

Pink Noise가 개인별 특성에 따라 뇌파 집중지표에 미치는 영향과 다중지능과의 관계

Relationship Between Effects of Pink Noise on Brain Wave Concentration Index by Individual Characteristics and Multiple Intelligence*

신성권** · 심준영†

Seong-Kweon Shin** · Jun-Young Shim***†

**국제뇌교육종합대학원대학교 뇌교육학과

**Department of Brain Education, University of Brain Education

Abstract

This study sorted scores of individual characteristics and multiple intelligence by sex, handle, blood type and age through previous questionnaire with 462 adult males and females. Then electrode was attached to prefrontal lobes Fp1 and Fp2 with EEG measuring system and changes of concentration between no stimulation state and pure pink noise stimulation and their relations to multiple intelligence were examined. As a result of analysis of covariance, the mean concentration of all subjects was significantly higher in the pink noise stimulation compared to no stimulation. According to individual characteristics, concentration was significantly higher in left-hander, type A blood, and group in their thirties except for gender. Concentration in pink noise state strengthened the relation to spatial intelligence and made negative correlations with musical intelligence compared to no stimulation state. These results suggested that individual characteristics should be reflected on using pink noise for improving concentration.

Key words : Pink noise (1/f), Concentration, EEG, Multiple Intelligences, Individual Characteristic.

요약

이 연구는 성인 남녀 462명을 대상으로 사전 설문검사를 통해 성별, 손잡이, 혈액형, 연령 등의 개인별 특성 집단과 다중지능 유형별 점수를 분류하였다. 그런 다음 뇌파측정시스템을 이용하여 전전두엽 부위인 Fp1 과 Fp2 부위에 측정 전극을 부착하고 무자극 상태와 순수한 Pink noise 청각자극 상태에서의 집중력의 변화와 다중지능과의 관계를 알아보려고 하였다. 공분산분석 결과, 무자극에 비해 Pink noise 자극 시 대상자 전체의 평균 집중력이 유의하게 높게 나타났다. 개인별 특성에서는 남녀 성별을 제외한 왼손잡이, A형, 30대 집단에서 집중력이 유의하게 높게 나타났다. 그리고 무자극에 비해 Pink noise 상태의 집중력은 공간적 지능과의 관계가 더욱 강화되었고, 음악적 지능과는 음적 상관관계를 형성하였다. 이러한 결과는 집중력 향상을 위한 Pink noise 활용 시 개인별 특성을 반영해야할 필요성이 있음을 시사하였다.

주제어 : Pink noise, 집중력, 뇌파, 다중지능, 개인 특성

* 이 연구는 신성권(2012)의 박사논문 일부를 수정, 요약한 것임.

† 교신저자 : 심준영 (국제뇌교육종합대학원대학교 뇌교육학과)

E-mail : simjy@naver.com

TEL : 041-529-2665

FAX : 041-529-2610

1. 서론

인간의 뇌는 구조적 특성으로 인해 여자의 경우 좌반구의 측두엽이 남자보다 길어 언어능력이 높고 남자의 뇌는 우뇌 후두엽이 두꺼운(Wada, Clark, & Hamon, 1975) 남녀 성별의 차이를 보인다. 또한 좌, 우반구의 기능적인 차이와 연관되는 손잡이, 성격과 연관되는 혈액형, 뇌의 발전과 퇴화에 관련되는 연령대의 개인별 특성으로 인해 외부로부터 전해지는 자극의 정보(information)를 받아들이는 방식과 그에 따른 영향은 다를 수 있다. 이러한 개인별 특성으로 인해 자극을 받아들이는 강도가 달라질 수 있음에도 이를 간과한 채 획일적으로 적용되는 면이 있어 그 효과가 반감되고 있다.

인간은 청각과 시각이 함께 잘 발달되어 있다. Ackerman(1991)은 눈이 멀거나 팔이 없거나 코가 없는 사람은 세상을 이해할 수 있지만, 청력을 잃은 사람은 중요한 끈이 끊어진 것과 마찬가지로 삶의 논리 체도를 잃어버린다고 청각의 중요성을 역설하고 있다. 유비쿼터스(ubiquitous) 시대를 맞이하여 오감 중 청각의 중요성이 더욱 증대되고 있으며, 인간은 다양한 소리에 노출되어 직, 간접적으로 영향을 받고 있다(이채봉, 차경환, 김부길, 1999). 그 중 핑크노이즈(pink noise: 1/f)는 우리에게 마음의 평정과 안심, 편안함을 느끼게 한다(Yoshida, Ohmoto, & Kanamura, 1991). Pink noise는 White noise와 달리 저음과 중음 대의 음이 상대적으로 고음보다 음량이 높기 때문에 인간의 귀에는 오히려 Pink noise가 모든 주파수대에서 동일한 음량으로 들리며 편안함을 느끼게 한다. 이러한 Pink noise는 느리고 안정적인 뇌파를 유도하여 평온하게 숙면을 취할 수 있게 한다(Jue Zang, 2012).

Pink noise를 갖는 자연의 소리로는 파도소리, 작은 시냇물이 흐르는 소리, 차분히 내리는 빗소리 등을 꼽을 수 있다. 이러한 자연의 소리를 통해 안정감을 얻는 이유는 Pink noise가 생리적 안정감을 제공하기 때문이다. 자연의 소리와 더불어 Pink noise는 인간의 심장박동뿐만 아니라 세포에서도 동일한 리듬을 갖는다(Kobayashi & Musha, 1982; Saul et al., 1998)는 것이 밝혀져 이러한 리듬의 공명이 인간에게 Pink noise를 받아들이기 편안한 이유가 된다. 이렇듯 생리적으로 자신에게 맞는 음악을 듣다 보면 마음이 편안해지지만, 자신에게 맞지 않는 소리는 스트레스를 발생시킨다. 특히 학생들에게는 과잉행동, 주의산만, 주의력 결핍

등이 문제로 제기되어 소리는 집중력과 관계되는 중요한 요인(황선정, 1998)이 될 수 있다.

집중력(concentration)은 여러 자극 가운데 특정한 것을 분명히 인식하는 것으로 학습의 성과는 집중력과 관련이 깊고(하경화, 2002), 학습효과를 높이기 위해서는 주의집중을 해야 하므로 집중력은 모든 학습의 기본이 된다(이상춘, 조인수, 1991). 이러한 집중력 향상을 위해 Pink noise를 갖는 자연의 소리 효과 연구들은 청소년 금연(이갑옥, 2002)과 초등학생 스트레스 감소, 주의집중력 향상 등에 실제적인 효과(하경화, 2002)가 있으며, 치료음악이나 효과음, 가전제품 등에도 활용되고 있다(박혜준, 박세진, 김철중, 2005; 손진훈 등, 1998). 이상과 같이 자연의 소리에 대한 긍정적 효과들이 보고되고 있으나 Pink noise가 직접적으로 집중력을 강화시키는지와 개인별 특성에 따라 어떤 특성이 나타나는지에 대한 연구는 미흡한 편이다.

