고, 실험 내용 및 주의 사항을 들려준다.
(5) [주관적인 졸음/각성도 척도 평가 도구] 문항 1~3에 답 하도록 한다.
(6) 피 실험자 이마에 BIS 센서는 부착한다.
(7) BIS 지수가 정상적으로 측정되면 다음 단계로 간다.
(8) [주관적인 졸음/각성도 척도 평가 도구] 문항 4~5에 답 하도록 한다.
(9) 분석에 사용할 피 실험자의 BIS 지수가 측정되기 시작한다.
(10) 피 실험자가 헤드폰을 착용하도록 한다.
(11) 컴퓨터에 저장된 WAV 파일 배경음 (CM, NSS, AS) 하나를 실행한다. 볼륨은 일정한 값을 유지 한다 (~70dB).
(12) 피 실험자가 책을 읽도록 한다.

표2.6-1 본 실험에서 사용한 BIS 모니터의 설정 값.

BIS Display type	Trend
BIS Smoothing rate	15(SEC)
Secodary Variable	EMG
Filters	ON
Bis los Interval	1
EEG speed:	25
EEG Amplitude	25
Imperdance Checkins	ON
Extended Memory	ON
Serial Port Protocol	SCII
ICU mode	OFF

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

(13) 연구자는 센서의 작동 여부를 수시로 체크하며, 피 실험자를 관찰하고 이상 징후나 특징적인 사안들을 기록한다.
(14) 실험 시작 후 25분 이상이 경과하면 실험을 종료한다. 수면 상태에 빠진 피 실험자는 깨운다.
(15) [주관적인 졸음/각성도 척도 평가 도구] 문항 6~10에 답 하도록 한다.
(16) 실험을 종료한다. 피 실험자는 헤드폰은 벗는다. 센서는 원 위치 시킨 후, 알코올 솜으로 센서를 접착한 이마 부위를 깨끗이 닦아준 후 종료한다.

필요시 실험 과정을 동영상 촬영 또는 스틸 사진으로 촬영하고 보관 한다. 연구자는 청소년 상담 전문가 2명과 함께 실험을 진행하며, 실험 시간은 상기 실험 순서에 9-14 단계가 20분 이상이 되도록 한다.

2.7 자료 분석

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

실험 데이터는 '주관적 졸음/각성 척도 평가 도구'로부터 얻은 주관적인 평가 자료와 피 실험자로부터 측정한 객관적 BIS 신호의 두 가지로 구분된다. 데이터 분석을 위하여, 먼저 특성 변수를 정의하고 배경음 유형 (NM, CM, NSS, AS)별 차이를 통계적으로 검증하기 위해 paired t-Test (단측 검증, 유의 수준 5%)를 수행했다.

2.7.1 주관적 졸음 및 각성 척도 평가

피 실험자가 주관적으로 평가한 졸음과 각성도 척도가 실험 전후의 차이 및 배경음 (NM, CM, NSS, AS) 간의 차이를 paired t-Test를 이용하여 통계적으로 검증하였다. 통계적인 처리를 위해 주관적 평가 변수를 표2.8-1과 같이 정의하였다. 표에서 정의된 변수는 주관적인 졸음 척도 sSs (subjective sleepiness scale)와 주관적인 각성 척도 sAs (subjective awakening scale)로 구분된다. 변수 끝에 붙는 번호는 '졸음/각성 척도 평가 도구'에서 평가 항목 번

호이다. sSs4와 sSs6은 실험 직전과 직후 피 실험자의 졸음 척도이며, sAs5와 sAs7은 실험 직전과 직후 피 실험자의 각성 척도이다. 실험 기간 중 졸린 정도는 sSs8으로 표시하며, 졸음을 느낀 경우 어느 시점에서 인지를 초기(P1) 중기(P5) 후기(P9)로 표시한 것이 soP9이다. soP9를 제외한 모든 변수의 값은 1~9 범위의 값을 가진다.

앞의 2.4에서 전술한 바와 같이 피 실험자의 주관적 평가에 대한 일관성이 결여 되어 있거나 데이터로 활용하기에 문제가 있다고 판단되는 자료는 통계 분석에서 제외하였다. 즉 동일한 피 실험자가 '졸음/각성 척도 평가 도구'의 평가 문항 1~3을 4회 반복하여 응답할 때 동일 항목에서 변화의 폭 (최대값-최소값)이 5단계 이상일 경우, 피 실험자의 데이터는 통계 분석에서 제외하도록 하였다. 또한 문한 10에 대한 답변이 8이상 이거나 2이하 일 때 독서의 효과가 배경음의 효과를 차폐할 수 있다고 간주하여 통계 분석에서 제외하도록 하였다.

2.7.2 BIS 신호

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

실험 시작 (2.6.2의 9번째 단계)부터 21~25분 동안에 걸쳐 BIS 신호를 측정하였다. BIS 신호의 분석은 측정 후, 1분 이후부터 20분 동안 측정된 시간으로 통일하였다. BIS 신호는 센서 부착 및 작동 시 발생한 잡음 및 기타 오류로 인해 측정 시작 후 1분 동안 BIS 지수가 85이하인 경우는 분석에서 제외하였다.

측정된 BIS 신호의 통계 처리를 위해, BIS 신호의 특성을 기술하는 변수를 표 2.8-2과 같이 정의하였다. 또 그림2.8-1은 피 실험자로부터 측정한 BIS 신호의 예를 그림으로 보여주고 있으며, 유도된 특성 변수를 정의하고 있다. 변수 mB는 BIS 지수 값의 시간 평균의 크기를 의미한다. 변수 $mB_{overall}$은 전체 실험 시간에 대한 BIS 신호의 평균이며, $mB_{n/2}$ (n=1,2)는 실험을 전반 후반으로 2개로 구분하고 전반부 (n=1) 및 후반부 (n=2) 동안 BIS 신호의 평균을 의미한다. $mB_{n/4}$ (n=1,2,3,4)은 실험 기간을 4분기로 구분하고 n번째 분기의 평균을 의미한다. soT (sleep onset time)는 BIS 지수가 졸음 임계치 STL 84에 처

음으로 도달할 때의 시간으로 정의한다. rpSp는 총 실험 기간 (20분)을 기준으로 BIS지수가 85 보다 작은 값을 가지는 총 시간의 백분율을 의미한다. doS는 BIS신호가 85 보다 작은 때 STL과 이루어 만드는 면적을 최대값으로 정규화 한 것이다. doS의 최대값은 1,680 (=총실험시간(20분)*STL(84)으로 계산된다. 각성 척도에 대해 졸음 척도와 동일한 방법으로 rpAp와 doA를 정의하고 있으며, STL 보다 큰 영역에서 rpSp와 doS와 유사하게 정의된다. doA의 최대값은 240(=총 실험시간(20분)*(100-STL(84))으로 계산된다.

BIS 신호는 표2.8-2에서 정의된 특성 변수에 대해 배경음 유형 (NM, CM, NSS, AS)별 paired t-Test를 통해 차이를 검증하였다.

2.7.3 주관적 평가와 BIS 신호와의 상관성

주관적인 평가변수와 객관적인 BIS 특성 변수간의 상관성 분석을 통해 졸음 및 각성도와 밀접하게 관련된 BIS 특성 변수를 확인하였다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

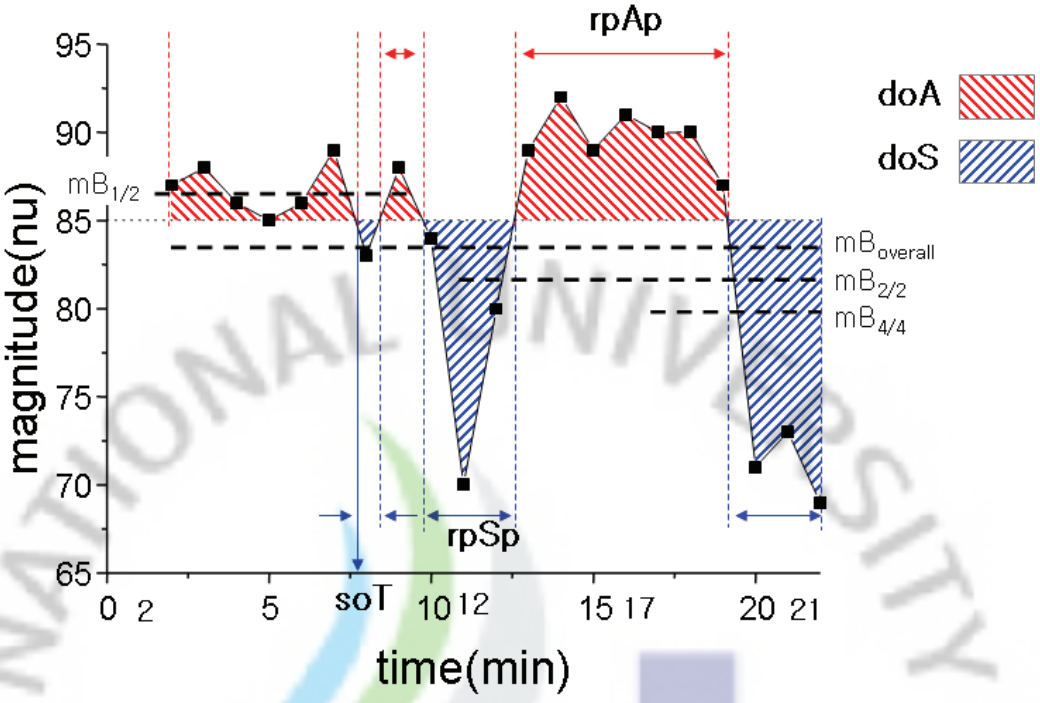


그림2.8-1 BIS 신호의 특성을 기술하는 변수의 도식적인 정의.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

표2.8-1 본 연구에서 사용된 '졸음/각성 척도 평가 도구'로 부터 입수되는 주관적 평가 척도의 변수 (sSs: subjective sleepiness scale, sAs: subjective alertness scale).

Parameter	descriptions	item no of 'subjective scale tool'
sSs4	sSs just before starting the experiment	4
sAs5	sAs just before starting the experiment	5
sSs6	sSs just after ending the experiment	6
sAs7	sAs just after ending the experiment	7
sSs8	sSs during the period of the experiment	8
soP9	temporal location of sleepiness	9

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

표2.8-2 BIS 신호의 특성을 기술하는 변수의 정의.

parameters	definition
$mB_{overall}$	mean magnitude of the BIS signal for the whole period of 20 minutes (from 2 to 21 min after the experiment begins)
$mB_{n/2}$	mean magnitude of the BIS signal for the first (n=1) or second (n=2) half of the experiment (n=1: from 2 to 11 min, n=2: from 12 to 21 min after the experiment begins)
$mB_{n/4}$	mean magnitude of the BIS signal for the nth quarter of the experiment (n=1: 2~6 min, n=2: 7~11, n=3: 12~16 min, n=4: 17~21 min after the experiment begins)
soT	sleepiness on time defined by the time when the BIS signal is STL for the first time normalized to the whole experiment time period of 20 min
rpSp	relative percentage of sleepiness period (%) defined by the time during which BIS is less than STL
doS	degree of sleepiness defined by the area enclosed by the threshold line (BIS=STL) and the BIS signal lower than the line
rpAp	relative percentage of awakening period (%) defined by the time during which BIS is more than STL, normalized to the whole experiment time period of 20 min.
doA	degree of awakening defined by the area enclosed by the threshold line (BIS=STL) and the BIS signal equal or higher than the line

(STL (sleepiness threshold level) used in the present experiment was 85)

III. 실험 결과

실험에 참여한 피 실험자 31명을 대상으로 4차례 4가지 배경음에 대해 (NM, CM, NSS, AS) 책을 읽도록 하면서 졸음 및 각성 척도 평가와 BIS 생체 신호를 측정했다. 졸음 및 각성 척도 평가 도구 설문지를 분석하는 과정에서, 평가 문항 1~3항목과 10항목의 답변을 확인하여 2장에서 언급한 바와 같이 데이터로 활용하기에 문제가 있다고 판단되는 자료는 통계 분석에서 제외하였다. 분석에서 사용된 데이터의 수는 결과를 제시할 때 명기하였다. BIS 신호는 실험 시작 (2.6.2 실험 순서의 9번째) 후 1분 동안 BIS 지수가 85이하인 경우는 분석에서 제외하였다. 피 실험자 31명을 대상으로 4가지 배경음에 대해 습득한 124개의 BIS 신호 가운데서 일부 BIS 신호는 중간에 수치가 빠져 있는 경우엔 통계 처리에서 제외했다. 그 외에도 분석 과정에서 지장을 주는 데이터 경우에는 추가로 분석에서 제외하고, NM 19개, CM 15개, NSS 19개, AS 18개 총 71개를 통계 처리하였다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

3.1 실험 전후 주관적 졸음 척도의 변화

그림3.1-1은 각각 다른 배경음의 종류별 실험 직전과 직후 주관적 졸음 척도 (subjective sleepiness scale, sSs4, sSs6)의 변화를 보여 준다 (NM(N=29 before, N=31 after), CM(N=30), NSS(N=31), AS(N=29)). 그림3.1-1에서, 각 배경음 유형별로 2개의 막대 그라프가 있으며, 왼쪽의 빗금 친 막대는 실험 직전 피 실험자의 주관적 졸음 척도 (sSs4)이며, 오른쪽 검은색 막대는 실험 종료 직후 졸음 척도 (sSs6)를 표현한다. 그림3.1-1에서 보여 주듯이 모든 4가지 배경음에 대해, 실험 전과 실험 후 주관적 졸음 척도의 차가 크게 나타나 있다. AS 경우를 제외하고 모든 배경음에 대해 주관적 졸음 척도는 실험 전보다 실험

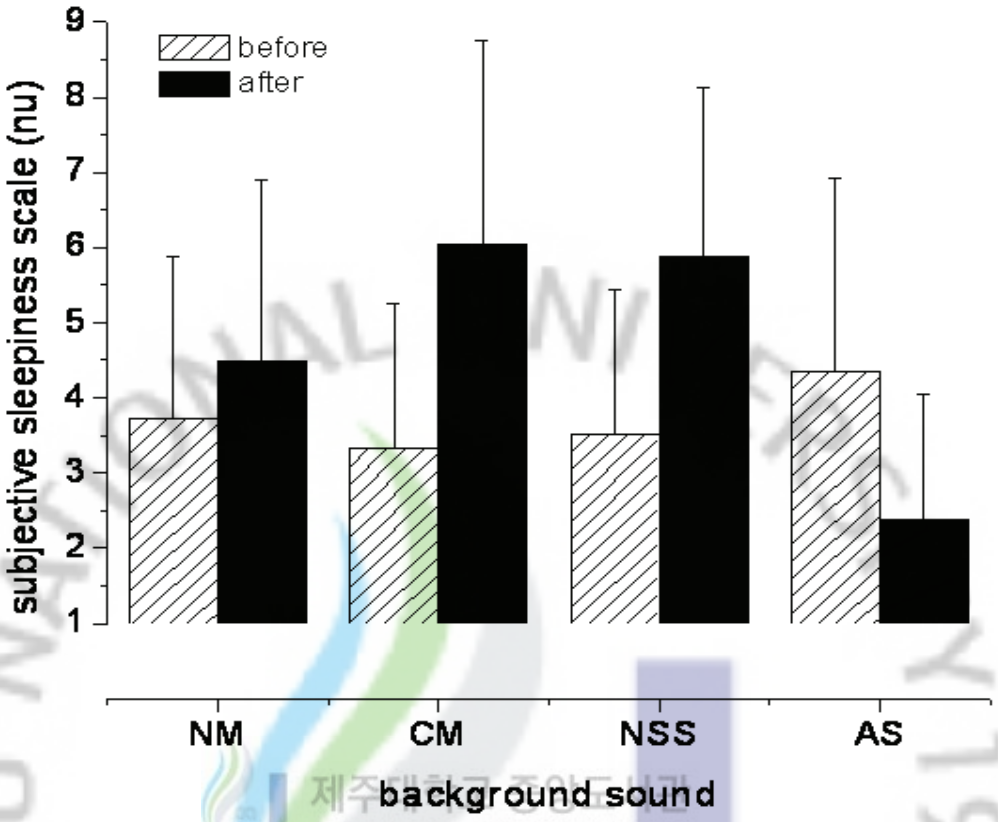


그림3.1-1 배경음의 종류 별 실험 전 후 주관적 졸음 척도 (subjective sleepiness scale, sSs4, sSs6)의 변화. NM: 무 음악 N=29 before, N=31 after, CM: 고전 음악 N=30, NSS: 시냇물 소리 N= 31, AS: A-사운드 N= 29.

후의 값이 감소하였다. 실험 전후의 주관적 졸음 척도 (sSs)의 기술 통계량(평균, 표준 편차)은 표3.1-1에 제시하고 있다. 또한 표3.1-1에서는 각 배경음 유형별 실험 전과 후의 주관적 졸음 척도의 차에 대한 통계적인 유의성을 검증하기 t-Test를 수행한 결과를 제시하고 있다. 표에서 볼 수 있듯이 NM을 제외하고 모든 배경음 유형에 대해 매우 작은 P값 (<0.01)을 보여주다. 즉 AS는 실험 전에 비해 sSs 값이 유의하게 감소하였으며, CM 및 NSS는 sSs 값이 실험 후에는 유의하게 증가하였다.

표 3.1-2는 실험 전과 후에 배경음 유형별로 피 실험자의 sSs 값이 통계적으로 유의한 차이가 있는 배경음에 대한 paired t-Test 결과를 보여주고 있다. 실험 직전 배경음 유형별 피 실험자의 sSs의 값은 표 3.1-2a에서 보여 주듯이 실험 전에는 p 값이 최소값 0.047 (CM-AS)를 제외하고 모두 큰 값 ($p > 0.05$)을 가지고 있어, 실험 전에는 음향 유형 별 피 실험자의 sSs 값은 통계적으로 차이가 없다는 것을 확인할 수 있다. 실험 직후에는 표 3.2-2b에서 제시하고 있듯이, NSS-CM을 제외하고는 모든 배경음 유형별 paired t-Test 결과 p 값이 매우 작은 값을 가진다 ($p<\sim 0.01$). 즉 실험 직후에는 피 실험자의 sSs는 모든 배경음 간에 서로 통계적으로 유의한 차이가 있다고 할 수 있다.

실험 전과 후의 피 실험자의 주관적인 졸음 정도의 차를 좀 더 효율적으로 표시한 것이 그림3.1-2이다. 그림에서는 수평축은 배경음 유형을 구분하고 있으며, 수직축은 피 실험자의 (sSs6-sSs4) 값에 대한 평균 및 표준편차이다. 앞선 그림 3.1-1에서 이미 보여주었듯이, AS는 NM, CM, NSS와는 달리 음의 값을 가진다. CM에서 (sSs6-sSs4)의 평균값이 가장 크게 나타났다. 그림 하단의 표는 배경음 유형별 paired t-Test 결과(p-value)이며, NSS 실험 군의 (sSs6-sSs4) 값은 통계적으로 유의하게 CM의 경우와 통계적으로 다르지 않은 것을 보여주고 있다 ($p=0.2641$).

표3.1-1 배경음의 유형별 주관적 졸음 척도의 대한 실험 전 (sSs4)과 후 (sSs6)의 기술 통계량 (Mean & SD) 및 차에 대한 t-Test 결과. NM: 무 음악 N=29 before, N=31 after, CM: 고전 음악 N=30, NSS: 시냇물 소리 N= 31, AS: A-사운드 N= 29.

Background sound	Before (sSs4)		After (sSs6)		t-Test (p value)
	Mean	SD	Mean	SD	
NM	3.7241	2.153	4.4839	2.4203	0.10259483
CM	3.3333	1.9179	6.0333	2.7099	0.00002246
NSS	3.5161	1.93	5.871	2.2619	0.00002182
AS	4.3448	2.5812	2.3793	1.6565	0.00058694

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

표3.1-2 실험 전과 후의 주관적 졸음 척도에 대한 음악 유형별 paired t-Test 결과. (a) 실험 전 (sSs4) - NM: 무 음악 N=29 , CM: 고전 음악 N=30, NSS: 시냇물 소리 N= 31, AS: A-사운드 N= 29. (b) 실험 후 (sSs6) - NM: 무 음악 N=31, CM: 고전 음악 N=30, NSS: 시냇물 소리 N= 31, AS: A-사운드 N= 29.

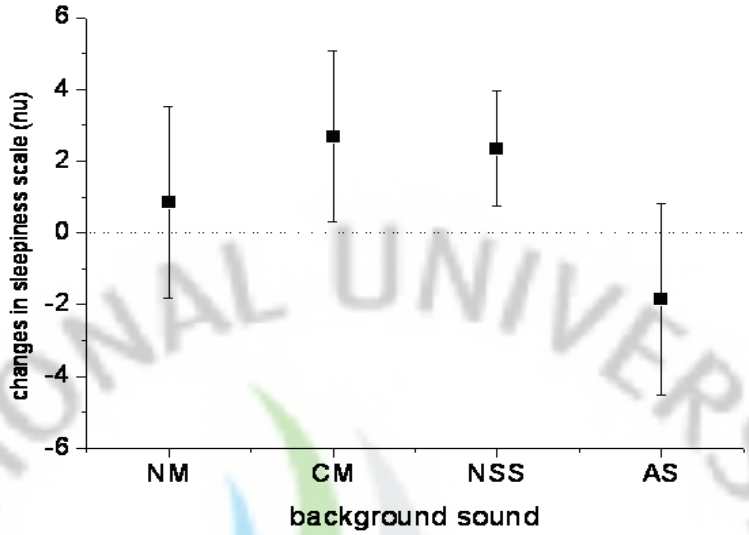
(a)

	NM	CM	NSS	AS
NM	-	0.2321	0.3473	0.1621
CM		-	0.356	0.0472
NSS			-	0.0836
AS				-

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

(b)

	NM	CM	NSS	AS
NM	-	0.0109	0.0116	0.0001
CM		-	0.4	5E-08
NSS			-	3E-09
AS				-



(paired t-Test on [sSs6-sSs4] for background sounds)

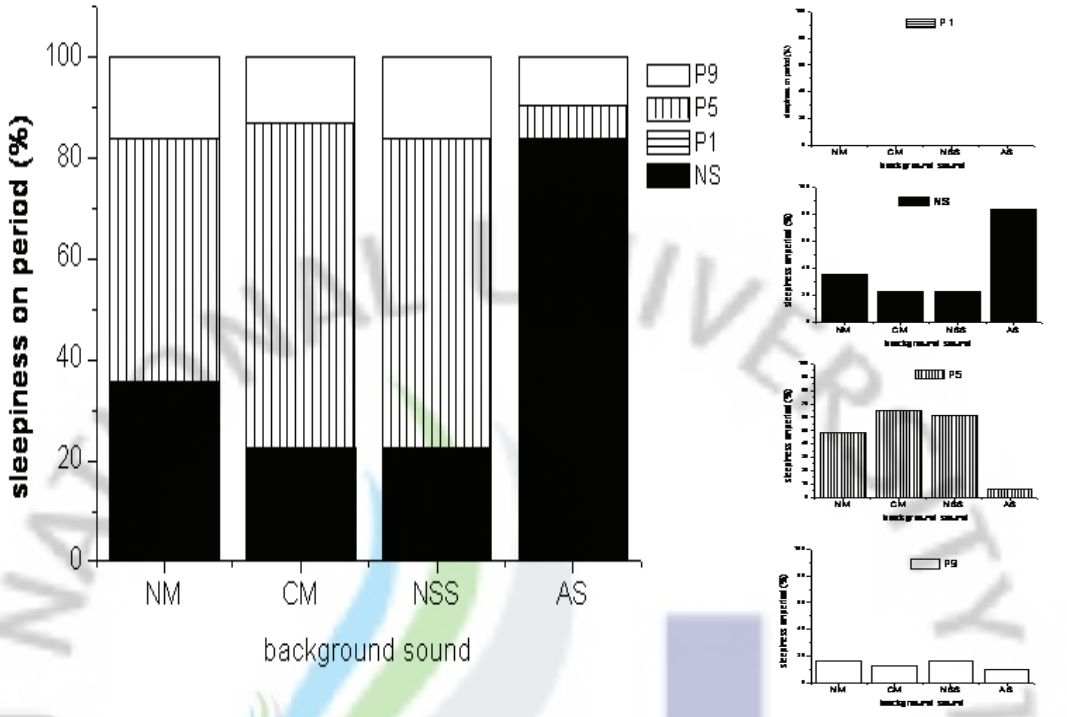
-	CM	NSS	AS
NM	0.0039	0.0061	0.0002
CM	-	0.2641	5E-09
NSS	-	-	5E-09

그림3.1-2 배경음에 따른 실험 후 주관적 졸음 척도의 변화 (=sSs6-sSs4) NM: 무 음악 N=29, CM: 고전 음악 N=29, NSS: 시냇물 소리 N=31, AS: A-사운드 N=27.

제주대학교 중앙도서관 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

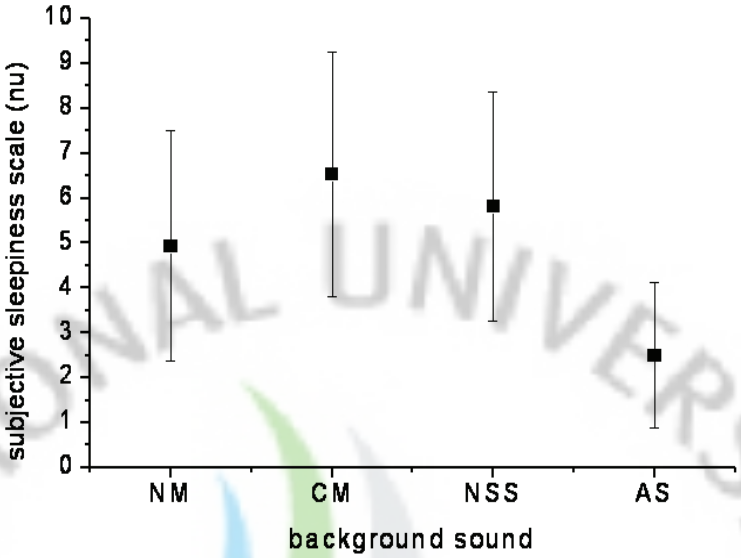
그림3.1-3은 피 실험자에 대해 각 배경음별 실험 군에 대한 실험 후, 주관적 졸음척도 평가 도구(sSs9:실험 도중에 졸렸다면 언제부터인가)에 대한 졸음시점의 상대적 분포도를 백분율로 나타낸 것이다 (NM(N=31), CM(N=31), NSS(N=31), AS(N=31)). 그림 3.1-3에서 NS (Never Sleepy)는 전혀 졸리지 않는 상태, P1, P5, P9은 각각 실험 초기, 중간, 말기에 졸렸다고 응답한 경우이다. 오른쪽 4개의 그림은, 각각 4가지 졸린 시점에 대해 피 실험자의 응답 비율을 독립적으로 도시한 것이다. 그림에서 보여 주듯이 (오른쪽 상단) 실험 초기(P1)에 졸렸다는 경우는 각 배경음 별로 한사람도 없다. 실험 중간 (P5)에 졸렸다는 경우, NM, CM, NSS, 세 그룹은 비슷하고, AS는 약 7%로 낮게 나타났다. 실험 종료 (P9) 시에 졸렸다는 경우, 약 NM, CM, NSS, AS 4 그룹 모두 비슷하게 나타났다. 단, 전연 졸리지 않았다는 경우(NS), 즉, NM, CM, NSS. 3 그룹은 비슷하게 나타났는데 비해 AS는 83%로 매우 높게 나타났다.

배경음 유형별로 실험 기간 동안 피 실험자의 평균적인 주관적인 졸음 척도 (sSs8)의 값을 도시한 것은 그림3.1-4이다. 그림에서 보여 주듯이 sSs8의 평균값은 CM과 NSS에서 가장 높았으며 NM에서도 비교적 높은 값인 5 부근의 값을 보이고 있다. 반면 AS에서 sSs8의 평균값은 3이하로 가장 낮게 나타났다. 그림 하단의 표는 sSs8에 대한 배경음의 유형별 paired t-Test 결과를 보여주고 있으며, AS 실험 군은 다른 배경음 실험 군에 비해 sSs8의 값이 통계적으로 유의하게 매우 낮 은 것을 확인할 수 있다. 반면 NSS 실험 군과 CM 실험 군의 sSs8의 값은 통계적으로 다르다고 할 수 없는 것으로 나타났다 (p=0.1508).



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

그림3.1-3 배경음에 따른 주관적 졸음 시점의 상대적인 분포(sSs9). NS: Never Sleepy, P1: 실험 초기, P5: 실험 중간, P9: 실험 종료 시. NM: 무 음악 N=31, CM:고전 음악 N=31, NSS: 시냇물 소리, AS: A-사운드 N=31.



(paired t-Test on sSs8 for background sounds)

	CM	NSS	AS
NM	0.0126	0.0946	3E-05
CM	-	0.1508	8E-09
NSS		-	9E-08

그림3.1-4 배경음에 따른 전체 실험기간 동안 피 실험자의 주관적 졸음 척도 (sSs8) NM: 무 음악 N=30, CM: 고전 음악 N=29, NSS: 시냇물 소리 N= 31, AS: A-사운드 N= 30.

3.2 주관적 각성 척도평가

3.2.1 실험 전후 주관적 각성 척도의 변화

그림3.2-1은 배경음에 따른 실험 전과 후의 주관적 각성 척도 (subjective awakening scale: sAs)의 변화를 도시한 것이다 (NM (N=30 before, N=29 after), CM (N=30), NSS(N=31), AS(N=30)). 그림3.2-1에서 실험 시작 직전 피 실험자의 주관적 각성 척도 (sAs5)는 왼쪽 빗금 친 막대로 표시하고, 실험 종료 직후 각성 척도 (sAs7)는 오른쪽 검은색 막대의 높이로 표현하고 있다. 그림3.2-1에서 볼 수 있듯이 자연의 소리 (NSS, AS)에서는 NM과 CM에 비해 실험 전과 실험 후 주관적 각성 척도의 차이가 크게 나타나고 있다. 특히 CM의 경우에는 다른 3가지 배경음과는 달리 오히려 각성도가 감소하고 있다. 실험 전후의 주관적 각성도 척도 (sAs)의 기술 통계량 (평균, 표준 편차)의 값은 표 3.2-1에 제시하고 있다. 추가적으로 표3.2-1은 각 배경음 유형별 실험 전과 후의 주관적 각성도 척도의 차에 대한 통계적인 유의성을 검증하기 위해 t-Test를 수행하고 그 결과를 제시하고 있다. 그림3.2-1에서 보여준 것처럼, 예상할 수 있듯이 자연음 (NSS, AS)의 경우 p 값이 낮게 나타났다 ($p<0.05$). 졸음 척도와는 달리 CM의 경우, 실험 전후에 각성도 척도는 통계적으로 유의한 차가 없는 것으로 나타났다 ($p=0.35$).

표 3.2-2는 실험 전과 후에 배경음 유형별로 피 실험자의 sAs 값이 통계적으로 유의한 차이가 있는 배경음 유형별 paired t-Test 결과를 보여주고 있다. 실험 직전 배경음 유형별 피 실험자의 sAs의 값은 표3.2-2a에서 보여 주듯이 실험 전에는 p 값이 모두 매우 큰 값 ($p > 0.05$)을 가지진다. 즉, 실험 전에는 배경음 유형별 피 실험자의 sAs 값은 통계적으로 차이가 없는 것을 확인할 수 있다. 실험 직후에는 표3.2-2b에서 제시하고 있듯이, NM-CM 과 NSS-NM을 제외하고는 모든 배경음 유형별 짝 비교에서 p 값이 매우 작은 값을 가지며 ($p< 0.05$), 따라서 피 실험자의 sAs는 배경음 간에 서로 통계적으로 유의한 차이가 있다고 할 수 있다.

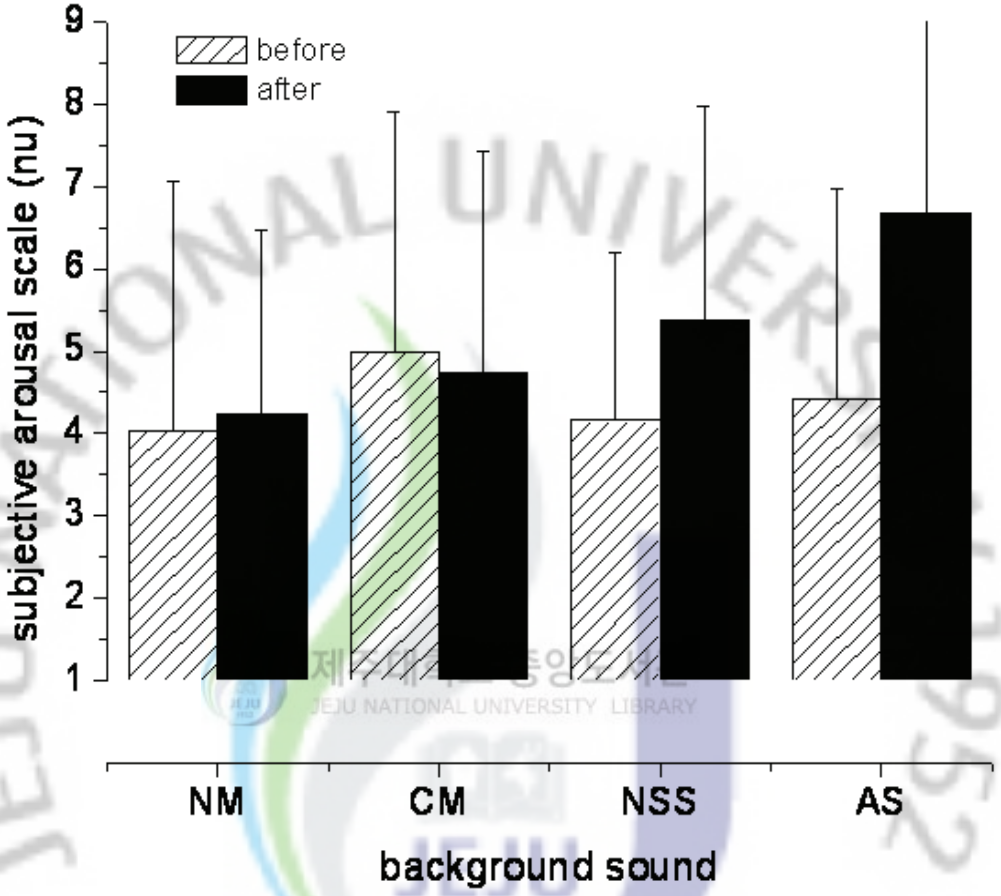


그림3.2-1 배경음에 따른 실험 전과 후의 주관적 각성 척도 (subjective awakening scale, sAs5, sAs7)의 변화. NM: 무 음악 N=30 before, N=29 after, CM: 고전 음악 N=30, NSS: 시냇물 소리 N= 31, AS: A-사운드 N=30.

표3.2-1 배경음에 따른 실험 전과 후의 주관적 각성 척도 (subjective awakening scale, sAs)의 기술 통계량 (Mean & SD) 및 차에 대한 t-Test 결과 (p value). NM: 무 음악 N=30 before, N=29 after, CM: 고전 음악 N=30, NSS: 시냇물 소리 N= 31, AS: A-사운드 N= 30.

Background sound	Before (sAs5)		After (sAs7)		t-Test (p value)
	Mean	SD	Mean	SD	
NM	4.0333	3.0227	4.2414	2.2306	0.382103367
CM	5.0000	2.9125	4.7333	2.6901	0.356961324
NSS	4.1613	2.051	5.3871	2.5907	0.021716477
AS	4.4333	2.5418	6.6667	2.5098	0.000568476

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

표3.2-2 실험 전과 후의 주관적 각성 척도의 대한 배경음의 유형별 paired t-Test 결과 (p Value). (a) 실험 전 (sAs5) - NM: 무 음악 N=30, CM: 고전 음악 N=30, NSS: 시냇물 소리 N= 31, AS: A-사운드 N= 30, (b) 실험 후 (sAs7) - NM: 무 음악 N=29, CM: 고전 음악 N=30, NSS: 시냇물 소리 N= 31, AS: A-사운드 N=30.

(a)

-	NM	CM	NSS	AS
NM	-	0.1061	0.4239	0.2906
CM	-	-	0.1003	0.2127
NSS	-	-	-	0.3233
AS	-	-	-	-

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

(b)

-	NM	CM	NSS	AS
NM	-	0.2242	0.0362	0.0001
CM	-	-	0.1688	0.0028
NSS	-	-	-	0.0275
AS	-	-	-	-

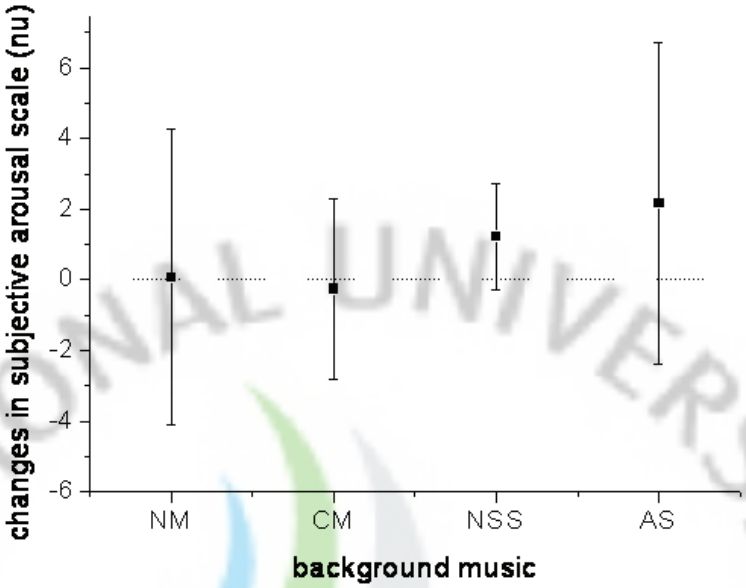
실험 전과 후의 피 실험자의 주관적인 각성도 차를 좀 더 효율적으로 요약하기 위해 그림3.2-2에서는 피 실험자의 (sAs7-sAs5) 값을 배경음 유형별로 도시하였다 (NM(N=28), CM(N=29), NSS(N=31), AS(N= 29)). 그림3.2-1에서 보여주었듯이, 자연의 소리인 NSS 및 AS는 실험 후 각성도가 증가했기 때문에, (sAs7-sAs5)의 평균값이 양의 값을 가진다. NM과 CM의 경우 (sAs7-sAs5)의 평균값은 거의 0의 값을 가진다. 그림 하단의 표는 배경음 유형별 paired t-Test 결과를 보여주고 있으며, NSS는 CM과, AS는 NM 및 CM에 대해 통계적으로 유의하게 각성도가 높다는 것을 보여주고 있다 (p=0.05).

3.3 BIS 지수

피 실험자로부터 측정한 BIS 신호의 특징을 평가하고(3.3.1), 표2.8-2에서 정의한 변수들에 대해 각 배경음 실험 군 별로 특성을 비교 평가하였다. 먼저 졸음의 정도를 수치화하는 변수들에 대해 3.3.2 ~ 3.3.4에서 다루고 있으며, 3.3.5에서 이와 대비하여 각성도 변수들에 대해 결과를 제시한다.

3.3.1 BIS 신호

그림3.3-1(a-d)은 4가지 다른 종류의 배경음 (NM, CM, NSS, AS)을 들으면서 책을 읽고 있는 피 실험자로부터 측정한 BIS 지수의 변화를 보여주고 있다. 그림3.3-1에서 수평축은 시간, 수직축은 BIS 지수의 크기를 의미한다. 신호 분석을 용이하게 하기 위해 BIS 신호는 2분부터 21분 총 20동안 측정한 부분만을 고려하였다. 그림3.3-1은 모든 피 실험자로부터 측정한 신호를 중첩하여 회색으로 배경으로 도시하고 있으며, 전면에 굵고 진한 검정색으로 모든 피 실험자에 대한 평균치 보여준다. 모든 배경음 실험 군에 대해 실험 초기 (<~3분)에는 BIS 지수가 90 보다 큰 값을 가진다. 그러나 시간이 지남에 따라 배경음 유형별로



(paired t-Test on [sAs7-sAs5] for background sounds)

–	CM	NSS	AS
NM	0.3577	0.0767	0.0319
CM	–	0.0038	0.0065
NSS	–	–	0.1423

그림3.2-2 배경음에 따른 실험 후 주관적 각성 척도의 변화 (sAs7-sAs5). NM: 무 음악 (N=28), CM: 고전 음악 (N=29), NSS: 시냇물 소리 (N=31), AS: A-사운드 (N= 29).

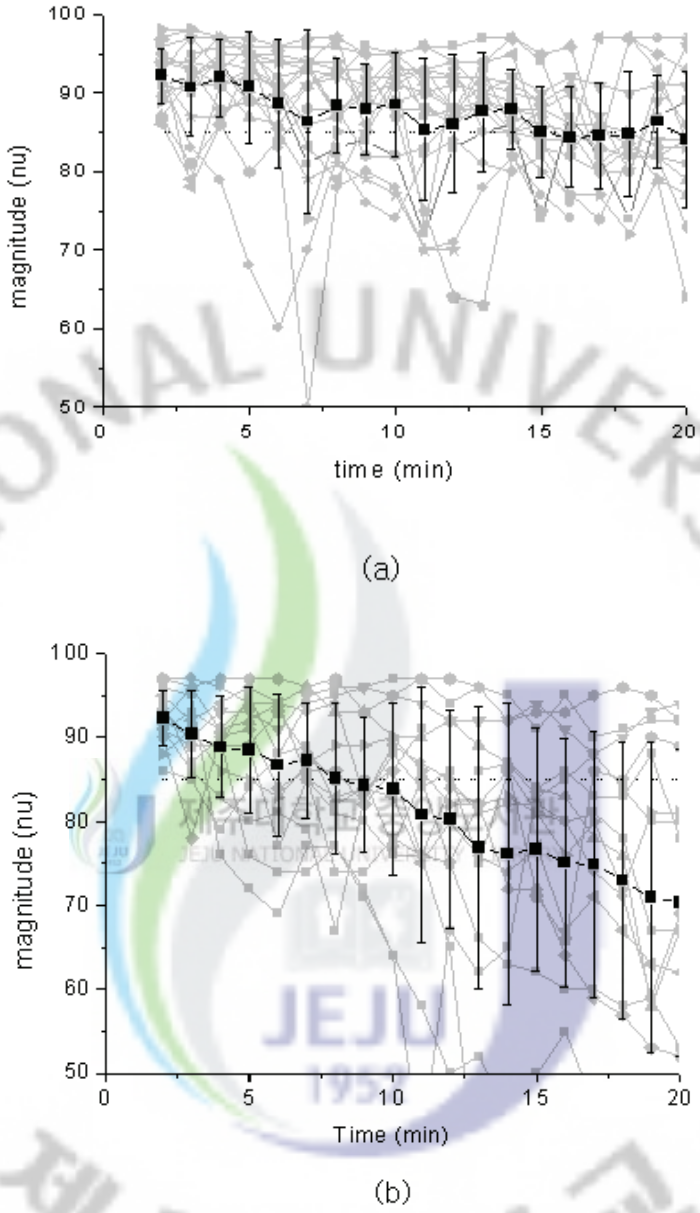
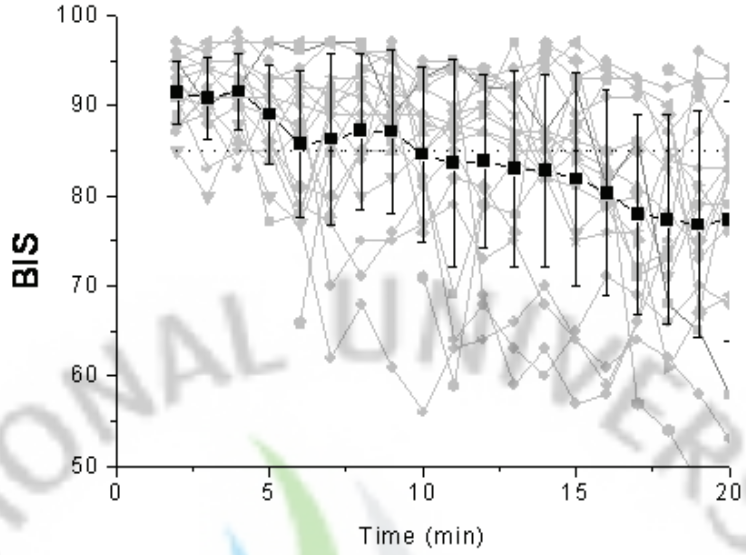
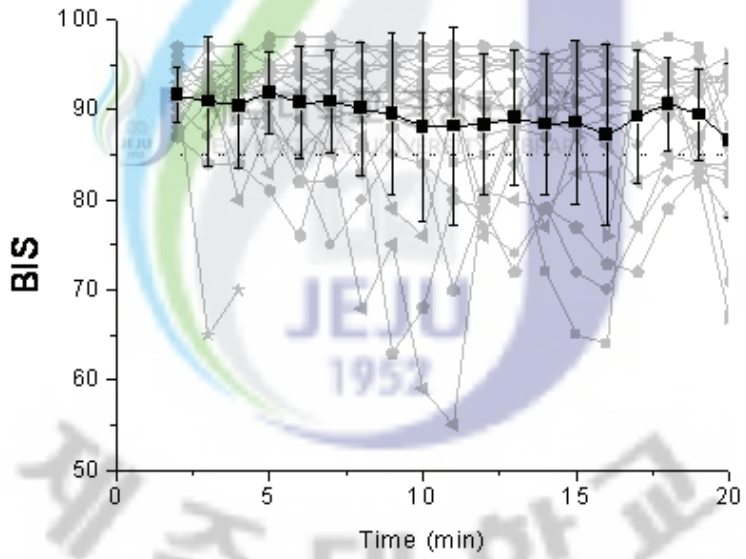


그림3.3-1 다른 종류의 배경음을 들으면서 책을 읽고 있는 피 실험자로 부터 실험 기간 동안 측정한 BIS 신호. 굵은선의 연결된 신호는 실험 전 기간 신호의 평균값을 의미한다. (a) 무 음악 (NM, N=19), (b) 고전 음악(CM, N=15), (c) 시냇물 소리(NSS, N=19), (d) A-사운드 (AS, N=18).

- 계속 -



(c)



(d)

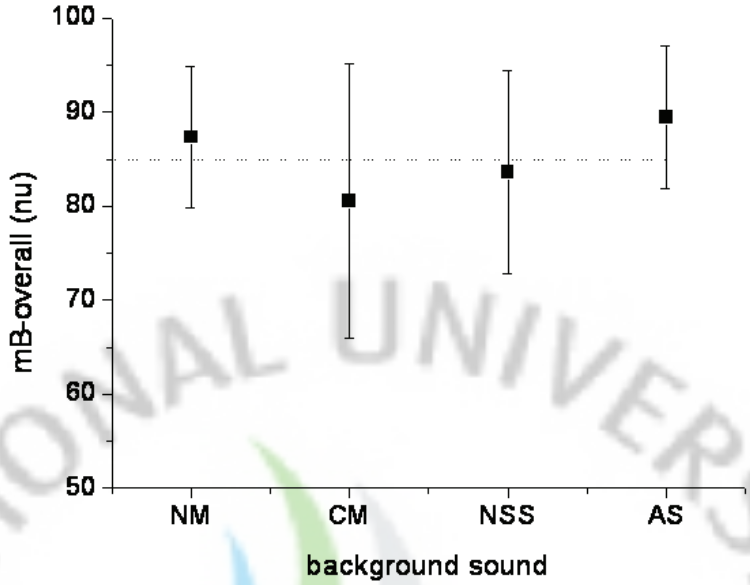
그림3.3-1 다른 종류의 배경음을 들으면서 책을 읽고 있는 피 실험자로 부터 실험 기간 동안 측정한 BIS 신호. 굵은선의 연결된 신호는 실험 전 기간 신호의 평균값을 의미한다. (a) 무 음악 (NM, N=19), (b) 고전 음악(CM, N=15), (c) 시냇물 소리(NSS, N=19), (d) A-사운드 (AS, N=18).