집중력과 같은 고차인지기능 정도를 파악할 수 있는 간편한 신경생리학적 평가방법으로 뇌파(electroencephalogram: EEG) 검사가 있다. 뇌파검사는 뇌신경세포들의 전기적인 활동수준을 객관적인 지표로 나타내어 뇌신경세포들의 활동성이 높아지고 낮아지는 정도를 공간적, 시간적으로 파악할 수 있다(심준영, 2012). 전기신경생리학적인 뇌파의 집중지표는 Theta파에 대한 SMR(sensorimotor rhythm)과 Mid-beta파 비율에 의해 정량화되어 사용되어지고 있다(Lubar & Lubar, 1984; Otmer, 1994). 따라서 대뇌피질의 뇌파를 측정하여 그 반응을 분석하면 개인별 특성에 따른 소리 반응과 집중력에 대한 전기신경생리학적인 변화 양상을 파악할 수 있다.

학습의 중요한 요소 중 하나인 지능에 대하여 최근 개인의 다양성 반영을 위한 교육 및 평가의 일환 중 하나로 개개인은 여덟가지 지능을 모두 가지고 있고 모든 사람은 각각의 지능을 적절한 어떤 수준까지 개발시킬 수 있으며, 여덟 가지 지능들은 여러 가지 복잡한 방식으로 서로 상호작용 한다(Gardner, 1983)는 다중지능(multiple intelligence) 이론이 부각되고 있다. 이 이론에 대한 교육적 해석은 각 지능의 특징을 이해하고 그것을 상호 관련시켜 효율적으로 활용하라는 의미(Gardner, 1983)가 있다. 이러한 다중지능에 대하여 Gardner(1983)는 8개의 하위요인 각각의 지능은 특정 두뇌 부위와 깊은 관련이 있고 뇌의 주요 영역들 간의 상호작용에 의해서 나타난다고 주장하였다.

이상과 같은 맥락에서 이 연구는 자연의 소리 등에 포함되어 있는 Pink noise가 학습능률이나 집중력을

높다고 알려져 있지만 모든 인간에게 동일한 영향을 미치는지 여부가 궁금하였다. 이를 위해 개인별 특성 가운데 성별, 손잡이, 혈액형, 연령대별로 집단을 구분하여 순수한 Pink noise를 이용한 청각자극 시 뇌파검사를 통한 집중력의 변화양상과 다중지능과의 관계를 알아봄으로써 Pink noise의 활용성 모색을 위한 기초자료로 제시하는데 연구의 목적이 있다.

이러한 연구 목적을 달성하기 위한 이 연구 문제를 제시하면 다음과 같다. 첫째, 무자극 시와 Pink noise 청각자극 시 집중력의 차이는 어떠한가? 둘째, Pink noise 청각자극 시 개인별 특성(성별, 손잡이, 혈액형, 연령대)에 따른 집중력 차이는 어떠한가? 셋째, Pink noise 청각자극 시 집중력과 다중지능 유형과의 상관관계는 어떠한가?

2. 연구 방법

2.1. 연구 대상

이 연구의 대상자는 뇌질환과 청각에 문제가 없고, 현재 약물을 복용하지 않는 K시에 거주하는 성인을 대상으로 임의표본추출(convenience sampling) 방법으로 462명을 조사 분석하였다. 대상자들의 뇌 크기 등 구조적 차이로 인한 특성을 구분하기 위해 남성과 여성으로 구분하였고, 좌·우뇌의 구분에 따른 기능적 차이 특성을 구분하기 위해 오른손잡이와 왼손잡이로 구분하였다. 또한 성격유형과 연관이 있을 것으로 기대하는 경향이 있는 ABO 혈액형으로 구분하였다. 또한 뇌의 발달시기에 따른 차이를 구분하기 위해 뇌세포 완성직후인 18세 이상 20세를 10대, 두뇌사용이 왕성한 21~30세를 20대, 뇌기능 노화 전 단계인 31~40세를 30대, 뇌기능 노화단계로 보는 40대 이상으로 구분하여 집단을 구성하였다. 대상자의 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Study sample group distribution

Sex			Handedness			Blood type			Age group		
Group	N	%	Group	N	%	Group	N	%	Group	N	%
Man	294	63.6	Right-handed	420	90.9	A type	161	34.8	10s	217	47
Woman	168	36.4	Left-handed	42	9.1	B type	161	34.8	20s	161	34.8
						O type	105	22.7	30s	42	9.1
						AB type	35	7.7	40s	42	9.1

2.2. 실험절차 및 방법

Pink noise가 개인별 특성 요인인 성별, 손잡이, 혈액형, 연령대 집단에 따라 집중력에 어떻게 영향을 미치는지와 집중력과 다중지능과의 상호관계는 어떠한지를 알아보기 위한 실험절차는 다음과 같다. 사전 설문지 검사를 통해 개인별 특성과 다중지능을 분류하였고, 개인별로 소리를 받아들이는 차이가 발생할 수 있어 실험집단과 통제집단으로 구분하지 않고 각 개인에게 뇌파측정시스템을 이용한 1차 집중력 검사 후, 10분간 휴식을 갖게 한 다음 2차 집중력 검사를 실시하였다. 또한 1, 2차 검사 시 무자극과 Pink noise 청각자극을 번갈아 가며 무순위(random)로 측정하였다.

실험 장소는 가로 5m, 세로 4m의 외부 빛(300±3lx)과 소음(35dB 이하)이 차단되는 방음실로 전자파가 차폐되고 온도 24.0±1℃와 습도 50±1%로 조절된 전용 실험실에서 측정을 실시하였다. Pink noise의 청각자극은 PC의 사운드 카드와 2-way system 스피커 이용하여 스테레오로 제시하였으며, 소리의 크기는 Söderlund(2007)가 제시한 소음강도 기준에 따라 휴대용 소음측정기(DDT-850)로 측정하여 평균 50dB이 되도록 맞추었다.

2.3. 측정도구 및 분석

2.3.1 Pink noise 생성

기존 연구들에서 사용한 자연의 소리나 음악의 경우는 개인적인 취향에 따라 결과에 영향을 미칠 수 있으므로 이를 방지하기 위하여 순수한 Pink noise음을 생성하여 실험하였다. 그 방법은 음향분석 장비와 소프트웨어로 음의 주파수 영역을 필터링(filtering)하여 Pink noise(1/f) 패턴을 생성하였다. 생성 원리는 옥타브 당 -3dB의 감쇄 특성을 가진 필터(filter)를 사용(Gardner, 1978)하였다. 사용된 장비는 휴렛팩커드사의 Dynamic Signal Analyzer 35665A를 사용하였고, 스펙

트럼(spectrum)은 Praat 4200, Cool Edt Pro 2.1 소프트웨어를 사용하여 분석하였다.

2.3.2. 다중지능 검사

다중지능 유형을 측정하기 위해 문용린과 유경재(2009)가 개발한 다중지능검사지를 사용하였다. 이 검사지는 Likert 식 5점 척도로 구성되어있으며, 원 설문 의 내적 일치도를 나타내는 신뢰도 계수(Cronbach's α)는 0.73-0.90이다. 검사지의 구성은 각 지능별 10문항씩 총 80문항과 허위 문항 5개를 포함하여 총 85문항으로 이루어져 있다. 이 연구에서의 신뢰도 계수는 언어적 지능 .937, 음악적 지능 .910, 논리-수학적 지능 .923, 신체-운동적 지능 .892, 자연친화적 지능 .857, 자기 성찰적 지능 .897, 공간적 지능 .975, 인간친화적 지능 .899이었다.

2.3.3. 집중력 검사 및 분석

무자극과 Pink noise 시의 신경생리학적인 집중력 수준을 알아보기 위하여 뇌파측정시스템인 QEEG-32 (LXE3232, Laxtha Inc. Korea)를 사용하여 10/20 국제 전극배치법(international 10/20 electrode system)에 의해 좌·우 전전두부(prefrontal site)인 Fp1, Fp2 부위에 측정 전극을 부착하였다. 또한 우측 컷볼 뒤에 기준전극(reference electrode), 뒷 목 중앙부위에 접지전극(ground electrode)을 부착하여 단극유도(monopolar derivation) 방식으로 측정하였다. 측정 부위인 전전두엽은 인지 및 사고 작용과 창의성에 중요한 기능(허명, 권용주, Lawson, 1997)을 가지고 있어 학습행동과 관련된 두뇌기능의 중심역할을 하는 부위이다.

집중력 수준을 평가하기 위한 과제는 Figure 1과 같이 탈 문화적인 도형패턴을 사용한 레이븐 유사도형 구분과제(raven like pattern discrimination task)를 제시 하고 반응하게 하는 고차인지기능검사를 실시하였다. 이 검사법은 인지와 관련된 감마대역의 파형을 자극 제시 시점 기준으로 평균화하여 유발감마반응(induced gamma response)을 추출한 후, 각 피크들의 진폭과 잠재기를 주요하게 분석하여 인지기능을 평가하도록 고안되어 있다(교육과학기술부, 2009). 이러한 검사는 위 스크린 카드분류검사, 웨슬러 기억척도검사 등과 같은 신경심리검사 점수들과 높은 상관을 보이는 것으로 알려져 있다(Haiq, Pascalis & Gordon, 1999; Senkowski &

Herrmann, 2002).

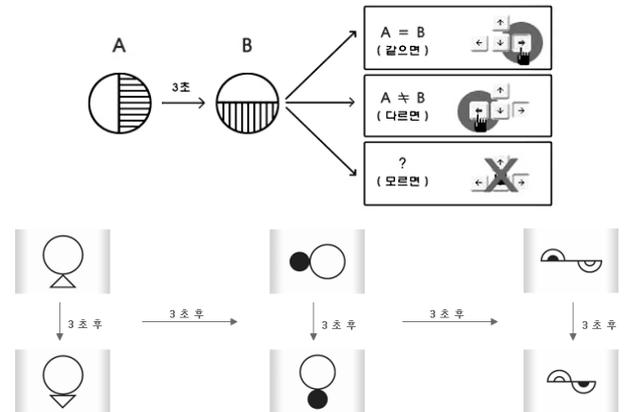


Figure 1. How to perform Raven Like Discrimination Task

고차인지과제는 5분 30초 동안 30문제의 과제수행 시에 시간 흐름에 따라 난이도(item difficulty)가 쉬운 도형구분과제에서부터 어렵고 복잡한 과제 순서로 제시 된다. 10문항씩 Low 난이도, Medium 난이도, High 난이도별로 구분하여 집중상태를 안정되게 오래 유지할 수 있는 능력인 지속적 집중력(sustained concentration)을 분석하고 평가하였다.

검사 순서는 뇌파측정시스템과 연결된 모니터 화면에 3초 동안 제시된 도형 패턴을 보고 기억한 후, 그 다음에 5초 동안 제시된 패턴에 주의를 기울여 직전의 패턴과 비교하고 두 도형의 일치 여부를 인지한다. 직전 도형과 회전에 상관없이 같은 도형이면 오른쪽 화살표 키를 누르고, 다른 형태의 도형이면 왼쪽 화살표 키를 누르고, 잘 모를 경우에는 아무 키도 누르지 않는다. 그리고 과제와 과제사이의 휴식시간은 2초로 구성되어 있다. 즉, 단순패턴지각 → 단기기억으로 저장 → 패턴과의 비교 및 인지과정으로 이루어져 있다.

뇌파측정시스템을 이용한 집중력 검사의 적응을 위해 피험자 전체를 대상으로 인지구분과제 수행방법에 익숙하도록 사전교육을 실시하였다. 구체적 측정절차는 과제 설명(1분) → 전극 부착(5분) → 눈을 감고 안정상태 유도(1분) → 1차 집중력 검사(5분 30초) → 뇌파 기록 및 휴식(10분) → 2차 집중력 검사(5분 30초) → 뇌파 기록(5분) → 전극 제거 및 정리(4분)의 과정으로 피험자 1명의 측정시간은 평균 40분 정도 소요되었다.

측정된 자료는 256Hz 샘플링 주파수, 0.5~50Hz의 bandpass filter, 12-bit AD 변환에 의해 컴퓨터에 저장하였다. Fp1, Fp2 전극부위로부터 수집된 원자료(raw

date)는 실시간 데이터수집 및 시계열분석(time series analysis) 프로그램인 Laxtha의 TeleScan(Ver. 3.2)을 이용하여 데이터를 합산하고 분석하여 각 대역별 절대파워(absolute power)값에 자연로그[natural logarithm, $\log(\mu^2)$]를 취하여 분석값을 얻었다. 뇌파의 주파수 대역(frequency band)은 세타(4-8Hz), 알파(8-12Hz), SMR(sensory motor rhythm: 12-15Hz), M-Beta(mid-beta: 15-20Hz), H-Beta(high-beta: 20-30Hz), 감마(gamma: 30-50Hz)파로 설정하였다. 집중상태에서의 뇌파 변화는 세타(theta)파 리듬이 줄어들면서 SMR 리듬과 M-Beta파 리듬은 증가하게 되므로 뇌파 집중지표는 ‘SMR+M-Beta파/세타파’에 의해 정량화(Lubar & Lubar, 1984)하여 분석하였다.

2.4. 자료처리

이 연구에서 얻어진 자료들은 SPSS 18.0을 이용하여 전산처리하였다. 모든 자료에 대하여 평균과 표준편차(mean and standard deviation: $M \pm SD$)를 산출하였다. 개인별 특성에 따른 차이검정을 위해 Pink noise 청각자극 시 뇌파 집중지표 값에서 무자극 시 집중지표 값을 뺀 평균값을 구한 후 독립표본 t -검정(independent samples t -test)과 일원분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였다. 어떤 집단 간에 차이가 있는지 검정하기 위하여 분산이 동일한 경우에는 Scheffe 방법, 분산이 동일하지 않은 경우에는 Dunnett T3에 의한 사후분석을 실시하였다. 그리고 순수한 Pink noise 청각자극의 영향을 분석하기 위해 무자극 집중지표 값을 공변인(covariate)으로 한 집단(group)에 따른 종속변인의 차이 검정은 공분산분석(analysis of covariance)을 실시하였다. 또한 다중지능 유형과 집중력의 상관관계 살펴보기 위하여 영차(zero-order) Pearson 상관계수를 구하였다.