BIS 지수가 다르게 변화한다. NM의 경우 (그림 3.3-1a), BIS 지수의 평균값은 93~84 범위 내에 있으며, 실험 후반부에 갈수록 졸음 임계치 (sleepiness threshold level: STL)인 85 부근에서 움직인다. CM의 경우(그림 3.3-1b), BIS 지수의 평균은 94~72 사이에 분포한다. 실험 중반부터 BIS 지수는 졸음 임계치인 85 이하로 가파르게 하강하고, 피 실험자는 대부분 졸음 상태에 빠진 것으로 보인다. NSS의 경우(그림 3.3-1c) BIS 지수의 평균은 93~76사이에서 사행선을 그리며, 실험 중반 경부터 비교적 완만하게 졸음 임계치인 85 이하로 떨어지고 있다. CM의 경우와 마찬가지로 실험 중반 이후 피 실험자는 졸음 상태에 접어든 것으로 추측된다. AS 경우(그림 3.3-1d) BIS지수의 평균은 평균 93~86사이에 분포되어 있다. 즉 실험 전 기간 동안 BIS 지수의 평균값은 졸음 임계 치 STL (85) 보다 높은 값을 유지하고 있다.

3.3.2 BIS 구간 평균 ($mB_{overall}$, $mB_{1/2}$, $mB_{2/2}$, $mB_{4/4}$)

제주대학교 중앙도서관

실험 전 기간 20분(2-21분) 동안 피 실험자로부터 측정한 BIS 지수의 변화(그림3.3-1)의 시간 평균값 (mB-overall)에 대한 배경음 유형별 효과를 도시하면 그림3.3-2와 같다. 예상할 수 있듯이 CM의 경우 mB-overall은 값은 STL (85) 보다 낮은 80 부근의 값을 보이며, NSS에서는 mB-overall 낮 은 쪽에서 STL에 근접하고 있다. AS의 경우 mB-overall 값은 STL 보다 상대적으로 높은 값을 가지는 것을 나타났다. 그림3.3-2 하단의 표는 mB-overall에 대해 배경음 유형별로 paired t-Test를 수행하여 결과를 제시하고 있다. 이 표에서 보여주는 것과 같이, mB-overall은 AS가 CM과 NSS 보다 통계적으로 유의하게 큰 것으로 나타났다 ($p< 0.025$). NM과 AS ($p=0.066$), NSS와 CM ($p=0.142$)는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.



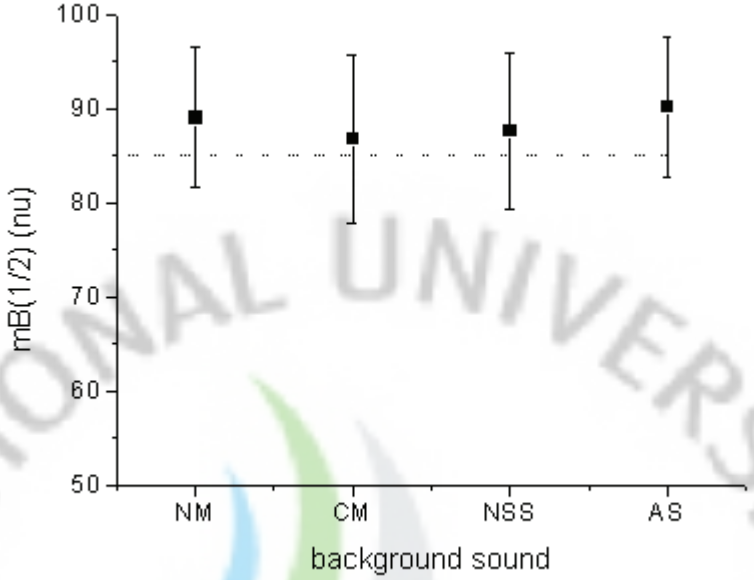
(paired t-Test on $mB_{-overall}$ for background sounds)

–	CM	NSS	AS
NM	0.014631	0.028423	0.065688
CM	–	0.141949	0.002439
NSS	–	–	0.001463

그림 3.3-2 다른 유형의 배경음을 들으면서 책을 읽고 있는 피 실험자에 대해 전체 실험 기간 (실험 시작 후 2분에서 21분까지) 20분 동안 측정한 BIS 값 (mB-overall)의 평균 및 표준 편차. (NM: 무 음악, CM: 고전 음악, NSS: 시냇물 소리, AS: A-사운드).

실험 기간을 전반부 및 후반부로 구분하여 BIS 값의 평균값의 변화를 도시하면 그림3.3-3과 같다. 그림3.3-3a는 전반부 10분 (실험 시작 후 2-11분), 그림 3.3-3b는 후반부 10분 (실험 시작 후 12-21분)동안 측정한 피 실험자의 BIS 지수의 시간 평균값 ($mB_{1/2}$, $mB_{2/2}$)에 대해 배경음 실험 군 별로 평균과 표준편차를 도시한다. 표3.3-2는 배경음 유형별 피 실험자에 대해 $mB_{2/2}$(표3.3-2a), $mB_{2/2}$(표3.3-2b) 배경음의 유형별 paired t-Test 결과를 보여준다. 그림3.3-3a에서 보여주는 것과 같이 실험 전반부에 측정한 BIS 신호의 시간 평균 $mB_{1/2}$의 평균값은 모든 배경음 실험 군 상호간 차이가 없으며 졸음 모두 역치 STL(85)보다 높은 것으로 나타났다. 그러나 실험 후반부에 측정한 BIS 신호의 시간 평균 $mB_{2/2}$의 평균값은 AS 실험 군을 제외하고 STL 이하로 떨어져있다. AS 실험 군은 실험 전반부와 후반부가 유사한 수준을 유지하고 있는 반면 (표3.3-2a), CM과 NSS 실험 군은 BIS 신호의 시간 평균이 후반부에 크게 감소하고 있다 (표 3.3-2b). AS 실험 군은 실험 전 후반을 통해 졸리지 않은 상태를 유지하고 있는 반면, CM과 NSS 실험 군은 후반부에 졸거나 수면 상태로 빠졌을 가능성이 높은 것으로 예측된다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



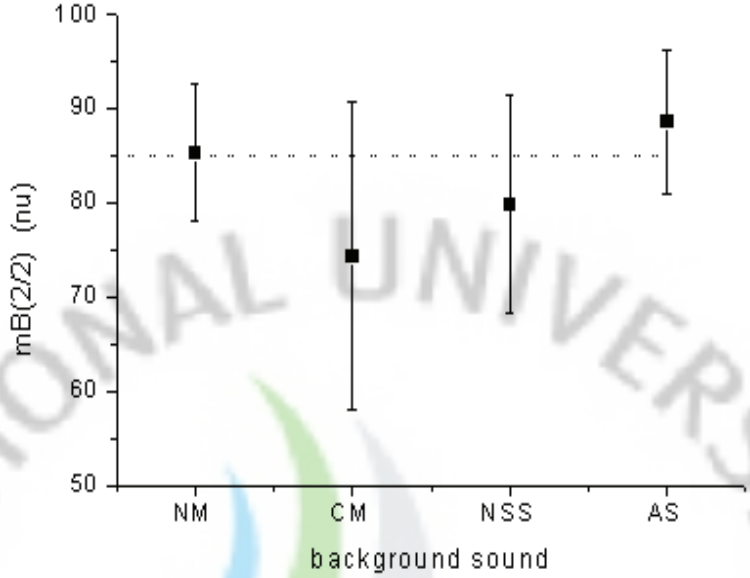
(paired t-Test on $mB_{1/2}$ for background sounds)

–	CM	NSS	AS
NM	0.104165	0.176109	0.263272
CM	–	0.328688	0.046059
NSS	–	–	0.071759

(a)

그림 3.3-3 다른 유형의 배경음을 들으면서 책을 읽고 있는 피 실험자에 대해 전반 및 후반부 10분 동안 기록한 BIS의 평균값에 대한 평균 및 표준편차.
(a) 전반부 (실험 시작 후 2-11분) - $mB_{1/2}$ (b) 후반부 (실험 시작 후 12 - 21분) - $mB_{2/2}$ (NM: 무 음악, CM: 고전 음악, NSS: 시냇물 소리, AS: A-사운드)

- 계속 -



(paired t-Test on $mB_{2/2}$ for background sounds)

-	CM	NSS	AS
NM	0.012244	0.031468	0.013504
CM	-	0.105306	0.001295
NSS	-	-	0.00033

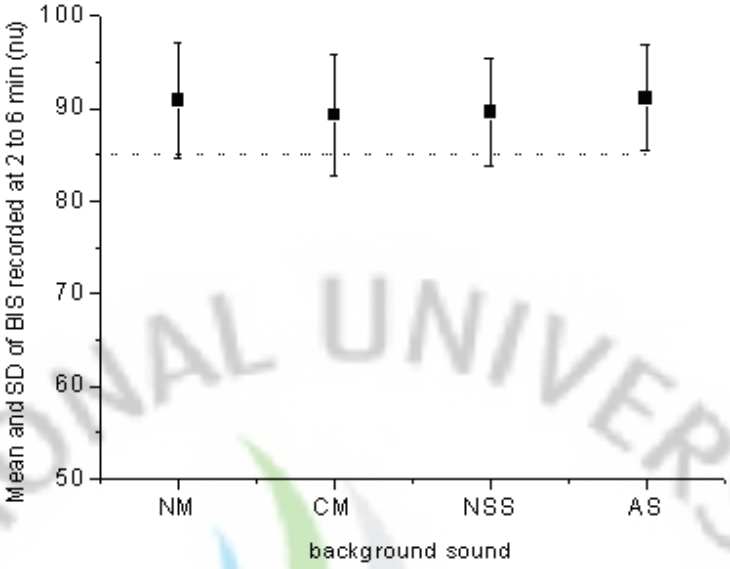
(b)

그림 3.3-3 다른 유형의 배경음을 들으면서 책을 읽고 있는 피 실험자에 대해 전반 및 후반부 10분 동안 기록한 BIS의 평균값에 대한 평균 및 표준편차.
(a) 전반부 (실험 시작 후 2-11분) - $mB_{1/2}$, (b) 후반부 (실험 시작 후 12 - 21분) - $mB_{2/2}$ (NM: 무 음악, CM: 고전 음악, NSS: 시냇물 소리, AS: A-사운드)

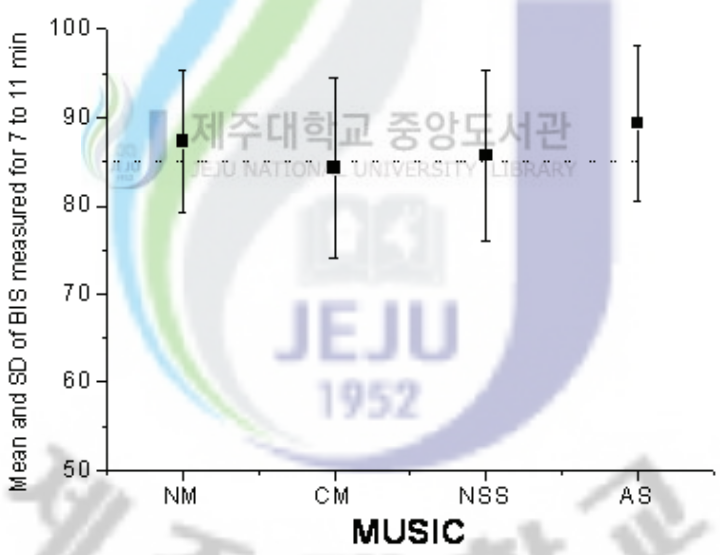
그림 3.3-4는 실험 기간을 분기별로 구분하고 분기별 BIS 지수의 시간 평균을 배경음 유형별로 도시한 것이다. 즉, 2분부터 21분 동안 5분 간격으로 BIS 지수의 평균값과 표준 편차를 계산하였다. 그림 3.3-4a는 실험 시작 후 처음 5분 (1사분기, 2-6분) 동안 BIS의 배경음 유형별로 평균값과 표준편차를 보여주고 있다. 모든 배경음에 대해 BIS의 평균값은 졸음 임계 치 STL (85)보다 높은 영역에 위치하고 있으며, 배경음 유형에 따른 차이는 거의 없는 것을 볼 수 있다. 실험 시작 후 2번째 5분 (2사분기, 7-11분) 동안 BIS 지수의 평균값은 그림 3.3-4b에 도시하고 있으며, 1사분기에 비해 전체적으로 BIS 지수가 낮아지고 있다. CM을 제외하고는 모든 배경음 실험 군에서 BIS 지수의 평균은 졸음 임계 치 STL (85) 보다 높다. 실험 시작 후 3번째 5분 (3사분기, 12-16분) 동안 BIS 지수의 평균값은 그림 3.3-4c에서 보여주듯이 NM과 AS과는 달리 CM과 NSS에서 BIS 지수의 평균은 STL 보다 낮 은 값을 가진다. CM의 경우 비록 표준편차가 크지만 BIS 지수의 평균값은 75부근으로 매우 낮다. 실험 시작 후 3사분기부터 CM 시험 군은 거의 수면 단계에 접어들었음을 추정할 수 있다. 그림 3.3-4d는 실험 종료시점 5분 동안 (4사분기, 17-21분) BIS 지수의 평균 ($mB_{4/4}$) 및 표준편차 값을 보여 주며, 이 경우 AS를 제외한 나머지 모든 배경음 실험 군의 BIS 지수의 평균이 졸음시점 STL 보다 낮은 값을 가지고 있다.

3.3.3 시간 관련 변수 (soT, rpSp)

그림3.3-5는 실험 기간 동안 BIS 지수가 졸음 임계 STL (85)보다 낮아진 최초 시점 (soT)을 측정하여 배경음 유형별로 도시하고 있다. 그림 하단 표는 soT에 대해 4가지 배경음 유형별 paired t-Test 결과이다. 그림에서 보여주듯이 soT는 평균적 10~134분 정도의 값을 가지고 있으며, AS 실험 군이 상대적으로 가장 큰 값을 가지는 것으로 나타났다. 여기서 보여주는 통계적인 검증 결과 약간 배경음 유형별로 거의 차이가 없는 것으로 나타났다 ($p>0.09$).

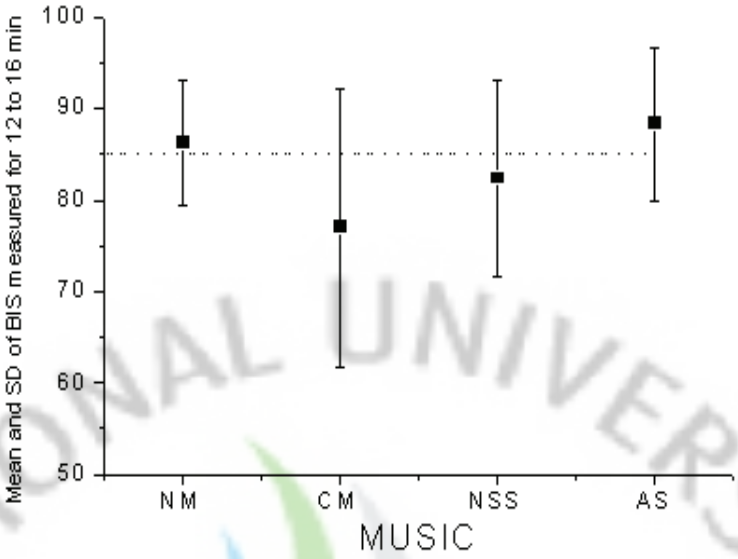


(a)

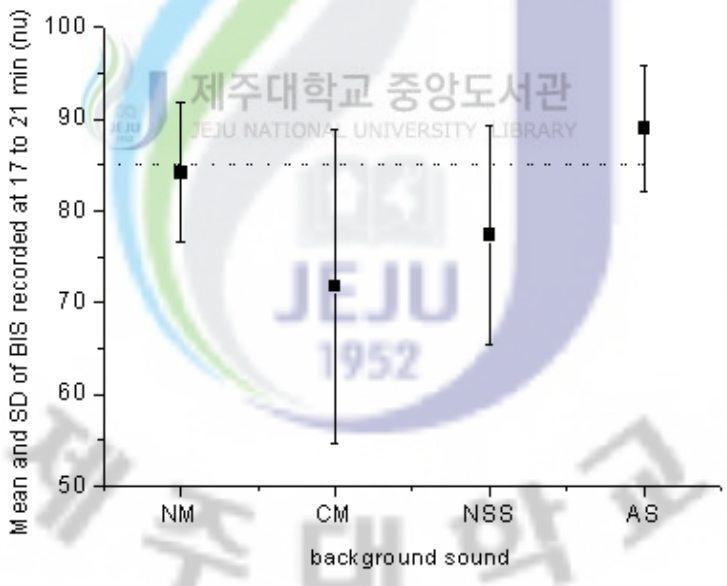


(b)

그림3.3-4 다른 종류의 배경음을 들으면서 책을 읽고 있는 피 실험자에 대해 5 분 동안 측정한 BIS 값의 평균 및 표준 편차. (a) 실험 시작 후 2-6 분, (b) 실험 시작 후 7-11 분 (c) 실험 시작 후 12 -16 분, (d) 실험 시작 후 17-21 분. (NM: 무 음악, CM: 고전 음악, NSS: 시냇물 소리, AS: A-사운드). - 계속 -

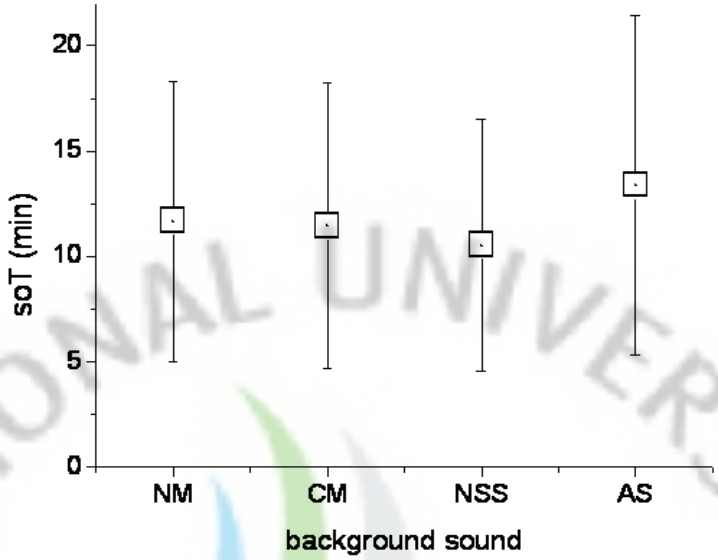


(c)



(d)

그림3.3-4 다른 종류의 배경음을 들으면서 책을 읽고 있는 피 실험자에 대해 5 분 동안 측정한 BIS 값의 평균 및 표준 편차. (a) 실험 시작 후 2-6 분, (b) 실험 시작 후 7-11 분 (c) 실험 시작 후 12 -16 분, (d) 실험 시작 후 17-21 분. (NM: 무 음악, CM: 고전 음악, NSS: 시냇물 소리, AS: A-사운드).



(paired t-Test on soT for background sounds)

	CM	NSS	AS
NM	0.222055	0.288216	0.243361
CM	-	0.384331	0.097046
NSS		-	0.1135

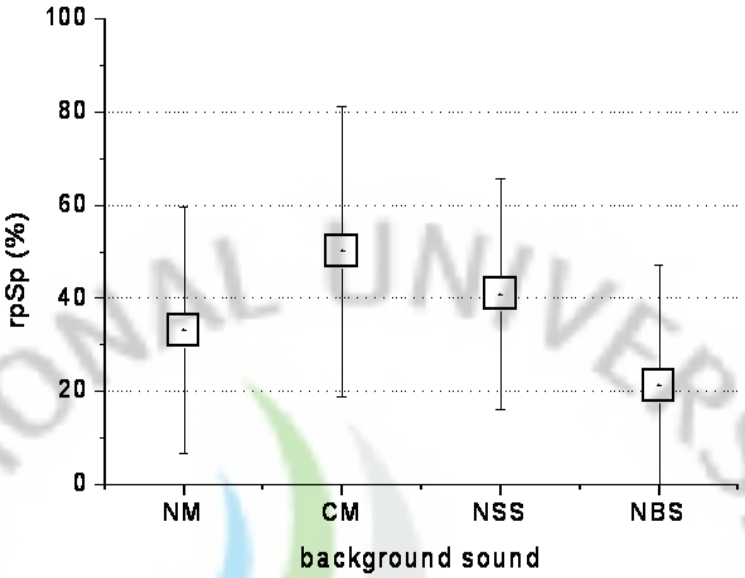
그림3.3-5 다른 종류의 배경음을 들으면서 책을 읽고 있는 피 실험자의 BIS 값이 최초로 85 보다 작은 값은 가지는 시간 (soT)의 평균 및 표준 편차. (NM: 무 음악, CM: 고전 음악, NSS: 시냇물 소리, AS: A-사운드).

실험 기간 20분 동안 BIS 지수가 85보다 작은 값을 가지는 총 시간의 비율(rpSp)을 배경음 유형별로 도시하면 그림3.3-6과 같다. (NM (N=19), CM (N=15), NSS (N=19), AS (N=18)). 그림에서 수직축은 rpSp (백분율, %)이고 수평축은 배경음 유형이다. 그림에서 보여주듯이 rpSp의 평균값은 CM 49%, NSS 41%, NM 32%, AS 21% 순으로 감소하고 있다. 다른 배경음에 비해 AS의 값이 상대적으로 매우 낮다. 표3.3-4는 rpSp에 대한 배경음 유형별 paired t-Test 결과 (p-value)를 보여준다. 표3.3-4에서 볼 수 있듯이 AS는 통계적으로 CM과 NSS에 비해 유의하게 낮다고 할 수 있다 (p=0.003 for CM, p=0.01 for NSS).

3.3.4 졸림 정도 (doS)

그림3.3-6은 피 실험자로부터 측정한 BIS 신호 (그림3.3-1)가 85보다 작은 값을 가질 때 졸음 임계 STL 값으로 정의되는 수평선과 이루는 면적(0 ~ 1,680(=84*20))을 (0 ~ 1) 범위의 값으로 정규화한 doS를 배경음 유형별 실험 군에 대해 비교하고 있다. 그림에서 보여주듯이 doS의 값은 CM에서 가장 크며, NSS, NM, AS 순으로 작아지고 있다. 배경음 유형별로 paired t-Test 한 결과 (그림3.3-7) AS 실험 군에서 doS의 값이 통계적으로 유의하게 CM 및 NSS 보다 작은 것으로 나타났다 (p=0.004 for CM, p=0.05 for NSS).

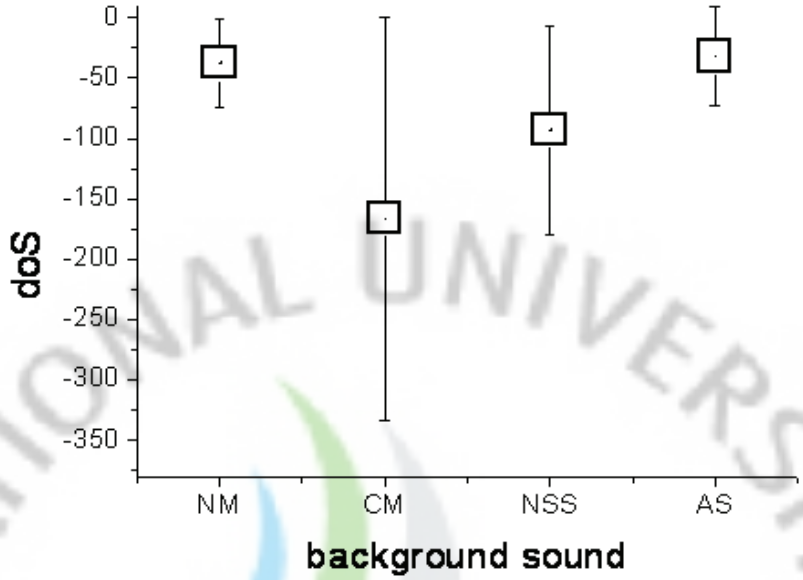
제주대학교 중앙도서관



(paired t-Test on rpSp for background sounds)

-	CM	NSS	AS
NM	0.046998	0.178889	0.085981
CM	-	0.169266	0.003165
NSS	-	-	0.01164

그림3.3-6 다른 유형의 배경음을 들으면서 책을 읽고 있는 피 실험자로 부터 20분 동안 (실험 시작 후 2-21분) 측정한 BIS 지수가 85 보다 작은 값을 가지는 기간의 상대적인 비율(rpSp). NM: 무 음악 (N=19), CM: 고전 음악 (N=15), NSS: 시냇물 소리 (N=19), AS: A-사운드 (N=18).