3. 연구 결과

3.1. 집단의 동질성 및 정규성 검정

집단의 동질성 검정을 위해 외부 영향이 없는 무자극 시 집중지표 값에 대한 분산의 동일성과 평균의 동일성을 검정하였다. 분산의 동일성은 Levene 검정을 실시하였고, t -검정과 분산분석을 실시하여 평균의 동일성을 검정하였다. 분산의 동일성(등분산성)을 검정결과는 Table 2와 같이 성별 집단($F = 8.955, p < .01$)

과 혈액형 집단($F = 15.961, p < .001$)은 등분산이 가정되지 못하였다.

Table 2. Non-stimulated state Levene-analysis

Group	Levene	p
Sex	8.955	.003**
Handedness	3.560	.060
Blood type	15.961	.000***
Age group	2.549	.055

** $p < .01$, *** $p < .001$

Table 3. Non-stimulated state T-test

Man	Woman	t	p
M(SD)	M(SD)		
-2.31(0.70)	-2.58(0.52)	4.637	.000***
Right-handed	Left-handed	t	p
M(SD)	M(SD)		
-2.39(0.66)	-2.66(0.45)	2.667	.008**

** $p < .01$, *** $p < .001$

손잡이 집단($F = 3.560, p > .05$)과 연령대 집단($F = 2.549, p > .05$)은 등분산이 가정되었으나 평균의 동일성 검정을 위한 검정결과는 Table 3, Table 4와 같이 동일하지 않은 것으로 나타났다. 종합해보면, 분산의 동일성과 평균의 동일성이 모두 검정된 집단이 없어 집단의 동질성이 확보되지 못하였다. 이는 각 집단의 집중력에 대한 개인별 차이가 존재하고 있다는 것을 의미하며, 집단 간 차이 검정을 위한 분석 시 무자극 시 기본 집중력을 전제로 분석해야 함을 시사한다.

Table 4. Non-stimulated state ANOVA

A type	B type	O type	AB type	F	p
M(SD)	M(SD)	M(SD)	M(SD)		
-2.50 (0.82)	-2.45 (0.47)	-2.13 (0.61)	-2.61 (0.33)	9.526	.000***
10s	20s	30s	40s	F	p
M(SD)	M(SD)	M(SD)	M(SD)		
-2.23 (0.62)	-2.52 (0.71)	-2.70 (0.58)	-2.62 (0.34)	12.224	.000***

*** $p < .001$

Table 5. Non-stimulated state Normality test

Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
Statistics	df	p	Statistics	df	p
0.099	462	.000***	0.940	462	.000***

*** $p < .001$

Table 6. Sex/Handedness group Nonparametric test

Group	M	SD	Z	p
Sex	0.193	0.234	-0.848	.396
Handedness	0.193	0.234	-3.178	.001**

** $p < .01$

Table 7. Blood type/Age group Nonparametric test

Group	M	SD	χ^2	p
Blood type	0.193	0.234	28.606	.000***
Age group	0.193	0.234	36.916	.000***

*** $p < .001$

표본의 적절성 여부를 검증하고자 Kolmogorov-Smirnov의 정규성 검정결과, Table 5와 같이 변수들의 유의확률이 $p < .001$ 로 정규분포를 이룬다는 귀무가설은 기각되어 정규성을 만족하지 못하였으나 일반적으로 왜도가 2 미만, 첨도가 7 미만의 경우에는 정규분포를 따르지 않더라도 대칭성이 보장된다면 크게 영향을 미치지 않는다(West, Finch & Curran, 1995). 따라서 이 연구 변수들의 왜도와 첨도 확인결과, 왜도와 첨도 모두 2 미만으로 나타나 정규성을 크게 벗어나지 않은 것으로 볼 수 있으며, 변수에 대한 비모수 방법을 통하여 집단의 비교를 할 수 있다(Lix, Keselman & Keselman, 1996). 분석의 신뢰성을 높이고자 Table 6, Table 7과 같이 2개 집단으로 구성된 성별과 손잡이 집단의 경우에는 Mann-Whitney U 검정, 4개 집단으로 구성된 혈액형, 연령대 집단에서는 Kuskal-Wallis 검정을 이용한 비모수 검정을 실시하였다. 그 결과, 성별집단은 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 손잡이와 혈액형, 연령대는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

3.2. 개인 특성별 집중력 차이

무자극 시에 비하여 Pink noise 청각자극 시의 집중력을 알아보기 위하여 462명 전체를 대상으로 t-검정을

실시한 결과, Table 8과 같이 평균 집중력($t = -17.767$)과 Low($t = -17.342$), Medium($t = -11.375$), High($t = -12.780$)의 모든 난이도에서 무자극에 비해 Pink noise 청각자극 시 집중력의 평균값이 유의하게($p < .001$) 높게 나타났다.

Table 8. Non-stimulated and Pink noise Paired T-test

Item difficulty	Non-stimulated	Pink noise	t-test	
	M(SD)	M(SD)	t	p
Average	-2.41(0.65)	-2.22(0.62)	-17.767	.000***
Low	-2.45(0.65)	-2.23(0.65)	-17.342	.000***
Medium	-2.44(0.71)	-2.25(0.63)	-11.375	.000***
High	-2.35(0.65)	-2.18(0.64)	-12.780	.000***

*** $p < .001$

무자극 시 개인의 집중력이 Pink noise 청각자극 시 집중력에 미치는 영향을 제거한 후 순수하게 Pink noise 효과를 비교하기 위하여 무자극 시 집중지표 값을 공변인으로 한 공분산분석을 실시하였다. 분석결과, Table 9와 같이 전체 집중력 평균값에서 유의한($F = 3688.882, p < .001$) 차이가 있는 것으로 나타났다. 개인별 특성 집단에서는 남녀 성별을 제외한 손잡이($F = 21.168$)와 혈액형($F = 57.721$), 연령대($F = 87.267$) 집단에서 유의한($p < .001$) 차이를 보였다. 또한 각 집단 간 상호작용효과에서는 30대이며 O형, 40대 이상이며 AB형 표본이 포함되어 있지 않아 이를 제외하고 분석한 결과, 손잡이 × 혈액형($F = 2.937, p < .05$), 연령대 × 혈액형($F = 7.003, p < .001$)에서 유의한 차이를 보였다.