(paired t-Test on doS for background sounds)

-	CM	NSS	AS
NM	0.005307	0.008491	0.325939
CM	-	0.069146	0.004241
NSS	-	-	0.005212

그림3.3-7 다른 유형의 배경음을 들으면서 책을 읽고 있는 피 실험자로 부터 20분 동안 (실험 시작 후 2-21분) 측정한 BIS 신호가 85 보다 작은 값을 가지는 영역의 면적 (doS)에 대한 평균 및 표준 편차. NM: 무 음악 (N=19), CM: 고전 음악 (N=15), NSS: 시냇물 소리 (N=19), AS: A-사운드 (N=18).

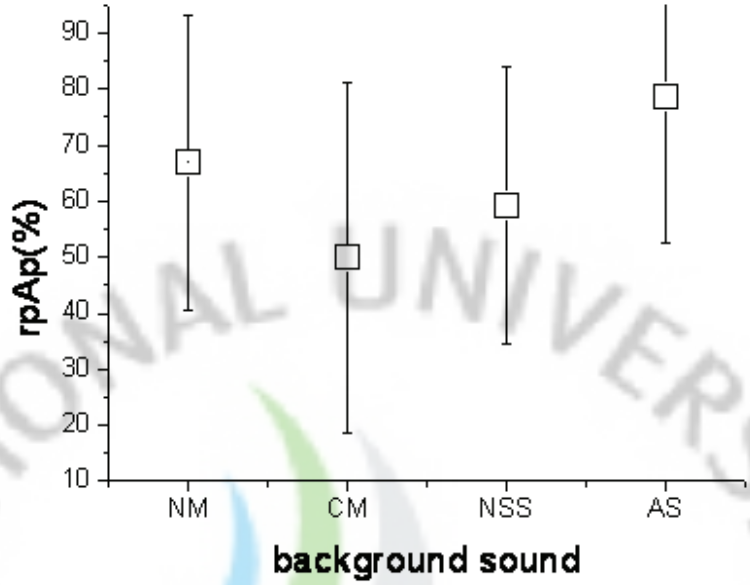
3.3.5 각성도 관련 변수

앞의 3.3.2-3.3.4 사이에서는 졸음의 정도를 수치화하는 변수에 대해 측정된 BIS 신호에서 졸음 임계 수준인 STL 85 보다 높은 값을 가지는 신호의 영역에서 정의되는 각성도 변수들 (rpAp, doA)에 대해 측정 결과를 분석하였다.

실험 기간 동안 BIS 지수가 85 이상이 되는 총 시간의 비율 (rpSp 백분율)을 배경음 유형별로 도시하면 그림3.3-8과 같다. (NM(N=19), CM(N=15), NSS(N=19), AS(N=18)). 그림에서 보여주듯이 rpAp의 평균값은 AS에서 75정도로 가장 높고 CM 49%, NSS 41%, NM 32%, AS 21% 순으로 감소하고 있다. 그림 하단에 제시하는 rpSp에 대한 배경음 유형별 paired t-Test 결과로부터 AS 실험 군의 rpAp는 통계적으로 CM과 NSS에 비해 유의하게 높다고 할 수 있다 (p=0.0035 for CM, p=0.012 for NSS).

제주대학교 중앙도서관

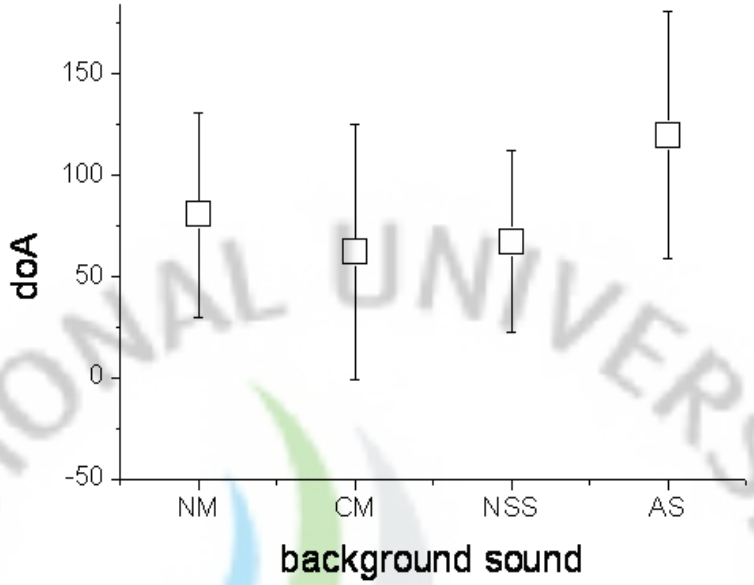
그림3.3-9는 피 실험자로부터 측정한 BIS 신호 (그림3.3-1)가 졸음 임계 수준 (STL) 85 이상인 값을 가질 때 STL을 가지는 수평선과 이루는 면적 (0 ~ 320(=16*20))을 (0 ~ 1) 범위의 값으로 정규화한 doA를 배경음 유형별 실험 군에 대해 비교하고 있다. 그림에서 보여주듯이 doA의 값은 AS에서 가장 크며, NM, NSS, CM 순으로 작아지고 있다. 배경음 유형별로 paired t-Test한 결과 AS 실험 군에서 doA는 통계적으로 유의하게 CM(p=0.006), NM(p=0.02), NSS(p=0.002) 보다 높은 것으로 나타났다.



(paired t-Test on rpAp for background sounds)

-	CM	NSS	AS
NM	0.046998	0.178889	0.091478
CM	-	0.169266	0.003508
NSS	-	-	0.012883

그림3.3-8 다른 유형의 배경음을 들으면서 책을 읽고 있는 피 실험자로 부터 20분 동안 (실험 시작 후 2-21분) 측정한 BIS 지수가 85 보다 큰 값을 가지는 총 시간의 백분율 (rpAp)의 평균 및 표준 편차. NM: 무 음악 (N=19), CM: 고전 음악 (N=15), NSS: 시냇물 소리 (N=19), AS: A-사운드 (N=18).



(paired t-Test on doA for background sounds)

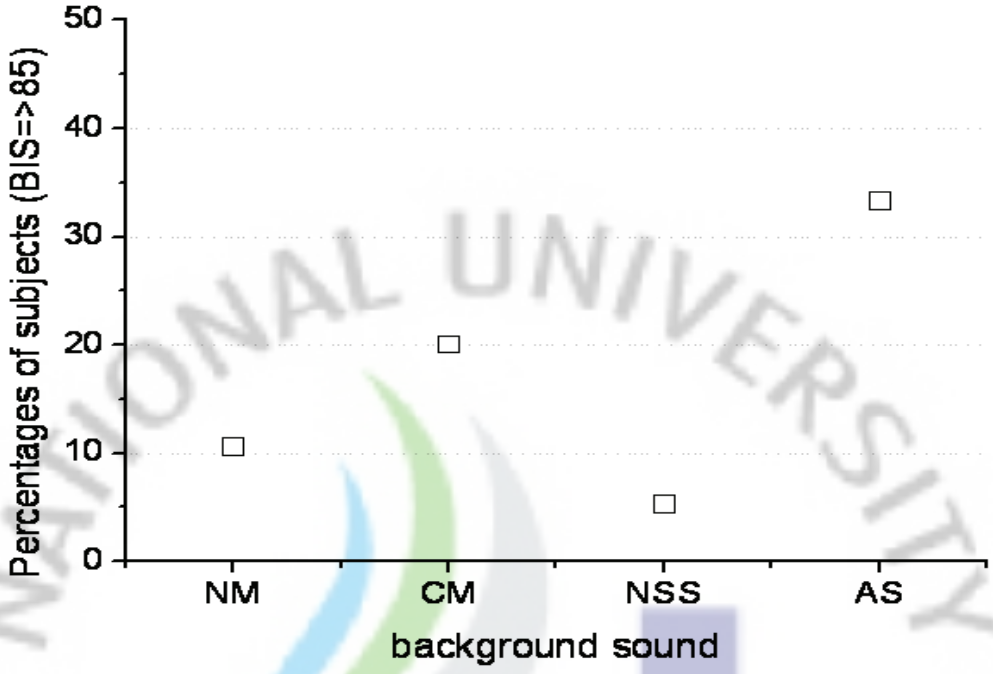
-	CM	NSS	AS
NM	0.173727	0.197963	0.019709
CM	-	0.394676	0.005875
NSS	-	-	0.002460

그림3.3-9 다른 유형의 배경음을 들으면서 책을 읽고 있는 피 실험자로 부터 20분 동안 (실험 시작 후 2-21분) 측정한 BIS 신호가 85 보다 큰 값을 가지는 영역의 면적 (doA)에 대한 평균 및 표준 편차. NM: 무 음악 (N=19), CM: 고전 음악 (N=15), NSS: 시냇물 소리 (N=19), AS: A-사운드 (N=18).

3.3.6 PSNS (percentage of subjects never sleepy)

그림3.3-10은 실험 기간 동안 한번도 BIS 지수가 85 미만으로 떨어지지 않은 즉 실험 기간 동안 계속각성 상태를 유지한 것으로 추정되는 피 실험자 수의 비율 (PSNS)을 배경음 유형별로 도시한 것이다. AS 실험군은 PSNS 값이 30%이상으로 가장 높았고, CM, NM, NSS 순으로 감소하고 있다. 흥미 있는 부분은 CM의 경우 평균적으로 BIS 지수의 값이 가장 낮 은 값을 보이고 있으면서, 실험 기간 동안 계속해서 BIS지수가 졸음 임계 수준 STL 보다 높은 수준을 유지한 피 실험자의 비율이 20% 가량으로 높게 나타났다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY
JEJU NATIONAL UNIVERSITY 1952
제주대학교



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

그림3.3-10 종류가 다른 배경음을 들으면서 책을 읽는 실험 기간 동안 한번도 BIS 값이 85 미만으로 떨어지지 않은 피 실험자 수의 비율. NM: 무 음악 (N=19), CM: 고전 음악 (N=15), NSS: 시냇물 소리 (N=19), AS: A-사운드 (N=18).

3.4 주관적인 척도와 BIS 지수와의 상관성

주관적인 졸음 및 각성도 척도가 BIS 지수와 어떠한 상관성이 있는지를 살펴보기 위해 상관계수 (cross correlation coeffience. R)를 구하여 비교하여 보았다. 상관성 평가에 사용된 주관적인 척도는 sSs8, sSs6, sAs7 3가지이며 BIS 지수는 $mB_{overall}$, $mB_{2/2}$, $mB_{4/4}$, soT, rpSp, doS, rpAp, doA 총 8가지이다.

3.4.1 주관적인 졸음 척도와 BIS 지수

실험 기간 중 졸린 정도를 주관적으로 평가한 sSs8, 실험 직후 졸린 상태를 평가하는 sSs6에 대하여 졸음과 관련된 6가지 BIS 변수 $mB_{overall}$, $mB_{2/2}$, $mB_{4/4}$, soT, rpSp, doS와의 상관성을 평가하였다.

그림3.4-1부터 3.4-6까지는 6가지 BIS 독립 변수($mB_{overall}$, $mB_{2/2}$, $mB_{4/4}$, soT, rpSp, doS)에 대해 sSs8 와의 산포도를 도시하고 있다 (NM (N=19), CM (N=15), NSS (N=19), AS (N=18)). 즉, 그림에서 수직축은 sSs8을 의미하고, 수평축은 BIS 6가지 변수중 하나를 의미한다. 즉 그림3.4-1은 sSs8과 $mB_{overall}$, 그림3.4-2는 sSs8과 $mB_{2/2}$, 그림3.4-3은 sSs8과 $mB_{4/4}$, 그림3.4-4 soT, 그림3.4-5 rpSp, 그림3.4-6는 sSs8과 doS의 산포도를 보여준다. 각 그림에서 4가지 배경음 유형을 (a) NM, (b) CM, (c) NSS, (d) AS로 구분한다. 표3.4-1은 그림3.4-1부터 3.4-6까지 도시된 산포도, 즉, 배경음 유형별 졸음과 관련된 6가지 BIS 변수 ($mB_{overall}$, $mB_{2/2}$, $mB_{4/4}$, soT, rpSp, doS)에 대한 주관적 졸음 척도 (sSs8)의 상관계수 R 값를 제시한다. 표에서 보여 주듯이 R 값은 배경음 유형별로 차이가 많이 나고 있다. AS 실험 군에서 전체적으로 높게 나타난 반면 CM 및 NSS 실험 군에서 거의 상관성이 없는 것으로 나타났다. 특히 AS 실험 군에서 sSS8은 rpSp, $mB_{overall}$, $mB_{2/2}$과 상관성의 크기(|R|)가 0.7보다 높게 나타나고 있다. 예측할 수 있듯이, $mB_{overall}$, $mB_{2/2}$ 은 sSS8와 음의 상관성을 보여주고 있으며, rpSp은 sSS8와 양의 상관성을 보여주고 있다.

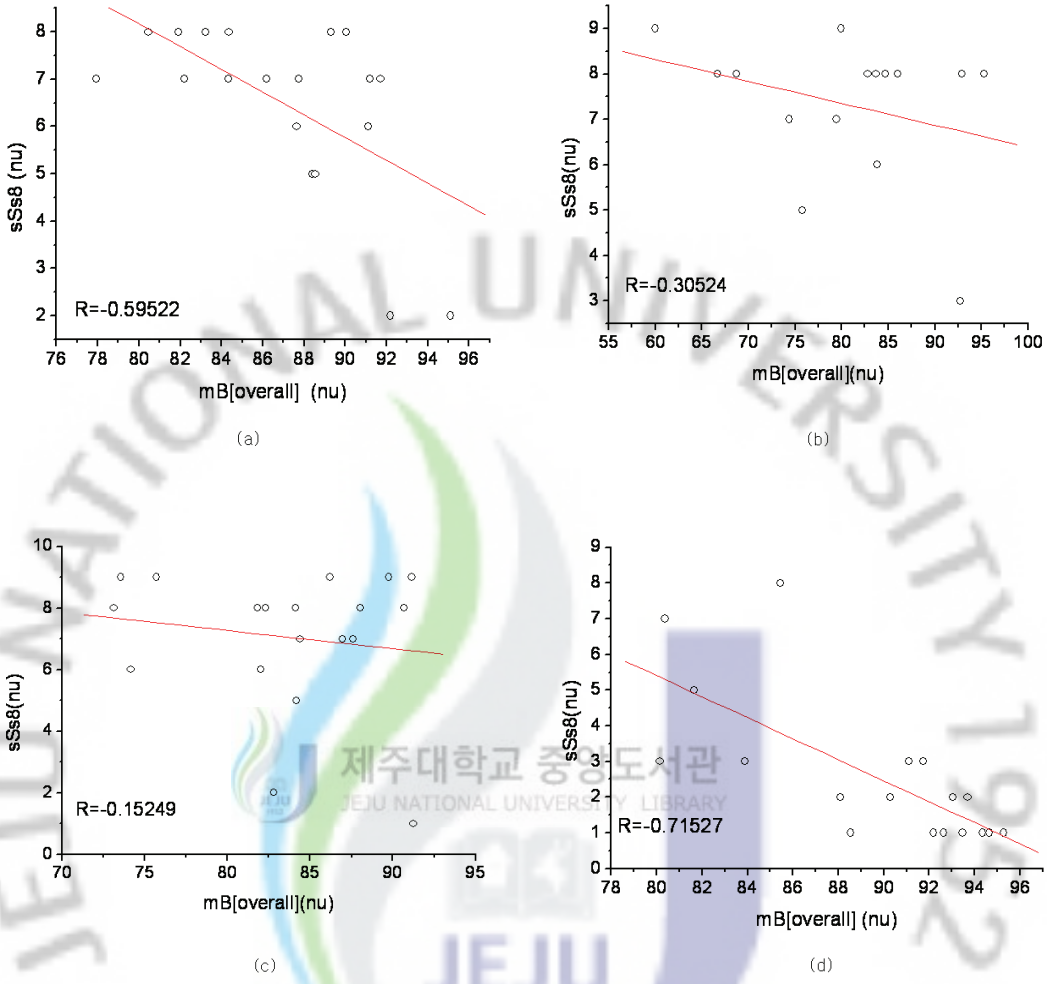


그림3.4-1 sSs8의 mB[overall]에 대한 산포도. (a) NM (N=19), (b) CM (N=15), (c) NSS (N=19), (d) AS (N=18).

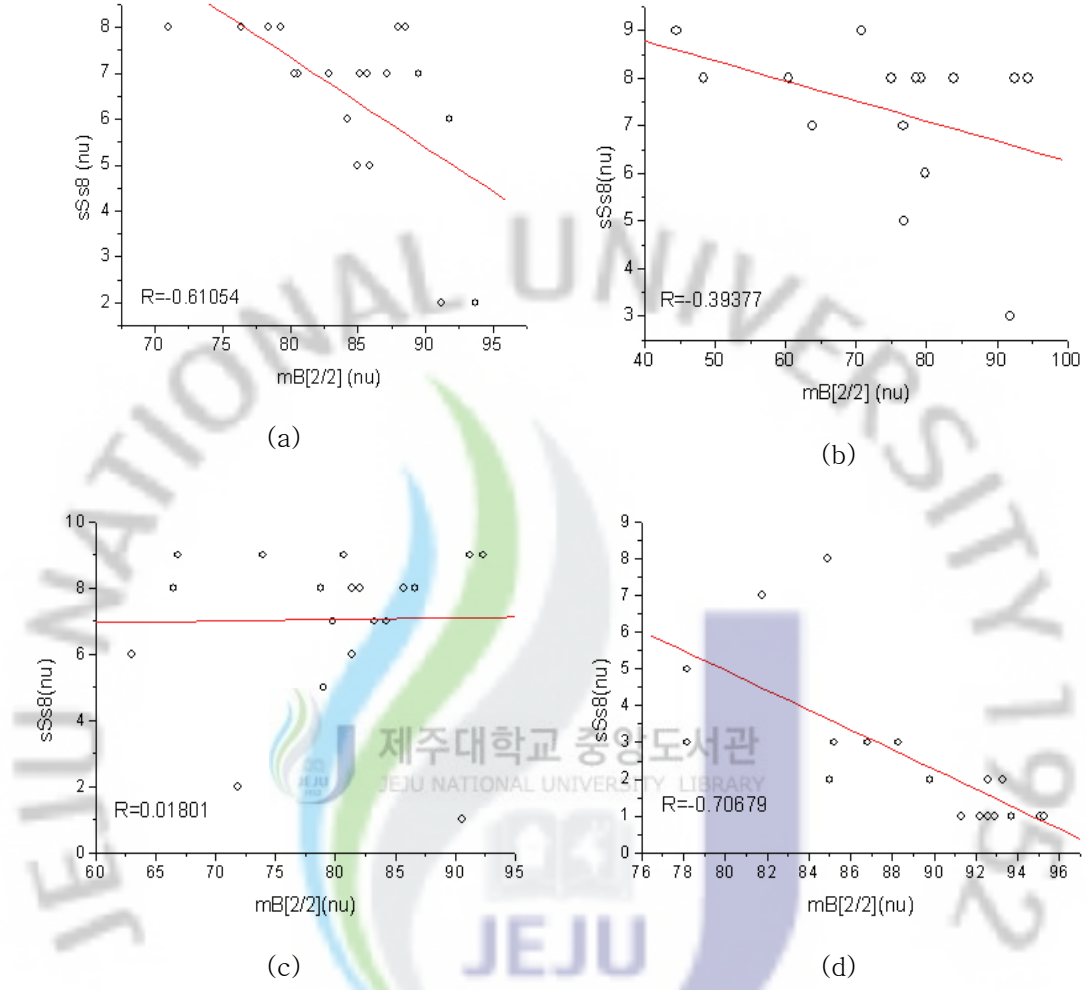


그림3.4-2 sSs8의 mB[2/2]에 대한 산포도. (a) NM (N=19), (b) CM (N=15), (c) NSS (N=19), (d) AS (N=18).

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

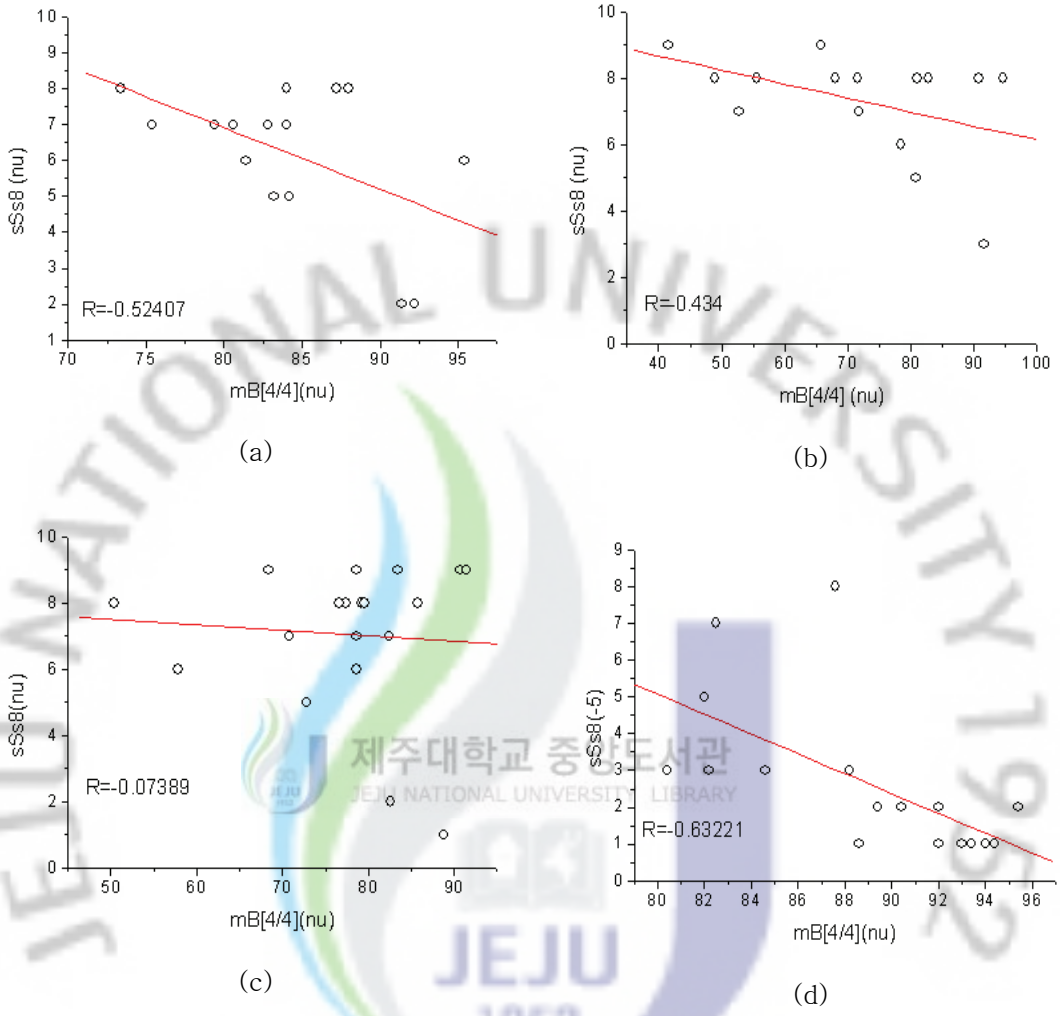


그림3.4-3 sSs8의 mB[4/4]에 대한 산포도. (a) NM (N=15), (b) CM (N=15), (c) NSS (N=19), (d) AS (N=18).

JEJU NATIONAL UNIVERSITY 1952
제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY
JEJU 1952
제주대학교

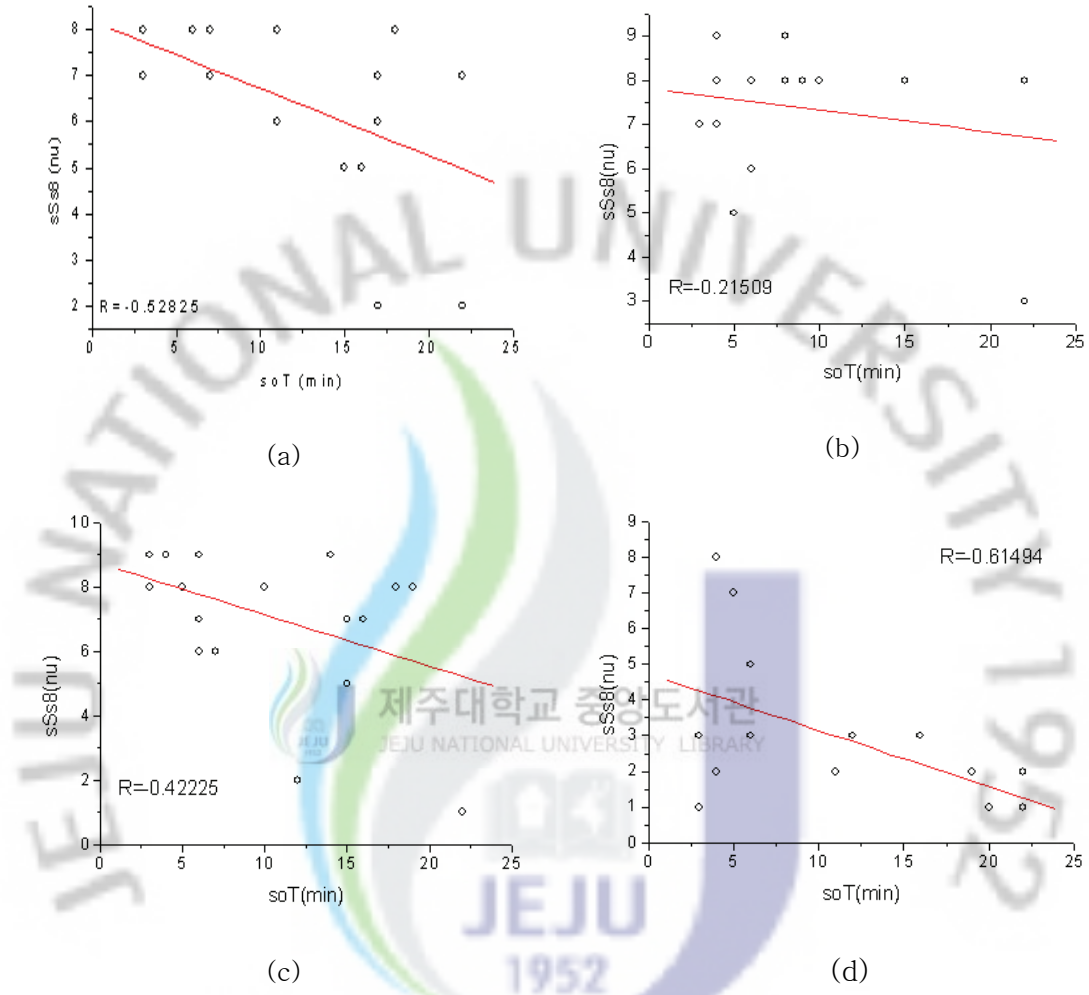


그림3.4-4 sSs8의 soT에 대한 산포도. (a) NM (N=19), (b) CM (N=15), (c) NSS (N=19), (d) AS (N=18).

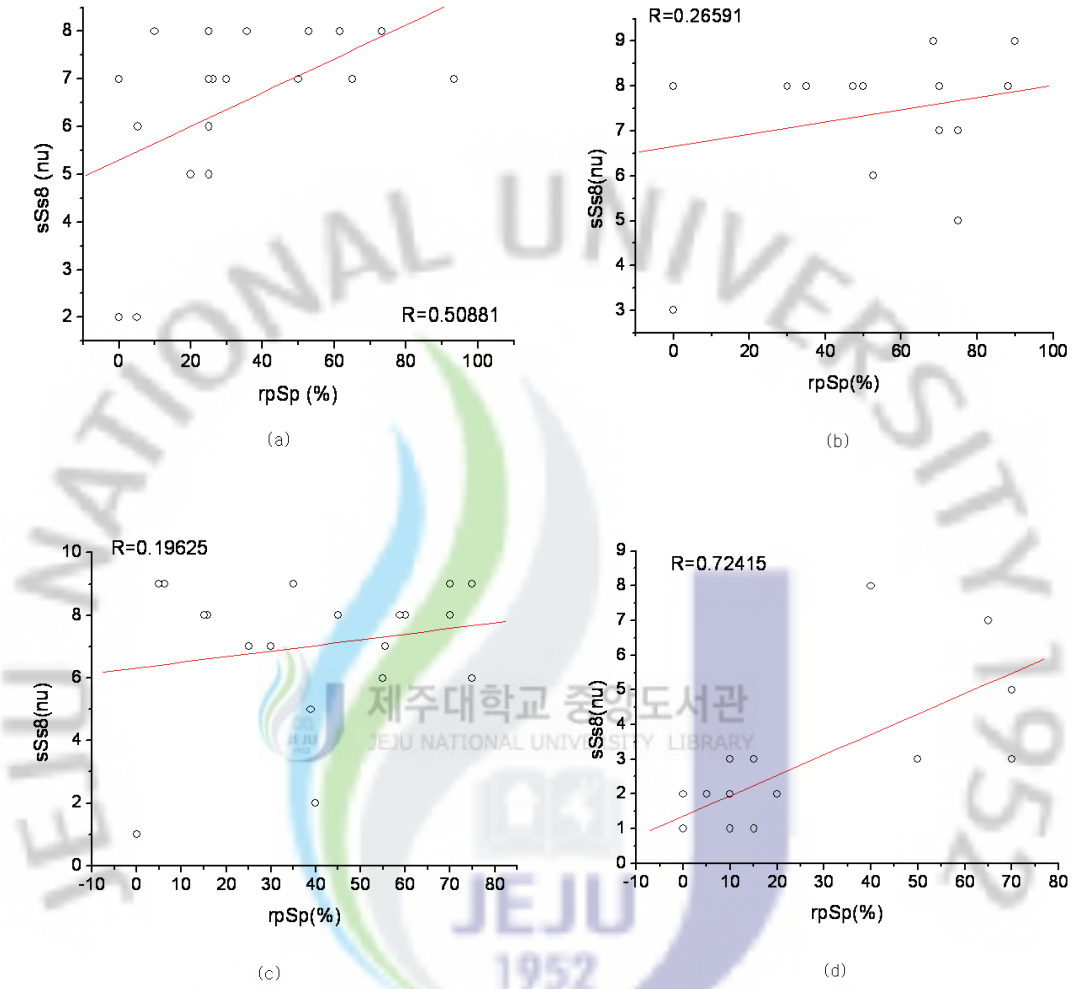


그림3.4-5 sSs8의 rpSp에 대한 산포도. (a) NM (N=19), (b) CM (N=15), (c) NSS (N=19), (d) AS (N=18).

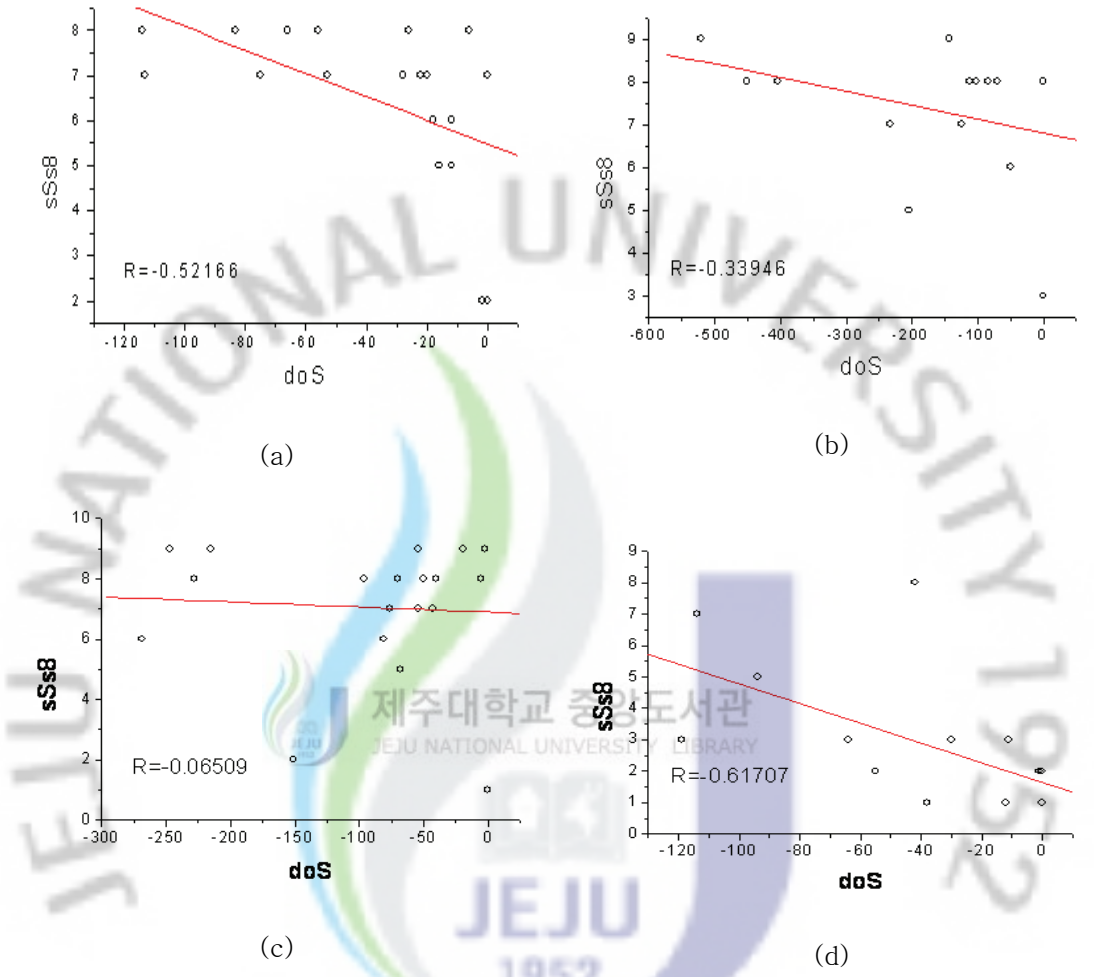


그림3.4-6 sSs8의 doS 에 대한 산포도. (a) NM (N=19), (b) CM (N=15), (c) NSS (N=19), (d) AS (N=18).

그림3.4-7부터 3.4-12까지는 6가지 BIS 독립 변수($mB_{overall}$, $mB_{2/2}$, $mB_{4/4}$, soT, rpSp, doS)에 대해 sSs6과의 산포도를 도시하고 있다 (NM (N=19), CM (N=15), NSS (N=19), AS (N=18)). 그림에서 수직축은 sSs6을 의미하고, 수평축은 BIS 6가지 독립 변수 중 하나이다. 즉 그림3.4-7은 sSs6과 $mB_{overall}$, 그림3.4-8는 sSs6과 $mB_{2/2}$, 그림3.4-9은 sSs6과 $mB_{4/4}$, 그림3.4-10 soT, 그림3.4-11 rpSp, 그림3.4-12는 sSs8과 doS의 산포도를 보여준다. 각 그림에서 4가지 배경음 유형을 (a) NM, (b) CM, (c) NSS, (d) AS로 구분한다. 표3.4-2는 그림3.4-7부터 3.4-12까지의 산포도, 즉, 배경음 유형별 졸음과 관련된 6가지 BIS 변수 ($mB_{overall}$, $mB_{2/2}$, $mB_{4/4}$, soT, rpSp, doS)에 대한 주관적 졸음 척도 sSs6의 상관계수 R 값을 제시한다. 표에서 보여 주듯이, R 값은, 이전의 sSs8과 유사하게, 배경음 유형별로 차이가 많이 난다. AS 실험 군에서 전체적으로 높게 나타난 반면 CM 및 NSS 실험 군에서 거의 상관성이 없는 것으로 나타났다. 표3.4-1에서 보여주는 sSs8와 동일하게, AS 실험 군에서 sSs6은 rpSp, $mB_{overall}$, $mB_{2/2}$과 상관성이 높게 나타나고 있다 ($|R|>0.7$). $mB_{overall}$, $mB_{2/2}$은 sSs8과 음의 상관성을 보여주고 있으며, rpSp은 sSs6과 양의 상관성을 보여주고 있다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU 1952
제주대학교

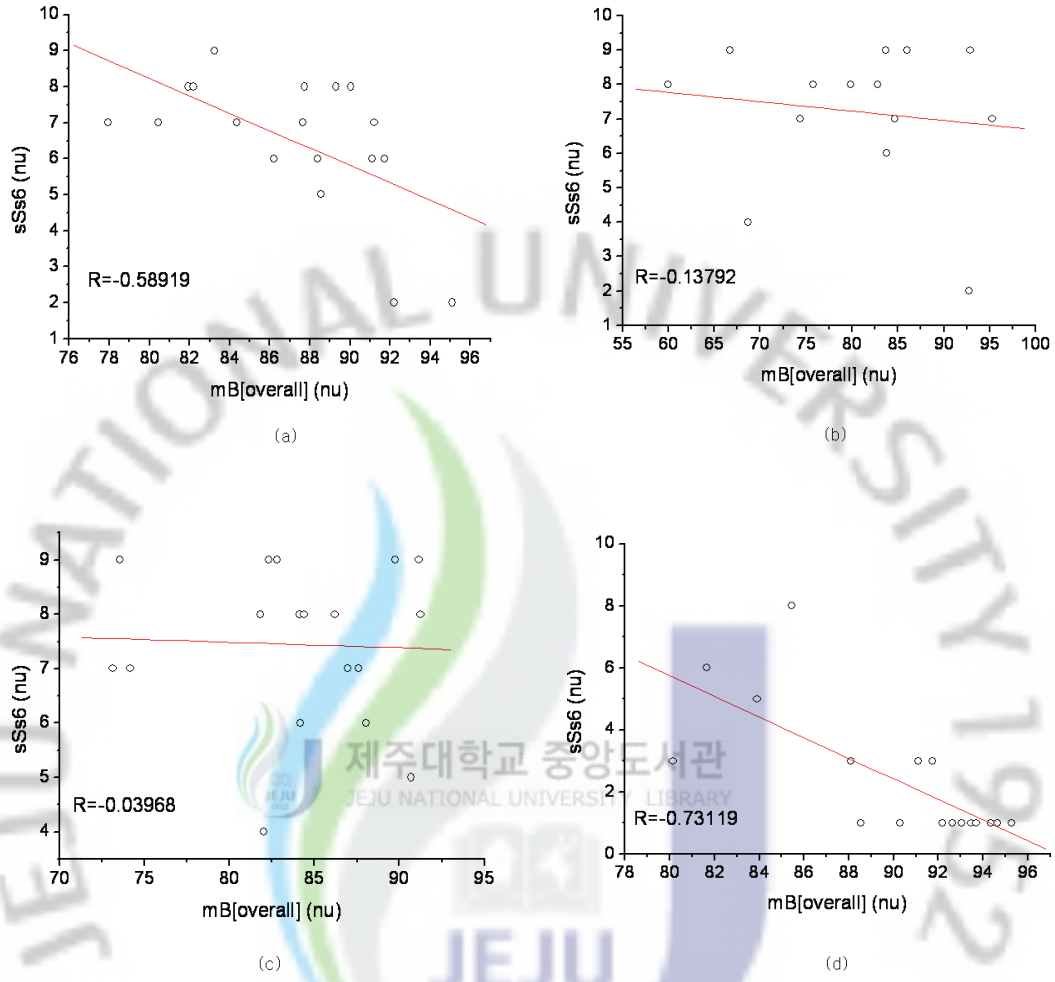


그림3.4-7 sSs6의 mB[overall]에 대한 산포도. (a) NM (N=19), (b) CM (N=14), (c) NSS (N=18), (d) AS (N=17).

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

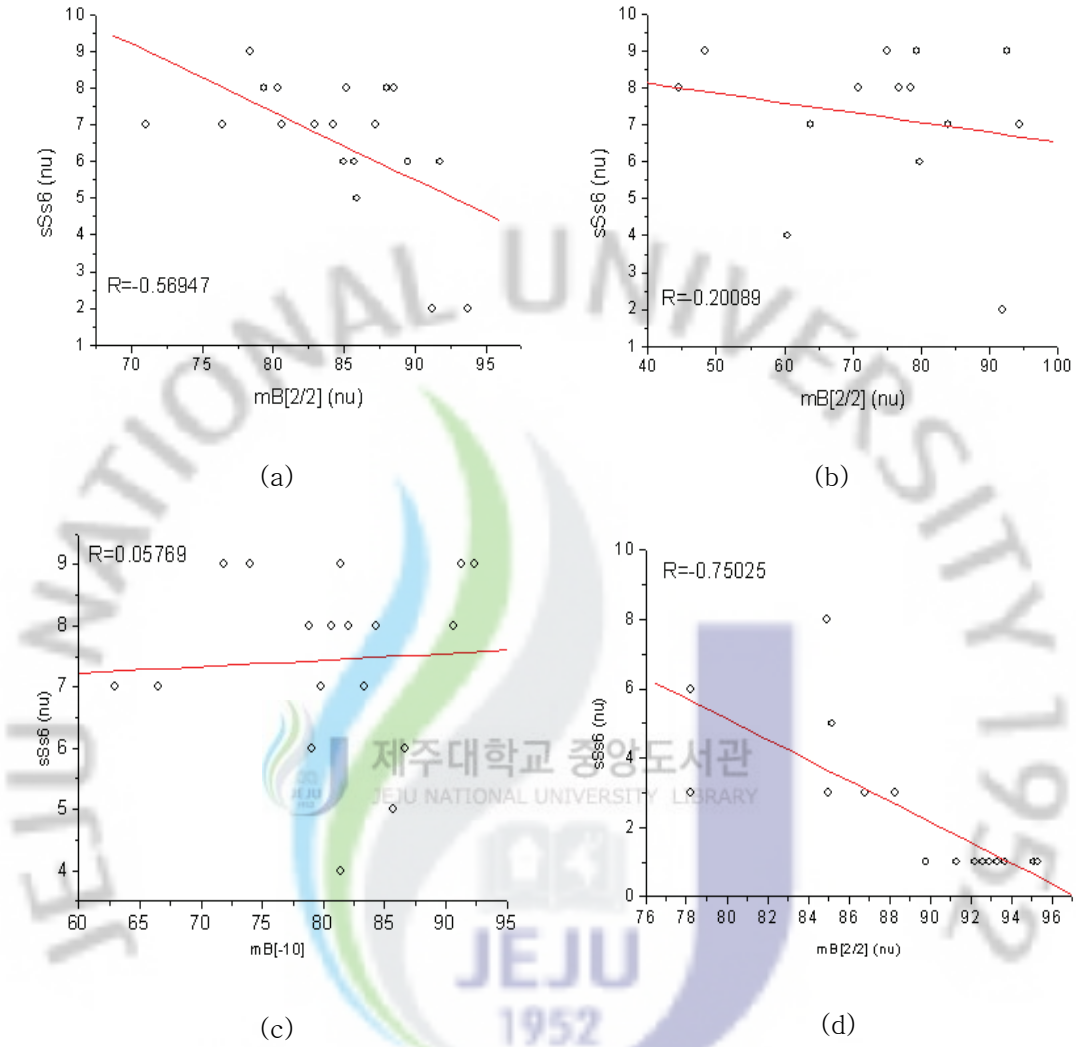


그림3.4-8 sSs6의 $mB_{2/2}$에 대한 산포도. (a) NM (N=19), (b) CM (N=14), (c) NSS (N=18), (d) AS (N=17).

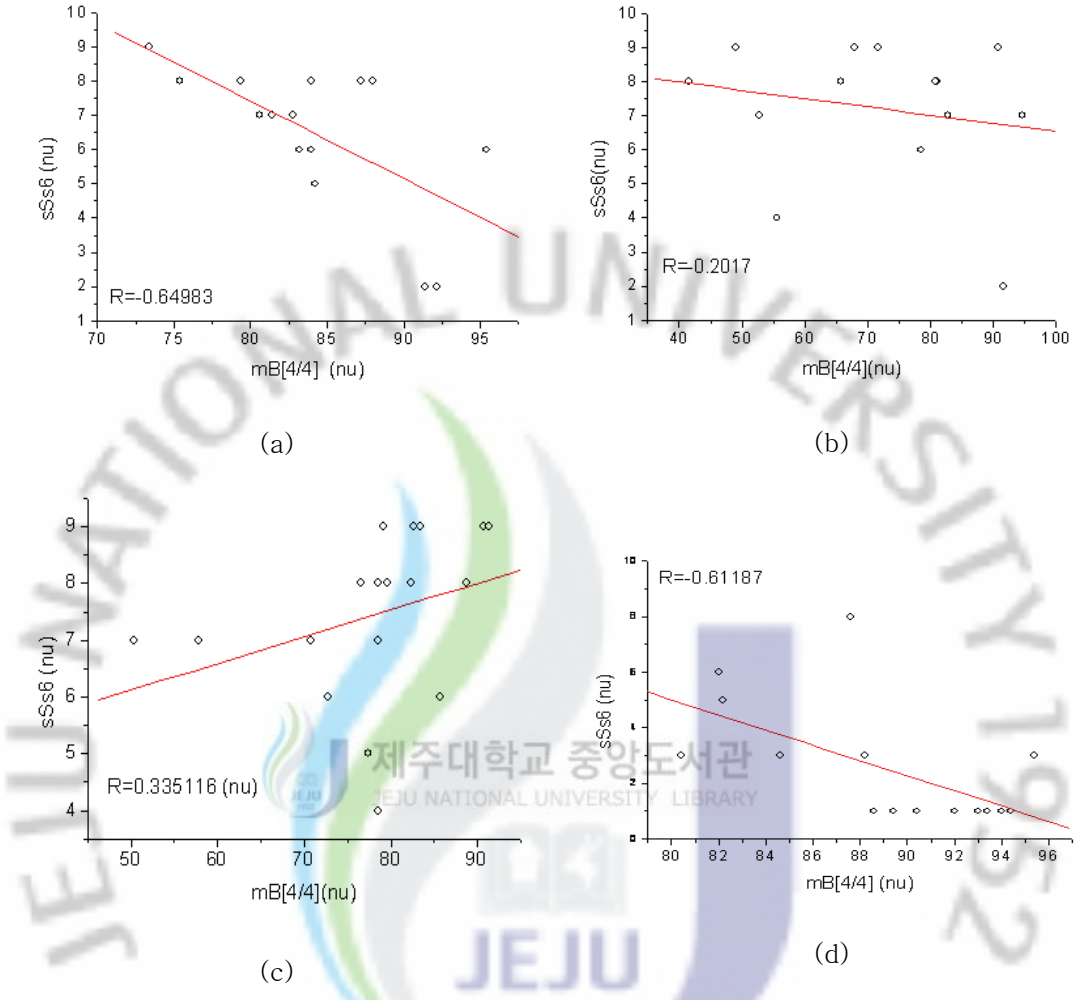


그림3.4-9 sSs6의 mB[4/4]에 대한 산포도. (a) NM (N=15), (b) CM (N=14), (c) NSS (N=18), (d) AS (N=17).