Table 9. Pink noise stimulus ANCOVA

Variable	df	SS	MS	F	P
Total concentration	1	141.163	141.163	3688.882	.000***
Handedness	1	0.810	0.810	21.168	.000***
Blood type	3	6.626	2.209	57.721	.000***
Age group	3	10.018	3.339	87.267	.000***
Handedness × Blood type	3	0.337	0.112	2.937	.033*
Age group × Blood type	7	1.876	0.268	7.003	.000***
Error	443	16.952	0.038		

* $p < .05$, *** $p < .001$

Table 10. Pink noise stimulus Handedness T-test

Item difficulty	Right-handed	Left-handed	t-test	
	M(SD)	M(SD)	t	p
Average	0.18(0.23)	0.31(0.19)	-3.574	.000***
Low	0.21(0.28)	0.30(0.16)	-3.059	.003**
Medium	0.17(0.35)	0.39(0.28)	-4.030	.000***
High	0.16(0.29)	0.25(0.28)	-1.859	.064

** $p < .01$, *** $p < .001$

Table 9에서 나타난 결과의 구체적인 특성과 난이도 별(Low, Medium, High) 집중지표의 차이를 알아보기 위하여 손잡이(오른손, 왼손)는 t-검정, 혈액형과 연령대는 분산분석과 사후검정을 실시하였다. 손잡이 집단에서 전체 평균 집중력은 Table 10과 같이 왼손잡이 집단이 유의하게($t = -3.574, p < .001$) 높게 나타났다. 난이도 수준별로 세분화 한 결과에서는 Low와 Medium 수준에서 왼손잡이 집단이 유의하게 높게 나타났다. 이는 Pink noise 청각자극이 왼손잡이 집단의 집중력에 유의한 영향력이 있음을 의미한다.

혈액형 집단에서 전체 평균 집중력은 Table 11과 같이 유의한($F = 13.099, p < .001$) 차이를 보였으며, 어떤 집단 간에 차이가 있는지 알아보기 위한 사후분석 결

과, A형 집단이 O형의 집단에 비해 평균값이 유의하게 높게 나타났다. 난이도 수준별로 세분화 한 결과에서도 모든 난이도에서 유의한($p < .001$) 차이를 보였으며, 사후분석 결과에서는 Low 난이도와 High 난이도에서 A형과 AB형이 O형 집단에 비해 평균값이 유의하게 높게 나타났다. 또한 Medium 난이도에서는 A형이 O형과 B형 집단에 비해 평균값이 유의하게 높게 나타났다.

연령대 집단에서 전체 평균 집중력은 Table 12와 같이 유의한($F = 15.698, p < .001$) 차이를 보였으며, 어떤 집단 간에 차이가 있는지 알아보기 위한 사후분석 결과, 30대 집단이 40대 이상, 20대, 10대 집단에 비해 평균값이 유의하게 높게 나타났다. 난이도 수준별로 세분화한 결과에서는 Medium과 High 난이도에서 유의한 차이를 보였으며, 사후분석 결과에서는 30대 집단이 40대 이상, 20대, 10대 집단에 비해 평균값이 유의하게 높게 나타났다.

이를 종합해보면, 남녀 성별 집단에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나 손잡이와 혈액형, 연령대 집단에서 유의한 차이를 보였고, 구체적으로는 왼손잡이, A형과 AB형, 30대 집단에서 집중력이 높게 나타났다.

Table 11. Pink noise stimulus Blood type ANOVA

Item difficulty	A type(a)	B type(b)	O type(c)	AB type(d)	F	p	protected t
	M(SD)	M(SD)	M(SD)	M(SD)			
Average	0.27(0.19)	0.16(0.24)	0.11(0.26)	0.22(0.19)	13.099	.000***	a > c
Low	0.29(0.24)	0.20(0.33)	0.13(0.25)	0.26(0.08)	7.719	.000***	a,d > c
Medium	0.30(0.33)	0.11(0.36)	0.13(0.36)	0.18(0.32)	8.804	.000***	a > c,b
High	0.24(0.34)	0.15(0.22)	0.07(0.29)	0.23(0.23)	8.036	.000***	a,d > c

*** $p < .001$

Table 12. Pink noise stimulus Age group ANOVA

Item difficulty	10s(a)	20s(b)	30s(c)	40s(d)	F	p	protected t
	M(SD)	M(SD)	M(SD)	M(SD)			
Average	0.16(0.23)	0.18(0.22)	0.42(0.20)	0.19(0.19)	15.698	.000***	c > d,b,a
Low	0.22(0.27)	0.20(0.27)	0.30(0.31)	0.20(0.28)	1.632	.181	ns
Medium	0.13(0.33)	0.16(0.34)	0.57(0.42)	0.18(0.15)	20.898	.000***	c > d,b,a
High	0.12(0.30)	0.18(0.28)	0.37(0.21)	0.20(0.24)	9.497	.000***	c > d,b,a

*** $p < .001$

Table 13. Non-stimulated state Concentration and Multiple intelligences Simple Correlation

Variable		Linguistic	Musical	Logical	Bodily	Naturalist	Intrapersonal	Spatial	Interpersona	Concentration
Linguistic	<i>r</i>	-								
	<i>p</i>									
Musical	<i>r</i>	-0.187**	-							
	<i>p</i>	.000								
Logical	<i>r</i>	-0.233**	-.269**	-						
	<i>p</i>	.000	.000							
Bodily	<i>r</i>	-0.219**	-0.205**	0.550**	-					
	<i>p</i>	.000	.000	.000						
Naturalist	<i>r</i>	-0.249**	-0.289**	0.586**	0.560**	-				
	<i>p</i>	.000	.000	.000	.000					
Intrapersonal	<i>r</i>	0.399**	-0.190**	-0.278**	-0.202**	-0.232**	-			
	<i>p</i>	.000	.000	.000	.000	.000				
Spatial	<i>r</i>	0.566**	-0.245**	-0.226**	-0.194**	-0.235**	-0.455**	-		
	<i>p</i>	.000	.000	.000	.000	.000	.000			
Interpersona	<i>r</i>	-0.189**	0.488**	-0.255**	-0.256**	-0.303**	-0.139**	-0.252**	-	
	<i>p</i>	.000	.000	.000	.000	.000	.003	.000		
Concentration	<i>r</i>	0.134**	-0.070	-0.047	-0.051	-0.020	0.009	0.097*	0.002	-
	<i>p</i>	.004	.132	.311	.273	.663	.850	.037	.963	

p* < .05, *p* < .01

Table 14. Pink noise Concentration and Multiple intelligences Simple Correlation

Variable		Linguistic	Musical	Logical	Bodily	Naturalist	Intrapersonal	Spatial	Interpersona	Concentration
Linguistic	<i>r</i>	-								
	<i>p</i>									
Musical	<i>r</i>	-0.187**	-							
	<i>p</i>	.000								
Logical	<i>r</i>	-0.233**	-.269**	-						
	<i>p</i>	.000	.000							
Bodily	<i>r</i>	-0.219**	-0.205**	0.550**	-					
	<i>p</i>	.000	.000	.000						
Naturalist	<i>r</i>	-0.249**	-0.289**	0.586**	0.560**	-				
	<i>p</i>	.000	.000	.000	.000					
Intrapersonal	<i>r</i>	0.399**	-0.190**	-0.278**	-0.202**	-0.232**	-			
	<i>p</i>	.000	.000	.000	.000	.000				
Spatial	<i>r</i>	0.566**	-0.245**	-0.226**	-0.194**	-0.235**	-0.455**	-		
	<i>p</i>	.000	.000	.000	.000	.000	.000			
Interpersona	<i>r</i>	-0.189**	0.488**	-0.255**	-0.256**	-0.303**	-0.139**	-0.252**	-	
	<i>p</i>	.000	.000	.000	.000	.000	.003	.000		
Concentration	<i>r</i>	0.117*	-0.096*	0.005	-0.013	-0.009	-0.004	0.101*	-0.033	-
	<i>p</i>	.012	.040	.920	.785	.841	.939	.030	.482	