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

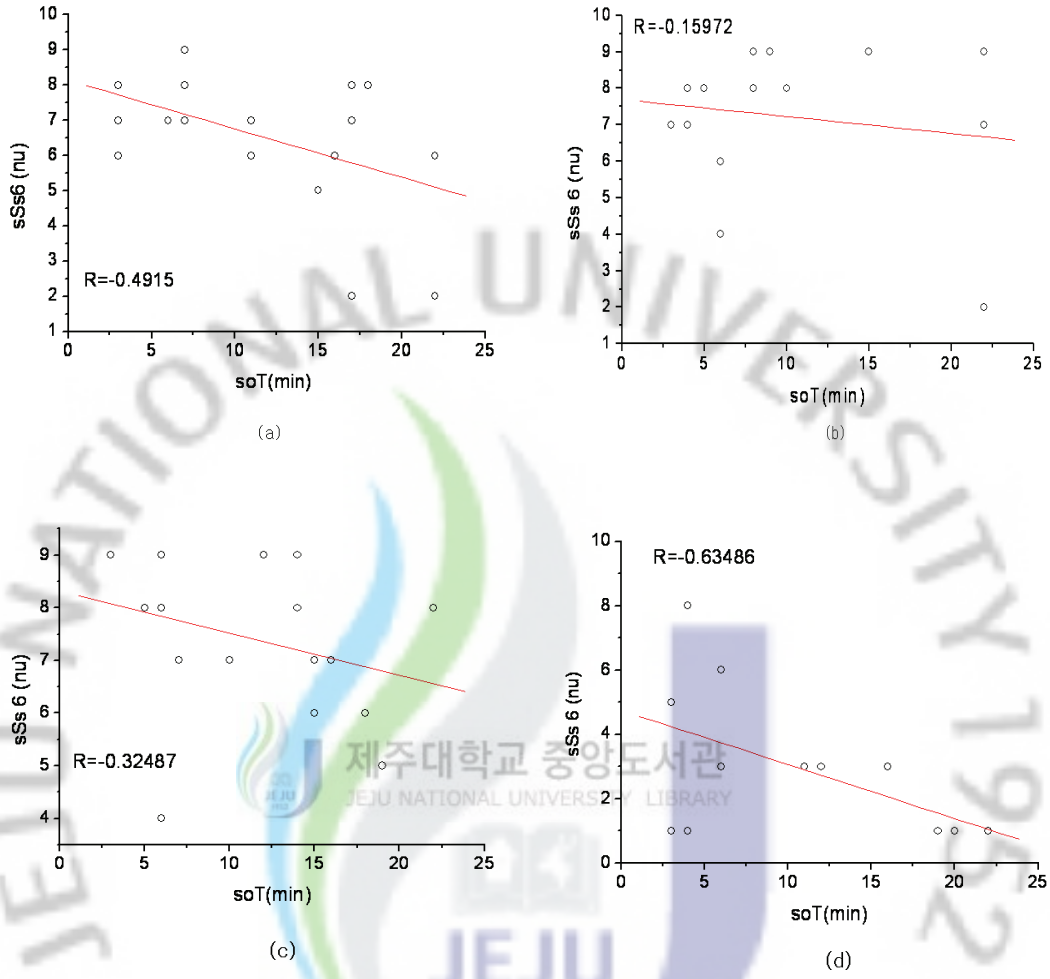


그림3.4-10 sSs6의 soT에 대한 산포도. (a) NM (N=19), (b) CM (N=14), (c) NSS (N=18), (d) AS (N=17).

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

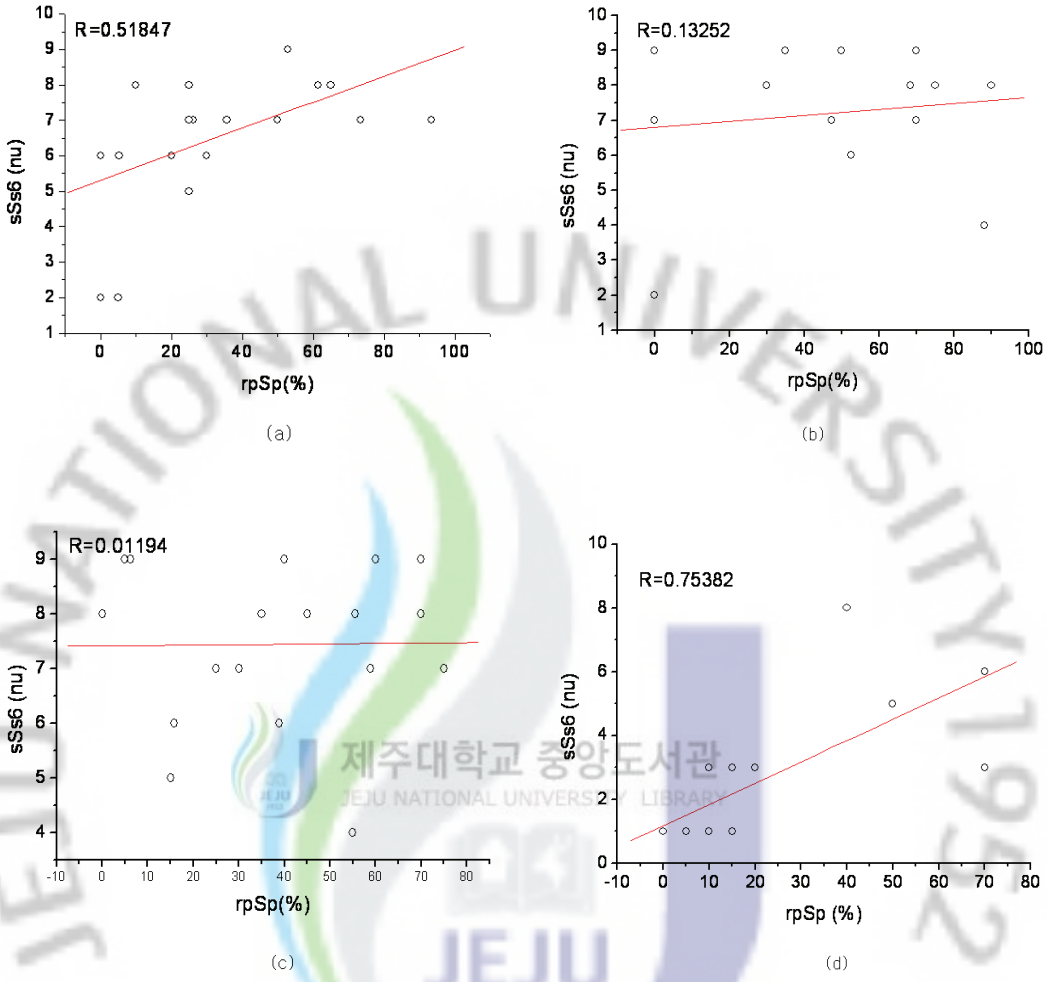


그림3.4-11 sSs6의 rpSp에 대한 산포도. (a) NM (N=19), (b) CM (N=14), (c) NSS (N=18), (d) AS (N=17).

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

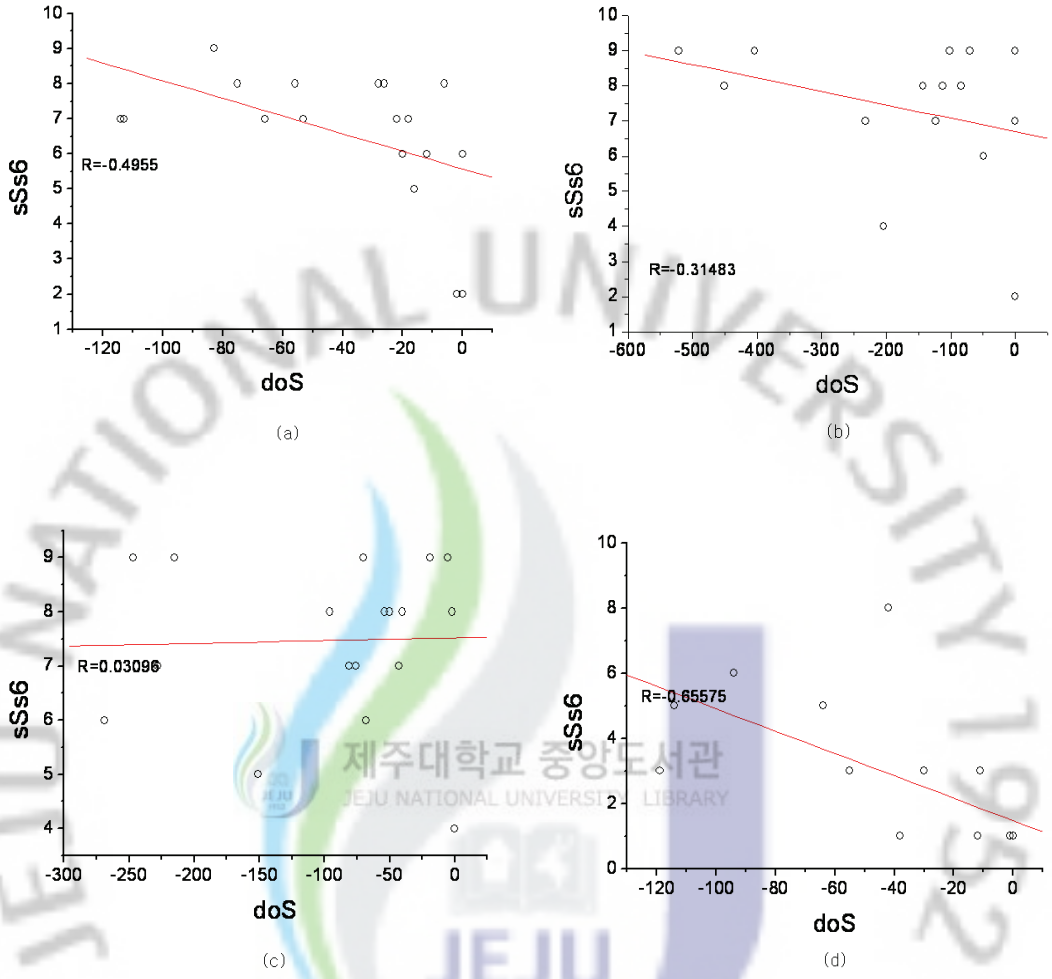


그림3.4-12 sSs6의 doS에 대한 산포도. (a) NM (N=19), (b) CM (N=14), (c) NSS (N=18), (d) AS (N=17).

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

표3.4-1 배경음 유형별 BIS 변수와 주관적 졸음 척도 (sSs8)와의 상관계수 (Cross correlation Coefficient R) - NM: 무 음악 (N=19), CM: 고전 음악 (N=15), NSS: 시냇물 소리 (N=19), AS: A-사운드 (N=18).

	NM	CM	NSS	AS
$mB_{overall}$	-0.595	-0.305	-0.152	-0.715
$mB_{2/2}$	-0.611	-0.394	0.018	-0.707
$mB_{4/4}$	-0.524	-0.434	-0.074	-0.632
soT	-0.528	-0.215	-0.422	-0.615
rpSp	0.5088	0.2659	0.1963	0.7242
doS	-0.5217	-0.3395	-0.0651	-0.6171

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

표3.4-2 배경음 유형별 BIS 변수와 주관적 졸음 척도 (sSs6)와의 상관계수 (NM: 무음악 N=19, CM: 고전음악 N=15, NSS: 시냇물 소리 N=19, AS: A-사운드 N=18).

	NM	CM	NSS	AS
$mB_{overall}$	-0.589	-0.138	-0.04	-0.731
$mB_{2/2}$	-0.569	-0.201	0.058	-0.75
$mB_{4/4}$	-0.65	-0.202	0.335	-0.612
soT	-0.492	-0.16	-0.325	-0.635
rpSp	0.518	0.133	0.012	0.754
doS	-0.4955	-0.3148	0.03096	-0.6558

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

3.4.2 주관적인 각성도 척도와 BIS 지수

실험 직후 각성도를 주관적으로 평가한 sAs7에 대하여 3가지 BIS 변수 $mB_{4/4}$, rpAp, doA와의 상관성을 평가하였다. 그림3.4-13부터 3.4-15까지는 BIS 독립 변수 $mB_{4/4}$, rpAp, doA에 대해 sAs7과의 산포도를 보여 준다 (NM (N=19), CM (N=15), NSS (N=19), AS (N=18)). 그림에서 수직축은 sASs7이고, 수평축은 BIS 3가지 독립 변수 중 하나이다. 즉 그림3.4-13은 sAs7과 $mB_{4/4}$, 그림 3.4-14는 sAs7과 rpAp, 그림3.4-15는 sAs7과 doA의 산포도이다. 각 그림에서 4가지 배경음 유형을 (a) NM, (b) CM, (c) NSS, (d) AS로 구분한다. 표3.4-3은 그림3.4-13부터 3.4-15까지의 산포도, 즉, 배경음 유형별 BIS 변수 $mB_{4/4}$, rpAp, doA에 대한 주관적 각성도 척도 sAs7의 상관계수 R 값을 제시한다. 표에서 보여 주듯이, R 값은, 전체적으로 매우 낮 은 값을 가진다. R의 최대치는 NSS 실험 군에서 sAs7과 doA (R=-0.5706)로 나타났으나 상관성이 있다고 하기 어려운 수준이다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

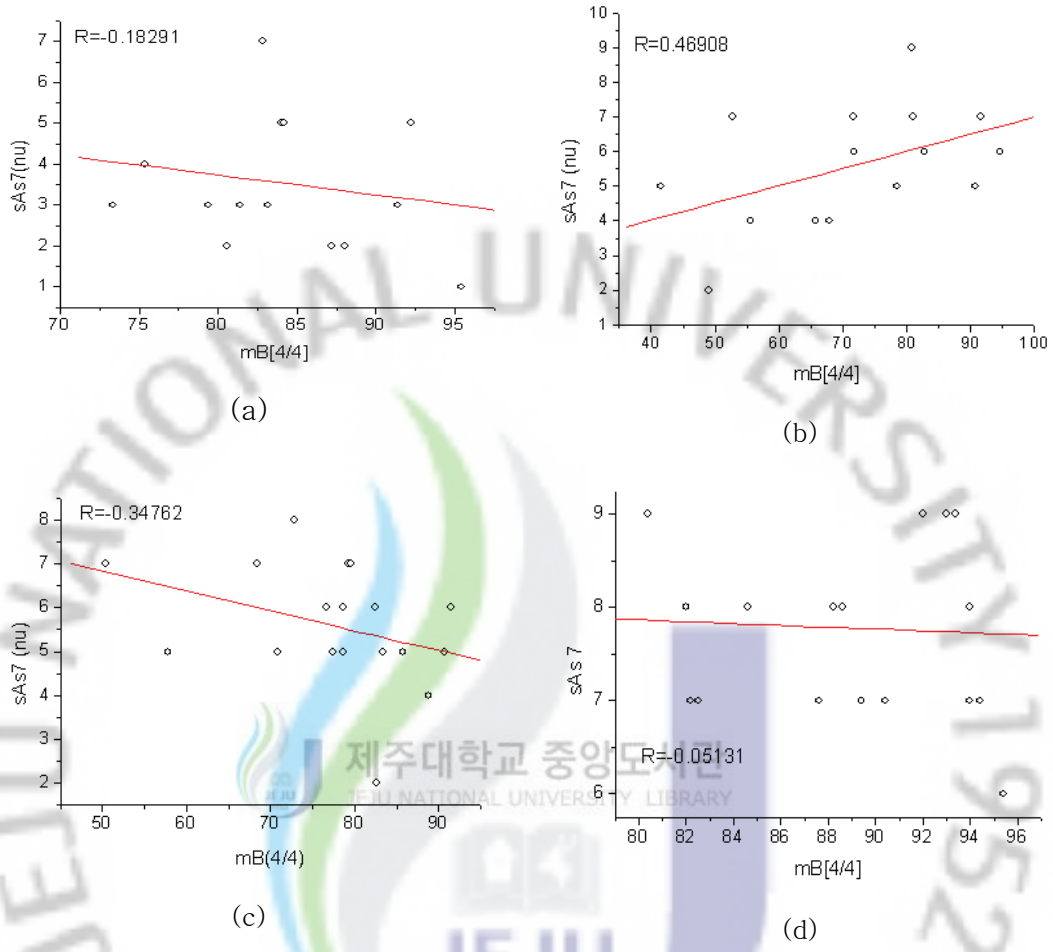


그림3.4-13 sAs7의 mB[4/4]에 대한 산포도. (a) NM (N=15), (b) CM (N=15), (c) NSS (N=19), (d) AS (N=18).

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

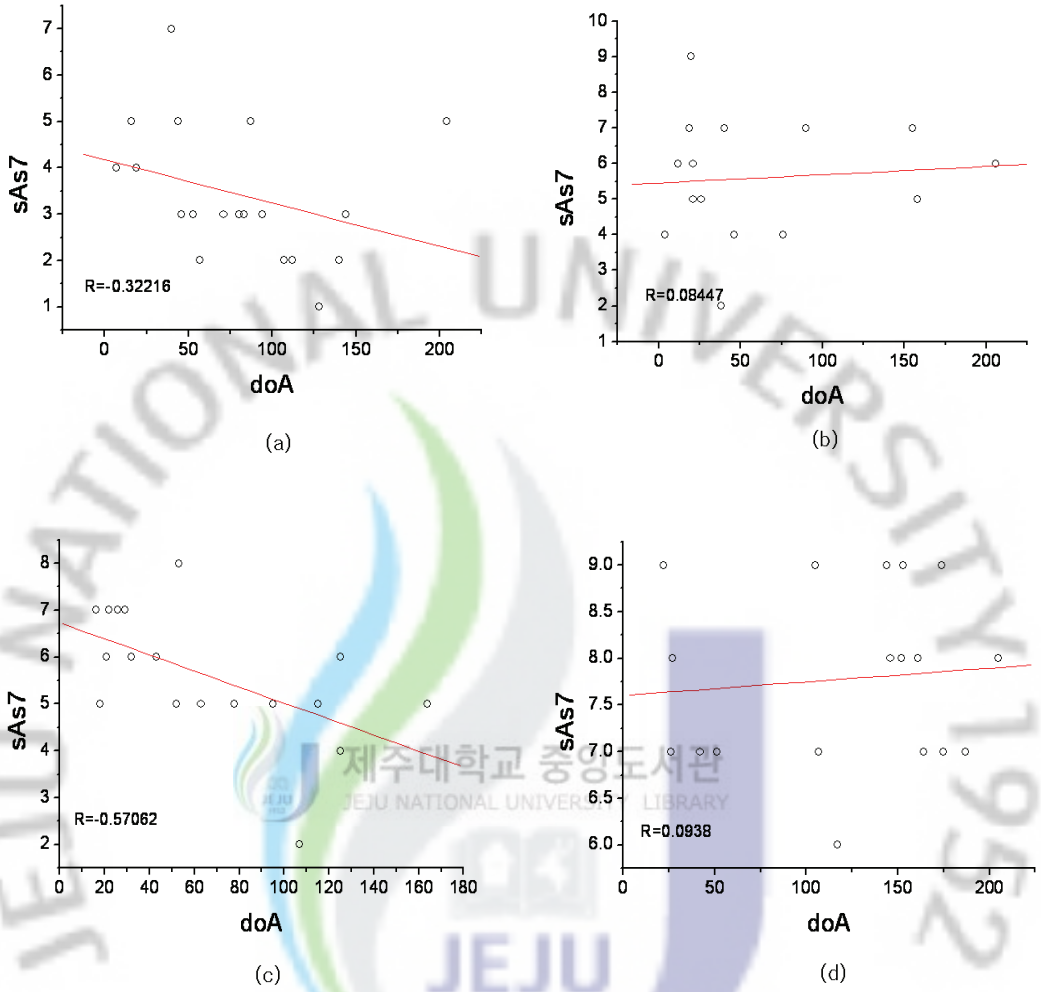


그림3.4-14 sAs7의 doA 에 대한 산포도. (a) NM (N=15), (b) CM (N=15), (c) NSS (N=19), (d) AS (N=18).

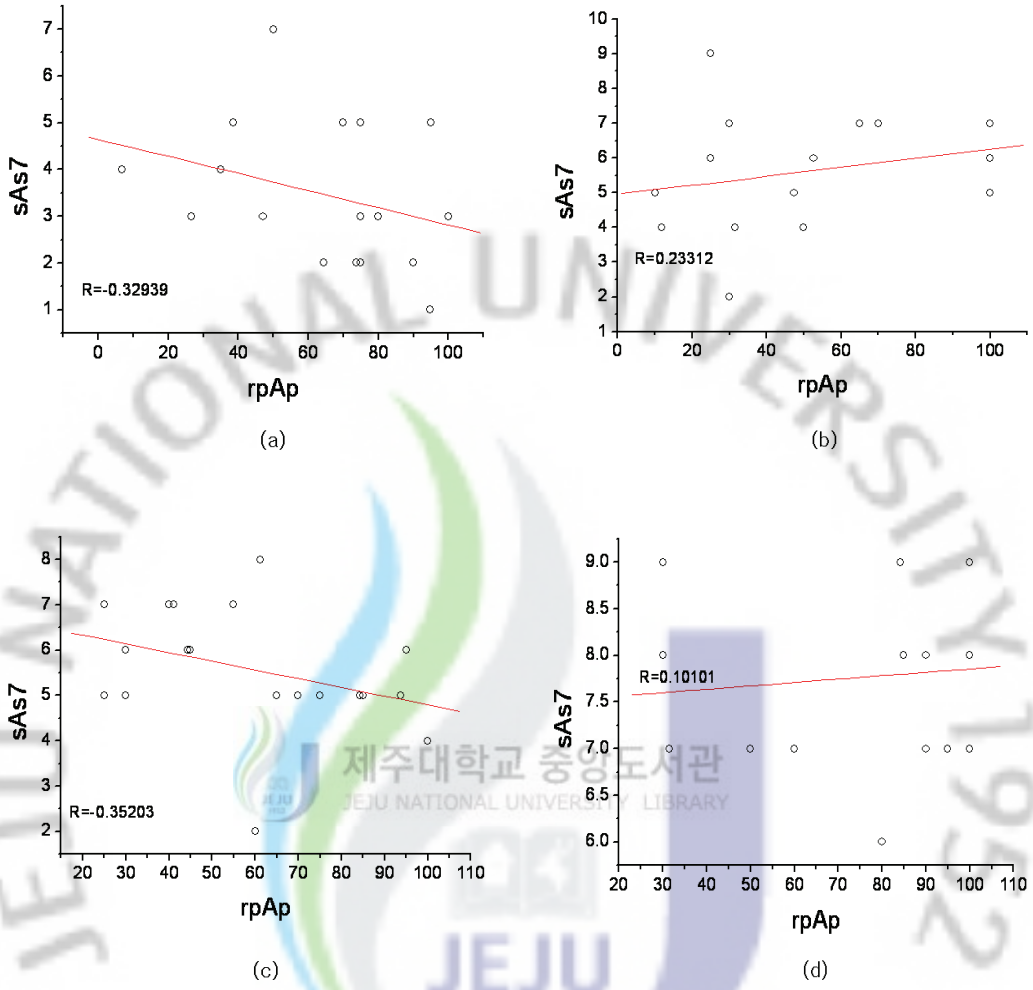


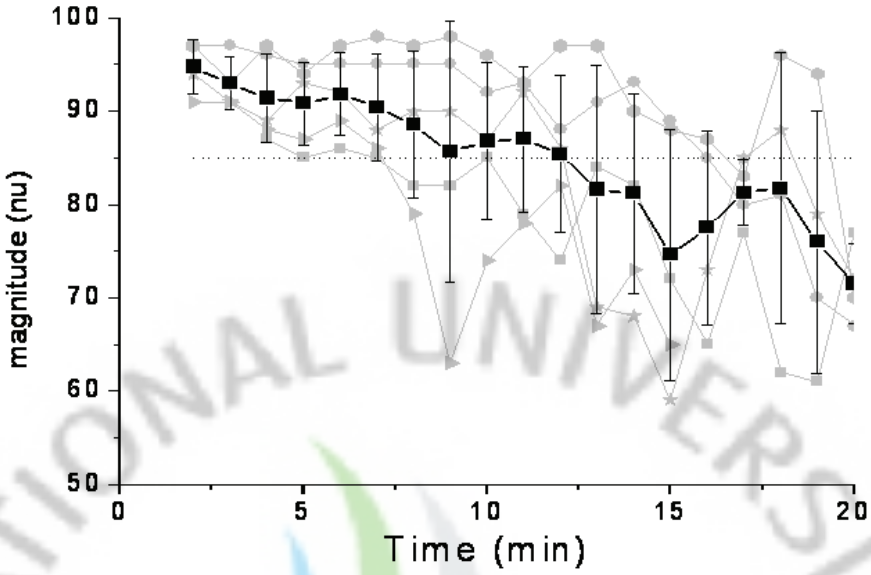
그림3.4-15 sAs7의 doA 에 대한 산포도. (a) NM (N=15), (b) CM (N=15), (c) NSS (N=19), (d) AS (N=18)

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

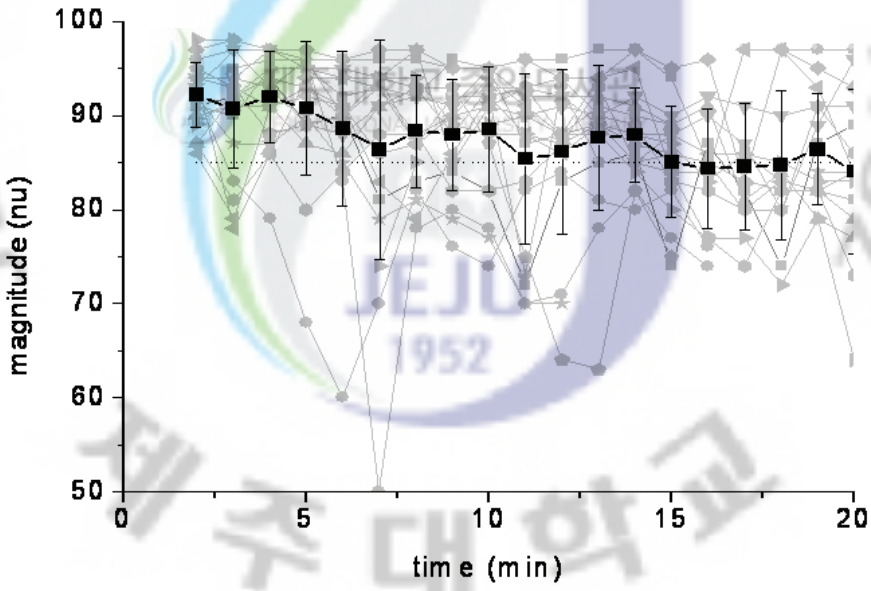
표3.4-3 배경음 유형별 BIS 변수 (mB_{-5}, doA, rpAp)와 주관적 각성 척도 (sAs7)와의 상관계수. (NM: 무 음악 N=15, CM: 고전 음악 N=15, NSS: 시냇물 소리 N=19, AS: A-사운드 N=18).