p* < .05, *p* < .01

3.3. 집중력과 다중지능의 상관관계

다중지능 8가지 유형과 평균 집중력 지표 값의 상관관계를 알아보기 위하여 무자극 시의 상관관계와 Pink noise 청각자극 시의 상관분석을 각각 실시하였다. 분석결과, Table 13과 Table 14와 같이 8가지 다중지능 유형 상호간에는 무자극과 청각자극 시 모두 유의한($p < .001$) 상관관계를 보였다. 그러나 다중지능 유형과 집중력 간에는 무자극 시에 언어적 지능($r = 0.134, p < .01$)과 공간적 지능($r = 0.097, p < .05$)이 집중력과 유의한 양의 상관관계를 보였다. 그리고 Pink noise 청각자극 시에는 언어적 지능($r = 0.117, p < .05$)과 공간적 지능($r = 0.101, p < .05$)이 집중력과 유의한 양의 상관관계를 보였으며, 새롭게 음악적 지능($r = -0.096, p < .05$)과 집중력이 유의한 음의 상관관계를 형성하였다.

4. 논 의

이 연구는 순수한 Pink noise 음이 개인별 특성 요인 중 성별, 손잡이, 혈액형, 연령대에 따라 뇌파 집중지표에 어떠한 영향을 미치고 다중지능 유형과는 어떤 관계가 있는지 알아보고자 하였다. 첫 번째 연구문제인 ‘무자극 시와 Pink noise 청각자극 시 집중력의 차이는 어떠한가?’의 문제해결을 위한 t -검정 결과, 무자극에 비해 Pink noise 청각자극 시 대상자 전체의 집중력이 높게 나타나 Pink noise가 집중력 향상에 영향력이 있음을 보여주었다. 집중력은 외부로부터 들어오는 여러 자극들을 분류하여 선별하는 작용으로 여러 자극 중에서 하나를 선택하고 외적 및 내적 자극에 의식을 집중하는 능력으로 학습능력이나 업무의 효율성에 직접적인 영향을 미치는 중요한 요인이다. 이러한 집중력을 높이기 위해 1/f 파동이 마음의 평정과 편안함을 느끼게 하고, 심리적인 안정감을 제공해 줌으로써 집중력을 향상시킨다는 손진훈 등(1998)의 연구는 이 연구의 결과를 지지하고 있다.

두 번째 연구 문제인 ‘Pink noise 청각자극 시 개인별 특성(성별, 손잡이, 혈액형, 연령대)에 따른 집중력 차이는 어떠한가?’의 문제해결을 위한 공분산분석 결과, 먼저 전체 집중력에서 유의한 차이를 보였다. 이러한 결과는 첫 번째 연구 문제인 t -검정 결과를 지지하여 순수한 Pink noise 청각자극이 집중력 향상에 영향력이 있음을 보여주고 있다. 다음으로 개인별 특성

에서는 남녀 성별을 제외하고, 오른손잡이에 비해 왼손잡이 집단의 집중력이 높게 나타났고, A형 집단이 O형 집단에 비해 집중력 평균값이 높았으며, 30대 집단이 40대 이상, 20대, 10대 집단보다 높은 평균값을 보였다.

이 연구의 뇌파측정 전극 위치인 좌·우 전전두엽은 인지, 사고 작용과 창의성을 발휘하는 부위로 학습활동과 중요한 관계를 갖고 있다(Incisa & Milner, 1993). 인간의 뇌는 좌, 우뇌로 구분되며 전두엽도 반구성을 나타내고 있어 fMRI를 이용한 영상분석 결과에 의하면 좌뇌는 비 공간적, 우뇌는 공간적 기억에 관여하며(D'Esposito et al, 1998), 지각이나 주의 집중에 관여한다(Marks & Isaac, 1995). 두뇌 반구성에 대한 좌, 우뇌 특성은 주로 사용하는 쪽의 사지에 따라 특정 과제 수행 시 집중력의 차이가 상이할 수 있음을 암시한다. 음악을 듣고 있을 때 좌반구는 휴식을 취하고 우반구는 활동하는 모습이 적외선 체온측정기(thermography)를 통해 나타났다(篠原佳年, 2006). 이러한 두뇌의 특성은 음악이 우반구와 밀접한 관련이 있음을 말해주고 있다.

아무런 외부 자극이 없는 상태에서 왼손잡이 유아와 오른손잡이 유아의 언어능력 및 공간능력의 비교에서 손잡이에 따른 언어 및 공간능력의 차이를 발견하지 못하였다는 이정화(2010)의 연구는 Pink noise와 같은 청각적 자극의 환경에서는 의미있는 차이를 발견할 수도 있을 것이라는 예상을 가능하게 한다. 또한 왼손의 운동신경과 연관성 있는 우뇌의 경우에는 시각적 정보 파악과 공간적 조작과 관련되어(篠原佳年, 2006) 언어보다는 심상에 더 의존하는 경향이 있다. 이상의 선행연구들은 Pink noise 자극에 민감하게 반응하는 왼손잡이 집단의 높은 집중력의 결과를 지지해 주고 있다.

ABO 혈액형과 성격, 혈액형에 따른 생화학 특징과 신경전달물질과의 관계, 유전, 지능지수 등의 혈액형 유형학에 대해서는 많은 논란과 연구가 진행되고 있다. 지금까지 통계적인 수단으로 검증된 혈액형과 심리적 안정성 척도에 대한 기존의 모든 연구문헌과 실험결과들의 점수 합계를 반영한 류성일과 손영우(2007)의 연구에서 A형 > O형 > AB형 > B형 순서로 심리적 안정성이 높게 나타났다. 또한 혈액형 물질과 신경전달물질 및 중추신경 자극의 전달 속도 차이에서도 A형 > O형 > B형 순서로 A형은 자극의 전달이 늦어 신중하지만 감정이 오래가며, AB형은 A형과 B형

의 특성이 혼재되어 있는 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 혈액형 물질이 호르몬 수용체나 신경전달물질의 작용에 영향력이 있음을 암시하고 있다. 아직도 많은 논란이 있지만 이상의 선행연구 관점에서 한정하여 볼 때, A형이 다른 혈액형에 비해 집중력 수준이 높게 나타난 것은 Pink noise 자극으로 인해 심리적으로 안정되고 신중해짐으로써 집중력 증가에도 영향을 주었음을 추측하게 한다.

또한 외부 자극이 없는 상태에서 중·고등학생의 혈액형과 뇌기능 및 주의력은 서로 관련이 없다고 보고한 백기자(2010)의 연구는 Pink noise와 같은 적절한 청각자극의 환경에서는 집중력을 향상시킬 수 있을 것이라는 예상을 가능하게 한다. 혈액형 유형의 세부적 집중지표인 Low와 High 난이도에서 A형과 AB형은 O형 집단에 비해 집중력 수준이 높게 나타났다. A형 다음으로 집중력 수준이 높게 나타난 AB형은 A형과 B형의 특질을 함께 가지고 있어 O형이나 B형보다 Pink noise 자극에 따른 과제수행에 좀 더 효율적으로 반응하였을 것으로 추측된다.

개인 특성별 집중력 차이에서 30대 집중력이 높게 나타난 것은 먼저 집중력 측정부위인 전전두엽의 발달과도 일부 관련이 있을 것으로 보인다. 개념적인 사고와 비교, 예측, 추론을 담당하는 전전두엽은 두뇌 영역 중 가장 늦게 발달하는 부위로 수초화(myelination)도 가장 늦게 진행된다. 또한 전두엽의 수초화는 20세부터 왕성하게 진행되어 나이가 들수록 완성도가 높아진다고 알려져 있다. 그러나 40대 이상의 경우에는 두뇌 발달적으로 노화가 시작되는 시기이고, 한창 사회활동이 많은 시기로 인해 각종 스트레스와 질병에 노출될 확률이 많은 것이 30대에 비해 집중력 저하 요인이 될 수 있다. 또다른 요인으로 Pink noise 자극이 자연의 소리인 물소리와 비슷하게 느끼는 관계로 고전적 경향과 아날로그 감성을 자극함으로써 10대와 20대의 선호 음악인 메탈 등의 현대 음악과 거리감을 느끼게 할 수 있다. 이로 인해 30대에서 Pink noise 자극을 좀 더 편안하게 받아들임으로써 과제수행의 효율성에 영향을 미친 것으로 여겨진다.

개인 특성별로 어떤 집단과 상호작용효과가 있는지 알아보기 위한 분석결과, 손잡이×혈액형, 연령대×혈액형에서 유의한 차이를 보였다. 이는 왼손잡이×A형 집단, 30대×A형 집단이 상호간에 결합 효과가 있음을 의미한다. 즉, 왼손잡이이며 A형 혈액형을 가진 사람과 30대로 A형 혈액형을 가진 사람에게 Pink noise 자극이

과제수행의 효율성을 높여 집중력 향상에 기여할 수 있다는 것이다. 그리고 세부 난이도 수준에 따른 집중력에서는 집중력이 높게 나타난 왼손잡이, A형, 30대 모두 Medium 난이도에서 가장 높은 집중력을 보였다. 이러한 결과는 Pink noise 자극이 중간 정도의 과제 수행이나 문제 해결에 영향력이 있음을 의미한다.

마지막 세 번째 연구문제인 ‘Pink noise 청각자극 시 집중력과 다중지능 유형과의 상관관계는 어떠한가?’를 알아보기 위한 분석결과, 무자극시에는 언어적 지능과 공간적 지능이 집중력과 유의한 양의 상관관계를 보였다. 그러나 Pink noise 자극 시에 집중력은 언어적 지능과는 상관성이 약화되고, 공간적 지능과 더욱 강화되었으며, 음악적 지능과는 새롭게 음의 상관관계를 형성하였다. 음악적 지능은 음악에 대한 직관적 이해와 기능적 능력이 높은 지능으로 Pink noise와 같은 과동음에 민감하게 반응할 수 있고, 우뇌 기능과 관련된 특성이 있으므로 집중력과 관계가 새롭게 형성될 수 있다.

우뇌는 이미지 뇌라고 하여 오감으로 들어오는 정보를 이미지로 저장하고 비언어적 의사소통, 창의적 기능을 수행하는 역할로 시공간적인 세계를 정확하게 지각하고 전환할 수 있는 능력이 우수하여 창의적인 학습능력이 높다(윤경미, 유순화, 2008). 이러한 우뇌의 기능적 특성은 Pink noise 청각자극에 따른 음악적 지능과 공간적 지능의 밀접한 상관관계를 설명해주며, 음악이 공간적 지능을 향상시킨다(서천석, 2005)는 내용과도 연결된다. 그리고 언어적 지능의 경우에는 말하기 읽기, 쓰기에 필요한 단어를 효과적으로 활용하는 지능으로 좌측 측두엽과 전두엽의 기능에 관련되어 있다고 알려져 있다. 이러한 언어적 지능의 특성은 Pink noise 청각자극 시에도 집중력과 유의한 관련성이 있지만 상관성이 약화된 것으로 볼 때, Pink noise 청각자극은 우뇌와 깊은 관련성을 갖고 음악적 지능이나 공간적 지능과 더 밀접한 관련성을 가지므로 이에 따른 약화된 반응으로 보인다.

이러한 결과를 종합해보면, Pink noise 청각자극이 우뇌 활성을 유도하면서 왼손잡이와 A형, 30대의 집중력 향상에 영향을 미쳤으며, 음악적 지능 및 공간적 지능과 집중력의 강화된 상관관계를 보여줌으로써 개인별 특성에 따라 집중력에 의미있는 차이를 발견할 수 있었다. 따라서 집중력 향상을 위한 Pink noise 활용 시 이 연구의 결과를 기초자료로 활용할 수 있을 것이다. 그렇지만 이 연구는 실험 대상이 충청남도 K

시의 성인만을 대상으로 하였고, 개인별 특성의 집단 분포가 고르지 않으며, 집중력에 영향을 미칠 수 있는 유사한 청각자극의 비교가 없다는 제한점이 있다. 그러나 집중력 향상을 위한 수단으로 청각적 자극을 활용할 때 개인별 특성을 고려해야 할 필요성을 제공했다는 점에서는 의의가 있다고 본다. 추후 연구에서는 좀 더 체계적인 실험설계와 분석을 통하여 두뇌의 효율성을 높이고 삶의 질을 향상시키는데 도움을 주는 활용 연구가 이루어지길 기대한다.