-	NM	CM	NSS	AS
$mB_{4/4}$	-0.1829	0.46908	-0.3476	-0.0513
doA	-0.3222	0.08447	-0.5706	0.09385
rpAp	-0.3294	0.23312	-0.352	0.10101

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



(a)



(b)

그림4.3-1 배경음이 없는 상태에서 피 실험자로 부터 기록한 BIS 신호. (a) 책을 읽지 않는 경우 (n=5), (b) 책을 읽는 경우 (n=19).

Ⅳ. 토의

본 실험에서는 청소년 (초등학교 5-6학년)들을 대상으로 일반적인 학습 상태에서 A-사운드(AS, 자연 산새소리)가 학습자의 졸음에 미치는 영향을 평가하였다. 청소년들의 일반적인 학습 상태는 비교적 생소한 내용을 담고 있는 서적을 읽는 것으로 설정하였다. 본 실험에서는 A-사운드의 졸음 방지 효과를 자연에서 채취한 시냇물 소리 (NSS) 및 아침을 깨는 상쾌한 방송 음악으로 사용된 고전 음악(CM, 모차르트의 플룻 4중주곡 다장조 K.258b)과, 음악이 없는 상태 (NM)와 대비하여 평가하였다. 피 실험자가 느끼는 주관적인 졸음 (&각성도)는 본 연구에서 제작한 '주관적 졸음 및 각성도 척도 평가 도구'를 사용하여 9단계로 평가하였다. 객관적인 졸음 및 각성 도를 평가를 위해 피 실험자의 BIS 지수를 측정하였다. 실험 결과, 실험 전과 후를 비교할 때, 주관적 졸음 척도는 '무 음악', '고전음악' 및 '시냇물 소리'는 모두 증가하고 있는 반면, A-사운드에서는 45% 가량 감소한 것으로 나타났다 (그림3.1-1, 3.1-4). 주관적인 각성 척도는 '고전 음악'을 제외하고는 모두 상승하고 있다. 자연의 소리에서 각성 척도의 상승 폭이 가장 크며, 특히 A-사운드에서는 50% 가량 상승하고 있다 (그림 3.2-1). BIS 지수 측정 결과는 주관적인 평가 내용과 유사한 결과를 보여주고 있다. 주관적 졸음 척도 평가와 BIS 신호 측정을 통해, 두 가지 자연의 소리인 시냇물소리, A-사운드는 청소년의 학습 상태에서 각성도를 향상시키고 있으며, 이 중 A-사운드는 졸음을 억제하는 효과가 큰 것으로 나타났다.

본 연구의 결과의 신뢰성은, 피 실험자가 주관적으로 평가하는 졸음 및 각성도 척도에 의존한다. 실험에 참여한 대부분 청소년들은 주관적 졸음/각성 척도 평가지에 성실하게 응답한 것으로 나타났다. 일부 피 실험자의 경우 실제 상황이 주관적 졸음/각성 척도 평가로 정확히 반영되지 못하는 경우를 관찰할 수 있었다. 졸다가 잠이 들었던 피 실험자가 실험 기간 동안 졸지 않았다고 응답한 경우도

있었다. 이러한 문제는 주관적 평가 도구를 사용할 때 피할 수 없는 한계이며, 적절한 방법을 동원하여 부적절한 데이터를 제거하는 일이 필요하다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 최소화하기 위해 응답자의 일관성을 평가하여 신뢰성이 없는 데이터를 선별하는 기준으로 삼았다. 평가 도구의 문항 1~3은 응답자의 졸음과 관련된 일상적인 상황을 묻는다. 피 실험자는 배경음 유형별로 4번 실험에 참여하면서 문항 1~3에 대해 반복해서 응답하게 된다. 동일한 문항에 대해 일관성은 응답 수치의 변이도로 평가할 수 있다. 총 31명에 대한 1차 실험 결과 1~3문항 중 변이도가 5단계 보다 큰 것, 즉, 일관성이 결여된 것이 하나 이상 포함된 응답자가 3명으로 나타났다. 일관성이 결여된 3명의 데이터는 데이터 분석에서 제외하였으며, 제외된 데이터를 보충하기 위해 2차 실험에서 3명의 피 실험자에 대해 추가 실험을 했다.

BIS 신호 측정은 피 실험자 31명에 대해 추가 실험까지 합하여 NM 34회, CM 40회, NSS 41회, AS 34회 총 149회 실시하였다. 그러나 측정 과정에서 측정 센서 또는 부착의 문제, 장비의 오작동 등으로 데이터가 일부 소실되거나 불완전하게 측정된 BIS 신호는 분석에서 제외하였다. 예를 들어 측정 과정에서, SQI (standard Quality index) 수치가 나오지 않거나 상승하지 않으면, BIS 지수가 출력되지 않게 되어, BIS 신호 중간 부분에서 데이터가 소실된다. 측정 기간 중 간혹 피 실험자가 심하게 움직이거나 졸려서 고개를 한쪽 옆으로 쏠리거나 상체가 쓰러지면 센서의 부착 부분 또는 연결에 문제가 발생하여 BIS 측정이 중단되는 경우가 있었다. 실험 시작 후 (2.6.2 실험 순서 항목 9번 이후) 2분 이상 BIS 지수의 값이 비정상적으로 낮 은 경우 즉 졸음 임계 수준 (STL)인 85 보다 낮 은 경우는 분석에서 제외하였다. 이 과정에서 CM과 NSS에 대한 데이터의 손실이 크게 나타났으며, 2차 추가 실험 (NM 3회, CM 9회, NSS 10회, AS 3회) 통해 다른 배경음 NM과 AS와의 균형을 맞출 수 있도록 했다. 실제로 데이터 분석에 사용된 BIS 신호는 NM 19개, CM 15개, NSS 19개, AS 18개로 총 71개이다.

BIS 측정 시 문제가 되는 경우의 대부분은 센서의 부착과 관련이 있다. BIS센서는 뇌파의 전극과는 다르게 규격화된 센서로 눈썹 위 앞이마에 접착한다. 센서 부착 시 피 실험자의 얼굴형이나 크기에 따라 문제가 발생할 수가 있다. BIS 센서는 접착 후 4 군데의 센서 점을 5초간 손가락 끝으로 가볍게 눌러 줘야한다. 센서 부착 후 SQI 수치 신호가 상승하지 않으면, 센서를 떼었다가 다시 부착 한다. 가끔 5분 이상 BIS 지수가 측정되지 못하는 경우가 있었다. 측정 시작 단계에서는 문제가 발생하지 않다가 측정 도중에 문제 발생하는 경우도 있었다. 일반적으로 BIS 측정이 되지 않을 경우 센서 위를 손끝으로 살짝 눌러주면 해결되었다.

졸음 임계 수준 (sleepiness threshold level, STL)은 BIS 신호로부터 졸음 및 각성 상태의 정보를 기술하는 특성 변수 (soT, rpSp, doS, rpAp, doA)를 정의하기 위해 필요하다 (그림2.8-1, 표2.8-2). 본 연구에서는 STL 값은, 2.5.3에서 전술한 바와 같이, Tung et. al. (2002) 및 Tung (2000)이 관찰한 수면 시점 (sleep onset time)에서의 BIS 지수의 값 86.5 ± 0.79 ($p<0.01$)을 근거하여, BIS 85 으로 설정하였다. 즉 BIS 지수가 85보다 낮으면 졸음 또는 수면 상태에 빠진 것으로 가정하고, 반대로, 높으면 각성 상태로 간주하였다. 연구자가 관찰한 결과 실험하는 동안 피 실험자가 수면에 빠질 때 BIS 지수는 80~90 사이를 변화하고 있었다. 어떤 피 실험자는 BIS 지수가 Tung et. al. (2002)가 수면 시점으로 제시한 86.5 부근에서도 잠이 들지 못한 경우도 있었다. 흥미 있는 사실은 BIS 지수가 가파르게 85 이하로 내려가는 경우 피 실험자는 거의 모두 수면을 취하게 되는 것으로 관찰되었다. 피 실험자가 수면에서 깨어나면 약 30초에서 1분 정도 후 바로 BIS 지수가 STL 값 이상으로 상승했다. 수면 시점 또는 기상 시점을 BIS 신호로 평가하기 위해서는 BIS 지수의 절대적인 값과 함께 시간에 따른 'BIS의 변화율'이 중요한 요인이라 생각된다. 서론 (1장)에서 언급한 것처럼 '졸음'이란 자려고 하지 않는데 잠이 오거나 자고 싶은 느낌 (연세 한국어사전 2008) 이다. 졸음 시점 (sleepiness on time)은 수면 시점(sleep onset time)보다 선행 단계이기 때문에 졸음 시점의 BIS 지수는 수면 시점보다는 높을 것으로 사료된다. 그럼에도 불구하고 본 연구에서는 졸음

임계수준 STL을 Tung et. al. (2002)이 제안한 수면 시점 85.5 보다 낮게 설정한 이유는, 실험에 참여하는 피 실험자의 상황이 수면을 취할 수 있는 상황이 아니고, 졸려도 참아가며 학습을 해야 하기 때문에 BIS 지수의 값이 급격히 변하기 어렵기 때문이다. 실제로 그림 3.3-1에서 보여주는 바와 같이 피 실험자로부터 측정한 BIS 신호는 대부분 완만하게 변화하고 있다. 아직 STL 값에 대한 BIS 지수는 실험을 통해 과학적으로 설정되지 못한 상태이다. 졸음 임계 수준에 대한 정확한 평가는 본 연구의 범위를 벗어나는 것으로 추후 연구 과제로 남겨 둔다.

BIS 신호로부터 졸음 및 각성 도를 기술하는 5가지 평가 변수 soT, rpSp, rpAp, doS, doA의 값의 크기는 STL에 의존적이다 (그림2.8-1, 표2.8-2). 상기 5가지 특성 변수에 대한 정의는 미지의 STL를 독립 변수로 일반화 되어 있다. STL의 설정 값이 바뀌면, STL의 함수로 정의된 5가지 BIS 특성 변수의 값은 달라진다. 그러나 5가지의 특성 변수가 STL의 값에 변하지만, 본 실험에서는 5가지 변수에 대해 배경음 유형에 따른 상대적인 차이를 평가하고 있기 때문에, 결과를 분석하는 과정에서 STL의 정확도에 크게 영향을 받지 않을 것을 여겨진다.

본 연구에서는 졸음 및 각성에 대한 주관적인 평가와 객관적인 BIS 신호를 비교하여 서로간의 상관성을 평가하였다. 졸음에 평가 변수 sSs8 및 sSs6의 BIS의 8가지 특성 변수($mB_{overall}$, $mB_{2/2}$, $mB_{4/4}$, soT, rpSp, doS, rpAp, doA)에 대한 상관계수는 각각 표3.4-1 및 표3.4-2에서 제시하고 있으며, 각성 도에 평가 변수 sAs7의 BIS의 특성 변수에 대한 상관계수는 각 표3.4-3에서 제시하고 있다. 주관적인 각성 척도는 BIS 특성 신호와 상관성이 없는 반면, 주관적인 졸음 평가 척도는 일부 BIS 특성 변수와 높은 상관성을 보이고 있다. 즉 주관적인 졸음 평가 척도 sSs8 및 sSs6는 BIS 변수 $mB_{4/4}$, rpSp와 높은 상관성을 보여주고 있다 ($R>0.7$). 이는 BIS 특성 변수 $mB_{4/4}$, rpSp는 주관적인 졸음의 정도를 객관적으로 평가할 수 있는 결정 변수로 유용하게 사용될 수 있다는 것을 시사한다.

A-사운드를 포함 실험에서 사용된 음악은 졸음을 억제하고 각성 상태를 유지할 것으로 예상하고 선정하였다. A-사운드는 수면 상태를 깨우는 기상 음악으로 활용된 적이 있으며 (박경규 2003), 그림1.1-1에서 보여주는 바와 같이 알파파를 급상승시키는 역할을 하고 있다. 동일하게 자연의 소리인 시냇물소리는 정도의 차이는 있겠지만 졸음 방지에 도움이 될 것으로 예상했다. 고전 음악으로 사용된 '모차르트 플룻 4중주곡 K. 285b 중에서 1악장 알레그로(Allegro of Flute Quartet C major K.285b by W.A. Mozart)'는 1980~1990년까지 KBS-FM 라디오 아침 6시~7시까지 이른 아침을 깨우는 '새 아침을 FM과 함께' 라는 프로그램의 시그널로 사용된 곡으로 상쾌하고 발랄해서 사람을 각성 상태로 유지시키는데 도움이 될 것으로 기대했다. 그러나 실험 결과 고전 음악은 피 실험자에게 졸음을 강하게 유발시키고 있는 것으로 나타났다 (그림 3.1-1). 자연의 소리 중 A-사운드는 졸음을 확실히 억제하고 있으나 시냇물 소리는 졸음을 억제하는 효과를 보여주지 못하고 있다 (그림3.1-1). 아마도 음악만 듣는 상황이 아니고 독서라는 학습 환경에서 배경음으로 들을 때는 음악이 미치는 영향이 달라질 수 있기 때문인지도 모른다. 이러한 효과를 유발하는 기전은 분명치 않으나, 배경음에 대한 생체 음향학적 관점에서 살펴보면, 러프니스와 샤프니스가 졸음과 관련성이 높은 것으로 추정된다. 피 실험자가 느끼는 배경음의 크기 (라우드니스)를 5 % 범위에서 동일하게 유지할 때 표2.3-1에서 보여 주는 바와 같이, 샤프니스는 고전음악의 경우 자연의 소리의 1/3 수준으로 매우 낮다. 러프니스의 최대값은 배경음 중에서 산새소리에서 가장 높은 ~8 asper 이며, 시냇물 소리에서 ~7 asper의 값을 가지며, 고전음악에서는 ~3 asper 정도로 매우 낮 은 값을 가지고 있다. 실험 과정에서 관찰된 사항으로 3가지 모든 배경음 (자연의 소리나 상쾌한 고전 음악)을 듣고 난 실험 군은 실험 후 대부분 유쾌한 반응을 나타낸 반면 아무런 배경음을 듣지 않은 피 실험자들은 많은 경우 표정이 밝지 않은 것으로 나타났다. 배경음에 대한 쾌/불쾌감 유발 효과에 대한 평가는 본 연구의 범위를 벗어나는 것으로 추후 연구 분야로 남겨놓는다.

실험에서 BIS 사용한 BIS 모니터는 BIS 지수를 계산하기 위한 뇌파 신호 및 근전도 신호를 측정한다. BIS 지수와 독립적으로 뇌파 및 근전도 자체를 활용할 경우 '졸음' 및 '각성도'에 대해 좀 더 정확하고 다양한 평가가 가능할 것으로 예

상한다. 뇌파는 수면을 해석하고 연구하기 위해 이미 많은 연구자들이 사용하고 있다 (박경규 2003). 수면 뇌파로 알려진 델타파 (또는 세타파)는 졸음과 밀접한 관련이 있을 것으로 예상된다. BIS 지수는 전신 마취의 상태, 즉 의식의 소실에 대한 수치화라고 가정하면, 본 연구에서 정의한 각성 상태 (BIS >= STL)를 평가하기에는 적절치 않은 것으로 보인다. 실제로, 주관적인 각성도와 각종 BIS 신호의 특성 변수들은 거의 상관성이 없는 것으로 나타났다 (그림3.4-13, 14, 15, 표3.4-3). 각성 도를 평가하기 위해서는 오히려 뇌파의 알파파 또는 이보다 높은 주파수 대역의 뇌파 (베타 파, 감마 파)를 이용하는 것이 적절할 것으로 보인다. 근전 도는 졸음 및 수면 보다는 각성 도에 대한 민감성 및 유용성이 더 클 것으로 예상된다. 근전도가 급격히 감소한 경우 '의식의 소실'과 '육체의 이완'을 구분하기 애매할 수 있지만, 육체가 긴장하게 되면 근전 도는 예민하게 반응할 수 있기 때문이다. 추후 연구를 통해 졸음을 객관적으로 평가하기 위한 BIS 지수를 포함 뇌파 및 근전도 기타 생체 신호에 대한 연구가 제안된다.

본 실험에서는 학습 형태를 구현하기 위해 연구자가 정한 책을 읽도록 하였다. 책을 읽는 상황이 졸음 또는 각성 상태를 유도하는 정도는 책의 내용에 영향을 받는다. 2.4에서 전술한 바와 같이, 피 실험자가 독서로 인한 효과가 배경음의 효과를 차폐할 수 있다고 간주할 수 있는 데이터는 분석에서 제외하였다. 구체적으로 '주관적 졸음/각성 척도 평가 도구' (표2.4-1) 문항 10은 책이 얼마나 흥미가 있었는지를 평가하는 것으로, 책이 지나치게 흥미를 유발했거나 (>8) 또는 너무 지루해서 졸음을 유발할 수 있는 경우 (<2)에 해당하는 피 실험자의 데이터는 통계 분석에서 제외했다. 그림4-1은 피 실험자가 독서를 하지 않을 때 (그림4-1a)와 할 때 (그림4-1b) 측정한 BIS 신호를 비교하고 있다 (그림4-1b는 3장에서 보여준 그림3.3-1a와 동일하다). 그림4-1에서 보여 주듯이, 독서를 할 때 평균적인 BIS 신호는 실험 종료까지 STL 이하로 떨어지지 않는 반면, 독서를 하지 않을 때는 실험 시작 후 13분이 지나면 BIS 지수가 STL 아래로 떨어지고 있다. 이러한 현상은 독서라는 행위가 평균적으로 피 실험자에게 졸음을 유발하기 보다는 학습에 대한 긴장감을 유발한 것으로 보인다.

본 연구에서는 피 실험자를 청소년에 국한하였다. 음악이나 소리에 대한 심리적인 감흥은 계층별로 다를 수 있다. 본 연구의 직접적인 배경이 되었던 '델타음악(Delta music)의 수면 유도 효과'(박경규 2004)에서 관찰된 A-사운드 (산새소리)가 성인에게 미치는 효과 (그림1.1-2)는 본 연구에서 피 실험자로 선정한 청소년에게서도 유사하게 확인되었다. 본 실험에서 얻은 결과가 청소년 이외의 계층에 대해 유사하게 관찰될 수 있을지에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다. 향후 일반 성인을 대상으로 졸음을 억제하는 A-사운드에 효과가 검증 된다면, 졸음과 관련하여 발생되는 다양한 산업 사고를 줄이는데 기여 할 수 있을 것으로 생각된다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY
JEJU NATIONAL UNIVERSITY 1952
제 주 대 학 교

V. 결론

본 연구는 청소년들의 일반적인 학습 상태에서 A-사운드가 학습자의 졸음 방지에 미치는 효과를 평가하기 위함이다. 본 연구에서는 초등학교 학생 31명을 대상으로 4가지 유형의 음원, 즉, 'A-사운드', '시냇물 소리', '고전음악', '무 음악'을 대상으로 실험하여 효과를 비교하였다. 실험 결과, 주관적 졸음 척도는 '무음악', '고전음악' 및 '시냇물 소리'는 통계적으로 유의하게 증가하고 있는 반면 ($p < 0.05$), A-사운드에서는 50%가량 감소한 것으로 나타났다 ($p=0.000$). 시냇물 소리는 A-사운드와 같이 자연의 소리로 분류 되지만, 고전 음악과 유사하게 졸음을 유도하는 효과가 있는 것으로 나타났다. BIS 측정 결과는 주관적인 평가와 유사한 경향을 보였다. 주관적 졸음 척도 (sSs)와 BIS 신호에서 유도된 변수 ($mB_{4/4}$, rpSp) 간의 높은 상관성 ($R>0.7$)이 확인되었다. 이는 $mB_{4/4}$, rpSp는 주관적인 졸음의 척도를 객관적으로 평가할 수 있는 변수로 활용될 수 있다는 것을 의미한다. 과중한 학습 부담으로 수면 부족에 시달리는 청소년들에게 본 연구에서 효과가 입증된 A-사운드를 적절히 활용한다면 졸음 억제 효과를 유도하고 정서적 학습 환경을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

VI. 참고문헌

Arai Y C, Ushida T and Matsubara T. (2008). Intra-Operative Natural Sound Decreases Salivary Amylase Activity of Patients Undergoing Inguinal Hernia Repair Under Epidural Anesthesia Regional Anesthesia and Pain Medicine. Volume 33, Issue 5, Supplement 1, September-October 2008, 234.

Attias H. (1998). Independent factor analysis. Neural Computation, 11, 803-851.

Attneave F. (1954). Some informational aspects of visual perception. Psych, Rev., 61, 183-193.

Barlow H B. (1961). Possible principles underlying the transformation of sensory messages. In: W A Rosenblith, editor, Sensory Communication, MIT Press, Cambridge, MA, 217.

Carskadon M A and Dement W C. (1987). Sleepiness in the normal adolescent. In sleep and its Disorders, Ed by Guilleinault C, New York, Raven Press, 53-66.

Contreras D, Destexhe A, Sejnows T J and Steriade M. (1996). Control of spatiotemporal coherence of a thalamic oscillation by corticothalamic feedback. Science, 274, 771-774.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Dan Y, Atick J J and Reid R C. (1996). Efficient coding of natural scenes in the lateral geniculate nucleus. Experimental test of a computational theory, J. Neuroscience, 16, 3351-3362.

Ferber R. (1985). Solve your child's sleep problems. New York, Simon and Schuster, 19.

Frenzel D, Greim C, Sommer Ch, Bauerle K and Roewer N. (2002) Is the bispectral index appropriate for monitoring the sedation level of mechanically ventilated surgical ICU patients?. Intensive are Med 28: 178-183.

Hobson J A, Mamelak A, Helfand R and Lavie P. (1989). Electronic sleep monitor headgear. U.S. Patent #5, Jun, 813, 993.

Johnson V R. (1982). Myelin and maturation, A fesh look at piaget, The science Teacher, 49, 41-49.

Johns M W. (1991). A new method for measuring daytime sleepiness. The Epworth sleepiness scale, sleep 14, 540-545.

Johnson V R. (1982). Myelin and maturation. A fresh look at Piaget, The science Teacher, 49, 41-49.

June J P, Prosansky C M and Schoeling S E. (1998). Self reported sleep measures as predictors of sleepiness. Sleep, 21(supplement), 276.

Kim J. (2002). Circadian rhythm of sleepiness and the risk of highway vehicle accidents. Sleep, 25(A), 185.

제주대학교 중앙도서관

Kim J. (2003). Morningness/ eveningness, Sleep patterns and internet addiction in college students. Sleep, 26(A), 104.

Kaplan R F, Loparo K A. (1998). Alertness and drowsiness detection and tracking system. U.S. Patent #5, 813, 993.

Lewicki M S. (2002). Efficient coding of natural sounds. Published online, 18 March 2002, DOI, 10, 831-1038.

Miller A J. (1985). Automotive driving condition alarm system. U.S. Patent #4, Jan., 492, 952.

Ohayon M M, Caulter M, Philip P, Guilleminault C and Priest R G. (1997). How sleep and mental disorders are related to complaints of daytime sleepiness. Arch., Intern Med., 157(22), 2645-2652.

Rampil I J. (1998). A primer for EEG signal proccessing in anesthesa. Anesthesiology, 89, 980-1002.

Schwartz O. (2000). Natural sound statistics and divisive normalization in the auditory system Advances in Neural Information Processing Systems eds. NIPS-00, Denver CO, Nov. 27-30.

Sleigh W J, Andrzejowski J, Steyn-Ross A. (1999). The bispectral index, A measure of depth of sleep? Anesth Analg, 88, 659-661.

Steriade M. (1994). Brain electrical activity and sensory processing during waking and sleep states. In Kryger M H, Roth T, Dement W C, eds.,

Principles and Practice of Sleep Medicine, 2nd Philadelphia, WB Saunders, 105-204.

Taub J, Hollingswerth H and Bruce N S. (1983). Effects of polysomnogram and waking electrocorticogram of ad-libitum extende-delayed sleep. Int J Neurosci, 9, 173-178.

Tobias J D and Bercanbosch J W. (2000). Tolerance During Sedation in a Pediatric ICU Patient. Effect of BIS monitor, Journal of Anesthesia, 13, 122-124.

Tung A, Lynch J P and Roizen M F. (2002). Use of the BIS monitor to detect onset of naturally occurring sleep. Journal of Clinical Monitoring and Computing, 17, 37-42.

제주대학교 중앙도서관

Theunissen S K and Doupe F E. (2001). Journal of neurophysiology. Vol. 86 No. 3, 1445-1458.

Vivien B, Paqueron X, Le Cosquer P, Langeron O, Coriat P and Riou B. (2002). Detection of brain death onset using the BIS in severely comatose patients. Intensive Care Med., 28, 419-425.

Yang C K, Kim J, Patel S R and Lee J H. (2005). Age-related changes in sleep/ wake patterns among Korean teenagers. Pediatrics, 115(1), 250~256.

Johansen J W and Sebel P S. (2000). Development and clinical application of electroencephalographic bispectrum monitoring. Anesthesiology, 93, 1336-1344.

Theunissen S K and Doupe F E. (2001). Journal of neurophysiology. Vol, 86 No.3, 1445-1458.

Schwartz O and Simoncelli E P. (2000). Natural sound statistics and divisivenormalization in the auditory system. Advances in Neural Information Processing Systems, NIPS-00, Denver Co, 27-30.

강영호. (2008). 뇌파와 눈 깜박임을 이용한 졸음탐지시스템 설계 및 구현. 부산대학교 대학원, 석사청구논문.

권오연. (2003). 음악에 의한 감성의 생리학적 측정연구에 대한 소고. 민족음악학회, 25, 815~214.

과학 동아. (2006). 청소년의 수면실태. 11월 559호, 32-34.

Medical tribune(online). (2008). 10월20일, 청소년 수면부족 성인기 고혈압 원인.

교학 한국어사전. (2008). 교학사(주).

김용진. 장남기. (2001). 시청각 학습의 반복수행에 따른 전두부의 뇌파 활성도 변화. 한국과학교육학회지, 제21권, 제3호, 516~528.

김 인(1997) 인간의 수면-각성 주기 수면. 정신생리학회지 4(2):147-155.

김용진. (2003). 공간적 인지 활동에서의 뇌파분석에 의한 두뇌기능 연구. 한국생물교육학회지, 31(4), 332~338.

김정기. (2006). Psychology of Sleep. Sleep and Cognition, 한국심리학회지, 25~26.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

김혜영. (2007). 자연의 소리 명상음악 감상이 중학생의 공격성 감소에 미치는 효과. 창원대학교.

류 성(2000).악기활동이 자폐아동의 주의력결핍행동 및 과잉행동 감소에 미치는 효과. 석사학위 청구논문, 동아대학교

박경규. (2005). Music Clinic. 서울, JDM래더교육, 23-25.

박경규. (1994). 건강과 음악치료. 서울, 빛샘출판사.

박영선. (2003). 자연의 소리 명상음악이 초등학생의 스트레스 감소에 미치는 효과. 창원대학교, 석사학위청구논문.

박정희. (2004). 자연의 소리 명상음악이 초등학생의 상태불안에 미치는 효과. 창원대학교, 석사학위 청구논문.

신만식, 국승희, 윤진상. (1995). 중 고등학생의 주중 수면과 졸리움의 양상. 정신신경학회, 34, 1.

양진배. (1999). Green 음악과 자연 음악이 Ethanol중독 백서의 요산 및 간 대사 효소표에 미치는 영향. 대전대학교, 석사학위논문.

연세 한국어사전. (2008). 연세대학교, 두산동아(주).

이규일, 김정란, 왕성근, 신석철. (2001). 수면박탈이 주간 졸음 및 피로감과 집중력에 미치는 영향. 생물치료정신의학 제7권-제2호. (Korean society of biological therapies in Psychiatry, 7(2), 2001).

제주대학교 중앙도서관 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

이갑옥. (2002). 자연의 소리 명상음악과 청소년 금연 효과에 관한 연구. 창원대학교 교육대학원, 석사학위 논문.

임은희. (1992). 음악 속에 숨은 의학. 서울, 청암문학사.

윤종수. (1999) 뇌파학개론, 도서출판 고려의학, 14-20.

정구인, 고전규. (2007). e-sport게임 활동 시 초등학생의 뇌파변화. 한국스포츠심리학회, 한국스포츠심리학회지.

최민주. (1977). 감성적 지향적 TV개발을 위한 칼라 및 음질의 최적모드 구현에 관한 연구. 전자공학회지, 24(11), 1317-1333.

최태경. (2000). 동아 새 국어사전, (주)두산동아.

최진우, 김종분, 정현주, 황미연, 김대우. (2006). 전신마취 및 진정 시 EEG-entropy와 BIS의 측정값 비교. 대한마취과학지, 50, 501-5.

한홍섭. (2006). 혜강 성무 애락 론. 서울 책 세상, 119-120.

제주대학교 중앙도서관

-감사의 글-

자연 속에서 자연에 의지하며 살아감을 중히 여겨왔으나, 이번 논문의 임상실험을 통해서 이젠 자연을 깊이 사랑해야겠다고 다짐했다. 자연은 우리를 키워 낸 어머니 품과도 같기 때문이다. 나의 어머니께 이 논문을 바친다. 사랑하는 자연의 품으로 회귀하셨지만, 나를 여기까지 이르도록 나의 심전(心田)을 가꾸어 주셨기 때문이다.

그리고 나의 슈퍼바이저, 내 인생 쉰 고개를 넘어 가며 주저 앉으려할 때 마다 늘 늦지 않다고 용기와 격려를 주셨고, 마지막 이 시간까지 에너지를 집약해 주신 최민주 교수님께 진심으로 깊이 감사드린다. 못다 나눈 교감을 오선지에 담았다.

BIS에 깊이 빠지게 해주신 히포메디칼 고 황선익 사장님께도 고마움을 잊어선 안 될 것 같다. 실험에 파묻혀 지내는 사이에 고인이 되어 저 세상으로 가셨으니....,

논제의 함축성 까지 배려해 주신 박전홍 교수님, 소스에 대한 연구에 보다 매진토록 채찍해 주신 이광만 교수님, 끝까지 노심초사 조언해 주신 장홍용 교수님, 통계의 강도를 체험케 해 주신 김민철 교수님께도 다시 한 번 감사드린다.

또한, 시도 때도 없이 데이터 보따리를 풀어 헤쳐 놓아도 묵묵히 과업을 수행해 준 의공학 박사과정의 강관석 예비박사님, 밤늦도록 조언해주신 홍인실 박사님, 늦깍이 학위도전에 동상병련의 고뇌를 함께한 이경성 박사님, 그리고 양정화 선생님, 문상돈 선생님, 김상희 선생님, 김선식 선생님, 조성찬 선생님, 레디 선생님..., 늦은 밤 긴급 SOS에 마음을 담아준 나의 조카사위 윤주호 박사님... 모두에게 감사말씀을 전한다.

그리고 실험실 안팎에서 짜증내지 않고, 묵묵히 도와 준, 조선일, 박혜영, 공은혜, 채상운, 이지현 외 모든 선생님들..., 히포메디칼의 이세정 차장님, 오주영 선생님, 이은경 선생님, 그리고 뇌파 장비 (주)락사의 한상호 이사님, 모든 분들께도 감사드린다. 또한 언제나 생글 방글 웃으며 실험실 문을 노크해 준 서른 한 명의 예쁜 미래 주역이 될 친구들... 나와 실험실에서 약속한 장래 희망! 꼭 이루어질지어다.

그리고 어머니가 안 계셔도 구심점 잃지 않고 우애를 다져가는 우리 구남매 형제자매님들과 조카들..., 사랑하는 아들 딸, 준형, 연주에게도.....

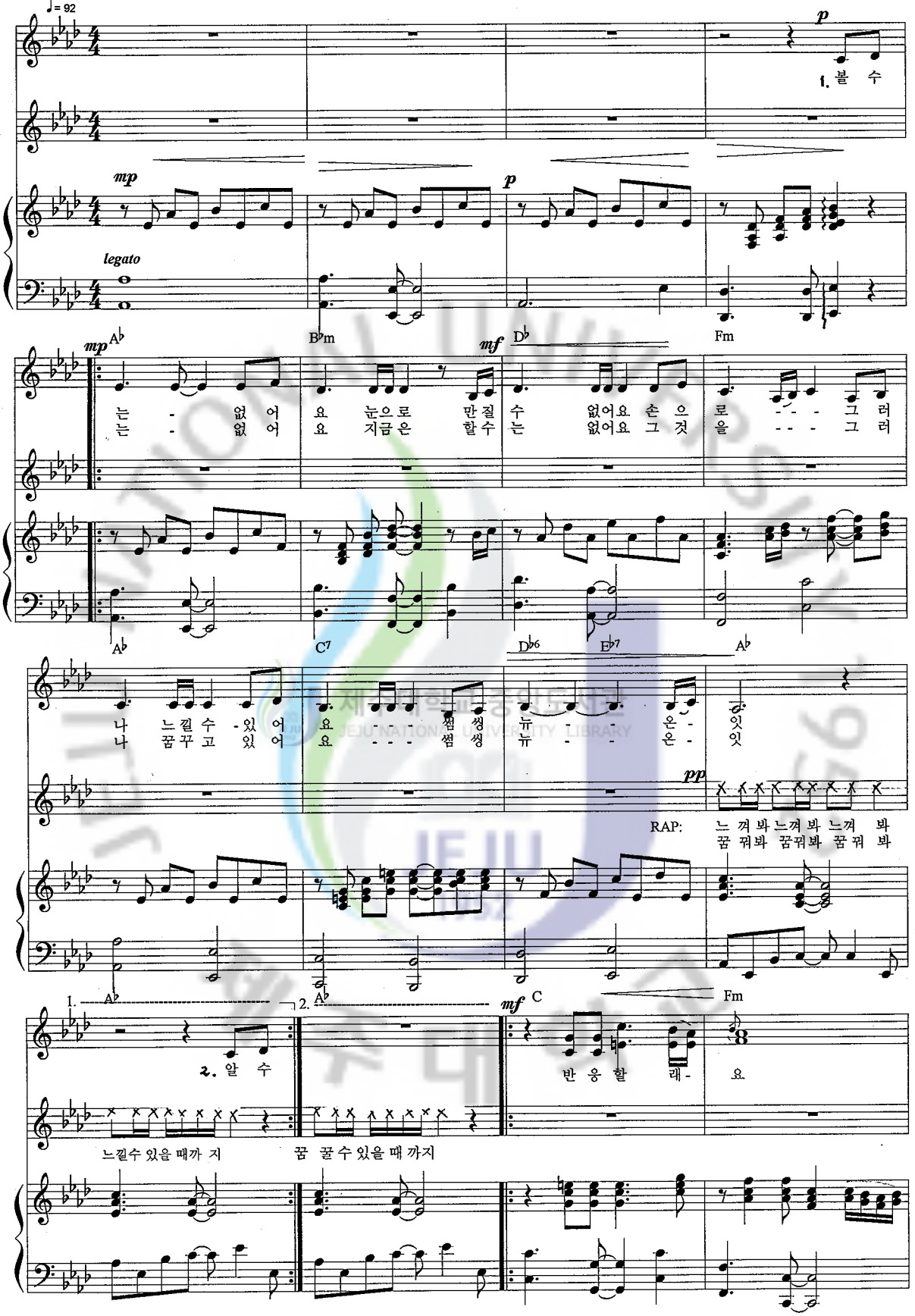
2008년 12월, 박 경 규 스테파노(climusic@hanmail.net)

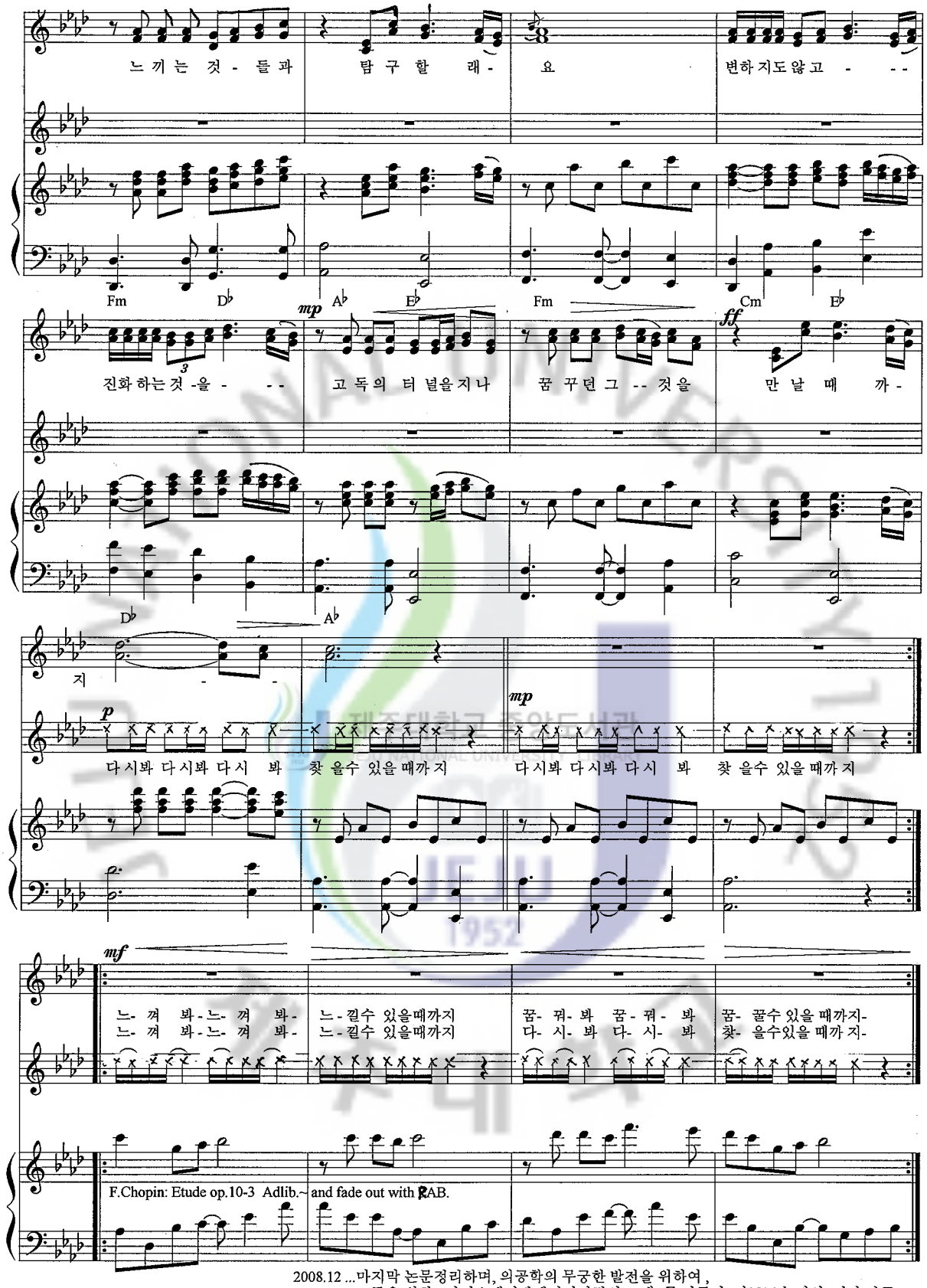
Something new

slow beat

♩= 92

최민주 작사
박경규 작곡



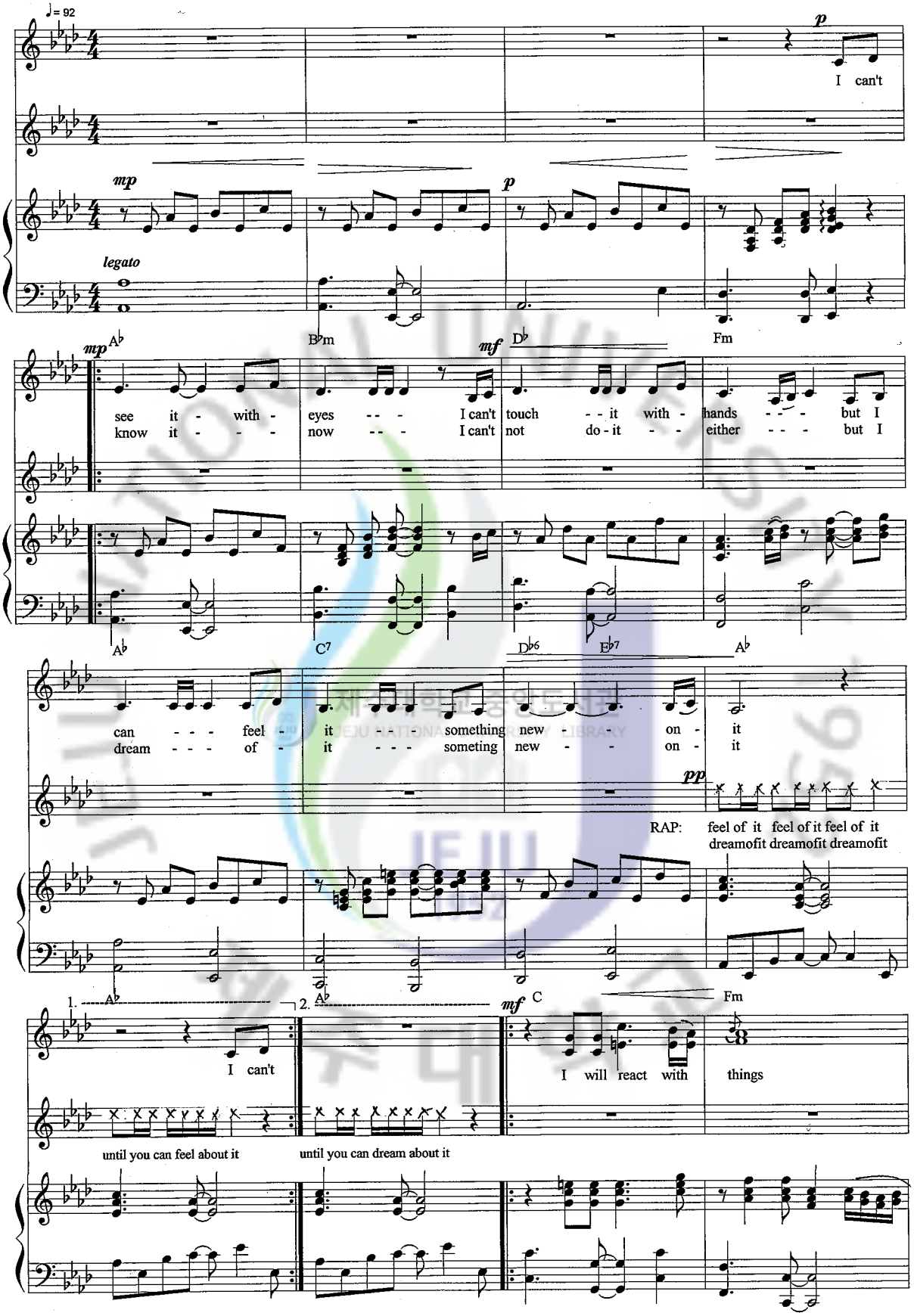


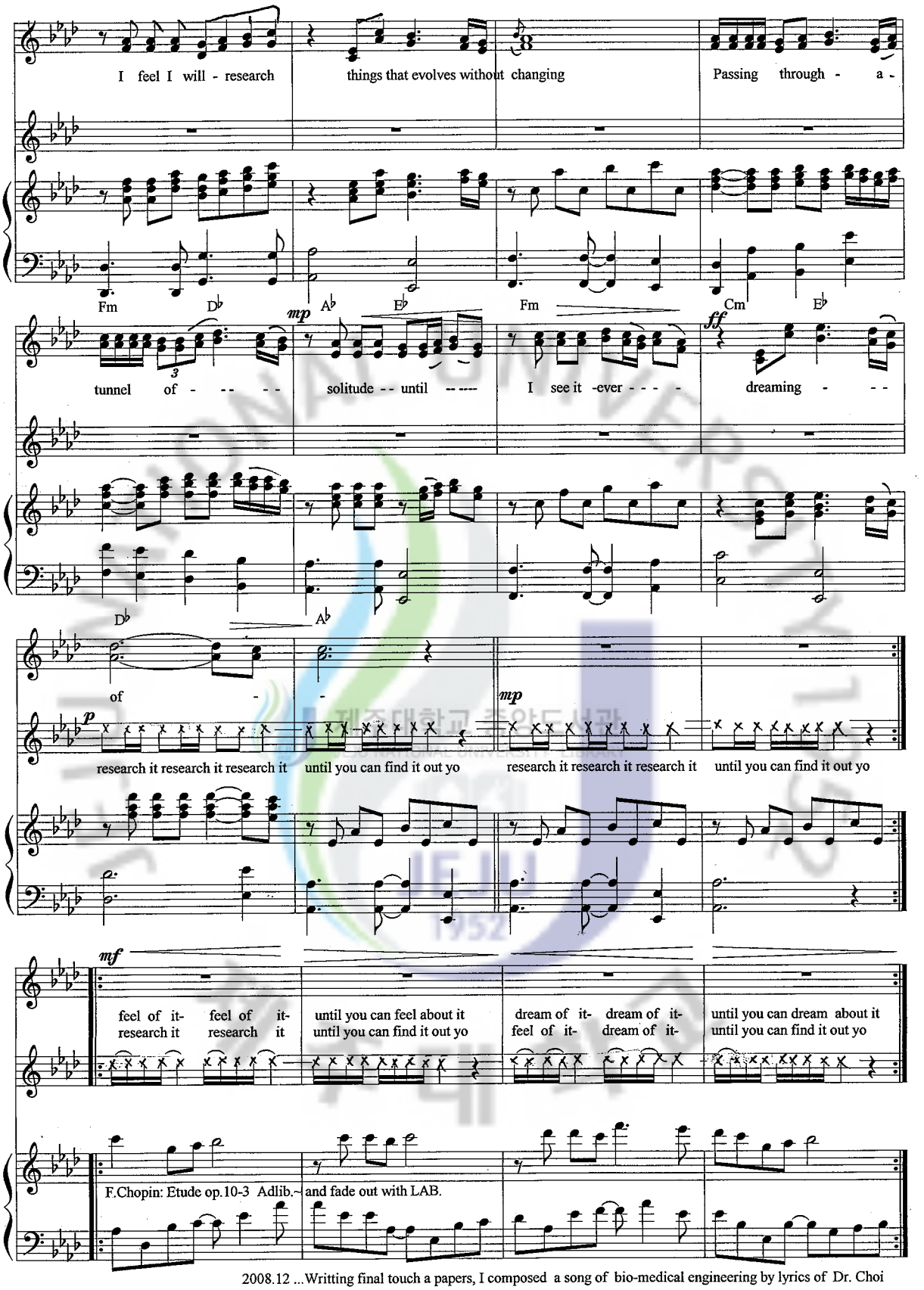
2008.12 ...마지막 논문정리하며, 의공학의 무궁한 발전을 위하여,
그들을 위한 <바이오메디칼엔지니어링의 노래>를 만들다. 지도교수 작사, 저자 작곡...

Something new

lyrics by Min Joo Choi
composed by Kyung Kyu Park

slow beat





2008.12 ...Writting final touch a papers, I composed a song of bio-medical engineering by lyrics of Dr. Choi

Stefano Park
2008.12.30