REFERENCES

- Ackerman, D. (1991). *A natural history of the senses*. NY: Vintage Books.
- Bak, K. J. (2010). A Study on the effects of one's blood type on brain function and correlation character of middle · high school (중 · 고등학생의 혈액형과 뇌기능 및 좌우뇌 선호도와와의 관계연구), *The Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 11, 4260-4265.
- D'Esposito, M., Aguirre, G. K., Zarahn, E., Ballard, D., Shin, R. K., & Lease, J. (1998). Functional MRI studies of spatial and non-spatial working memory. *Brain Res*, 7(1), 1-13.
- Gardner, H. (1978). White and brown music, fractal curves and one-off fluctuations. *Scientific American*, April, 16-31.
- Gardner, H. (1983). *Frames of mind: Theory of multiple intelligence*. NY: Basic Books.
- Ha, K. H. (2002). The effects of alpha-wave meditation music on the concentration power of elementary school students (α 파 명상음악이 초등학생의 주의집중력에 미치는 효과), Master's Treatise, Changwon University Graduate School.
- Haiq, A. R., De, Pascalis, V., & Gordon, E. (1999). Peak gamma latency correlated with reaction time in a conventional oddball paradigm. *Clin. Neurophysiol*, 110(1), 158-165.
- Heo, M., Kwon, Y. J., & Lawson, A. E. (1997). The role of The prefrontal lobes in scientific reasoning, (과학적 추론 능력의 발달에서 전두엽 연합령의 역할), *The Korean Association for Science Education*, 17(4), 525-540.
- Hwang, S. J. (1998). The effects of breath-counting meditation on the middle school students' impulsivity, anxiety, and attention (수식관 명상이 중학생의 충동성, 불안, 주의집중에 미치는 효과), Master's Treatise, Catholic University Graduate School.
- Incisa, D. R. A., & Milner, B. (1993). Strategic search and retrieval inhibition: the role of the frontal lobes. *Neuropsychologia*, 31, 503-524.
- Jue Zang (2012. 7). *How pink noise makes for better sleep: The noise that will help you sleep better*. Prevention News.
- Kobayashi, M., & Musha, T. (1982). 1/f fluctuation of heartbeat period. *IEEE Trans. Biomedical Engineering*, BME-29(6), 456-457.
- Lee, C. B., Cha, K. W., & Kim, B. G. (1999). *Noise vibration (소음진동)*, Seoul: Hyungseul Books.
- Lee, G. O. (2002). A Study of nature-sound meditation music and its influence on nonsmoking (자연의 소리 명상음악과 청소년 금연효과에 관한 연구), Master's Treatise, Changwon University Graduate School.
- Lee, J. H. (2010). A comparison of linguistic and spatial ability in left and right-handed young children (왼손잡이 유아와 오른손잡이 유아의 언어능력 및 공간능력의 비교), *Korean Association of Human Ecology*, 19(4), 601-612.
- Lee, S. C., & Cho, I. S. (1991). The effect of selective attention & learning achievement degree for students with the mentally retarded by visual-discrimination Program (우발과제와 전이조작에 따른 교육가능 정신지체아의 선택적 주의집중), *Korean Speech-Language & Hearing Association*, 1, 87-122.
- Lix, L. M., Keselman, J. C., & Keselman, H. J. (1996). Consequences of assumption violations revisited: A quantitative review of alternatives to the one-way analysis of variance *F* test. *Review of Educational Research*, 66(4), 579-619.
- Lubar, J. O., & Lubar, J. F. (1984). Electroencephalographic biofeedback of SMR and beta for treatment of attention deficit disorders in a clinical setting. *Biofeedback and Self-Regulation*, 9, 1-25.
- Marks, D. F., & Isaac, A. R. (1995). Topographic distribution of EEG activity accompanying visual and motor imagery in vivid and non-vivid images. *British*

- Journal of Psychology*, 86(2), 271-282.
- Ministry of education and science technology (2009). *Development of Brain-Machine Interface (뇌-기계 접속장치 개발)*, Seoul: Ministry of Education and Science Technology, 56.
- Moon, Y. L., & Yoo, K. J. (2009). Validation of Korean diagnostic scale of multiple intelligence, (한국형 다중지능 진단도구의 타당화), *Korean Educational Psychology Association*, 23(3), 654-663
- Otmer, S. (1994). *A discussion of alpha/theta training and SMR/beta training and their respective roles*. Available from EEG Spectrum, Inc., 16100 Ventura Blvd, Suite 10, Encino, CA 91436.
- Park, H. J., Park, S. J., & Kim, C. J. (2005). A study on effects of sleep efficiency depending on 1/f fluctuation of sound (1/f 변동리듬이 수면에 미치는 영향), *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 24, 79-83.
- Ryu, S. I., & Sohn, Y. W. (2007). A review of sociocultural, behavioral, biochemical analyses on ABO blood-groups typology (혈액형 유형학 연구에 대한 개관: 사회문화적, 행동과학적 및 생화학 관점에서), *Korean Journal of Social and Personality Psychology*, 21(3) 27-55.
- Saul, J. P., Albrecht, P., Berger, R. D., & Cohen, R. J. (1988). Analysis of long-term heart rate variability: Method, 1/f scaling and implications. *Computers in Cardiology* (419-422), MD: IEEE Computers Society Press.
- Senkowski, D., & Herrmann, C. S. (2002). Effects of task difficulty on ERPs and evoked gamma activity in color discrimination task. *Clin. Neurophysiol*, 113(11), 1745-1753.
- Seo, C. S. (2005.7.12). This improves spatial intelligence music (음악이 공간적 지능 향상시켜), Hankyoreh Newspaper, soliber@hanmail.net.
- Shim, J. Y. (2012). Comparison of EEG characteristics between short and long-term practitioners during Qigong practice (기공숙련자와 비숙련자의 기공수련 시 두뇌 영역별 뇌파특성 비교), *The Journal of Korea Alliance of Martial Arts*, 14(3), 189-204.
- Sinohara Yusitosi (2006). *Auditory brain (聽覺腦)*, Seoul: Joongang Life History.
- Söderlund, G. B. W. (2007). Noise improves cognitive performance in children with dysfunctional dopaminergic neurotransmission. Doctoral Thesis in Psychology at Stockholm University, Sweden.
- Sohn, J. H., Lee, I. G., Kim, J. E., & Choi, S. S. (1998). The Effects of 1/f music on the psychophysiological responses induced by stressful visual stimulation (1/f 음악이 스트레스에 따른 정서 생리반응에 미치는 영향), *Korean Society for Emotion and Sensibility*, 1(1), 135-143.
- Wada, J., Clark, R., & Hamon, A. (1975). Hemispheric specialization and cognitive development: implications for mathematics education. *Archives of clinical Neuropsychology*, 32, 239-246.
- West, S. G., Finch, P. J., & Curran, P. J. (1995). Structural equation models with nonnormal variables: Problems and remedies. Hoyle, R. H. (Ed), *Structural equation modeling: Concepts, issues and applications*, 56-75.
- Yoon, K. M., & Yoo, S. H. (2008). Relationship between multiple intelligence and career maturity of the gifted in science and the average middle school students (과학영재 중학생과 일반 중학생의 다중지능과 진로 성숙도의 관계), *Korean Counseling Association*, 9(2), 517-536.
- Yoshida, T., Ohmoto, S., Kanamura, S. (1991). 1/f frequency-fluctuation of human EEG and emotional change. In: T. Musha, S. Sato, & M. Yamamoto (Eds.), *Proceedings of the international conference on noise in physical system and 1/f fluctuations* (pp.719-722), Tokyo: Ohmsha.
- 원고접수: 2013.08.06
수정접수: 2013.10.22
게재확정: 2013.11.05