Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 15, No. 1 pp. 547-554, 2014

http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.1.547

생산성향상을 위한 음원의 a지수에 관한 연구

유영조[1], 김명호[1*]
[1]가천대학교 건축설비공학과

A Study on the 'a' index of Sound source for Productivity improvement

Young-Jo Yoo[1] and Myung-Ho Kim[1*]
[1]Department of Building Equipment & System Engineering, Gachon University

요 약 본 논문에서는 3가지 음원의 a지수가 피험자에게 미치는 영향과 피험자의 안정성, 집중력 및 생산성을 향상 시킬 수 있는 최적의 음원의 a지수를 찾기 위한 연구를 하였다. 피험자는 건강상태를 점검하여 남자 5명과 여자 5명의 대학생 10명으로 선별하였고 실험기간은 약 2달간 진행되었다. 뇌파(EEG), 심박동변이(HRV) 및 진동이미지를 측정하여 안정성, 집중력, 스트레스 및 심장박동의 변화를 분석하였다. 온도 25[℃], 상대습도 50[%], 조도 1.000[lux] 및 기류속도 0.02[m/sec]의 인공기후실 에서 음원의 a지수 a=1.106, a=1.749 및 a=2.227의 음원을 이용하여 측정하였다. 연구결과 a=1.106에서 음원에 노출되기 전에 비하여 상대 Sα파, 상대 $L\beta$ 및 상대 $M\beta$파가 활성화 되었으며 비대칭지수, 스트레스지수 및 심박변이도는 감소하였다. 따라서 변동리듬 a=1.106의 음원이 안정성, 집중력 및 생산성 향상과 스트레스 감소에 가장 효과적인 것을 알 수 있었다.

Abstract In this study, have researched 'a' index from three sound sources, effects on subject and finding optimal 'a' index, which can improve subject's stability, concentration and productivity. Check the health status of subjects who were selected 5 male and 5 female university students, and the period of this experiment was about two months. It were measured each subject's EEG, HRV and vibra image to analyze transition of stability, concentration, stress and heart beat. The results was measured in an environmental test room of temperature 25 [℃], the relative humidity 50 [%], illuminance 1,000 [lux] and air current speed 0.02[m/sec] with 'a' index of three sound sources which are a=1.106, a=1.749 and a=2.227. Results in a = 1.106 compared to before exposure, relative Sα wave, relative $L\beta$ wave and relative $M\beta$ wave have been revitalized, asymmetry index, stress and HRV have been decreased. Thus, to increase stability, concentration and productivity, also to decrease stress, changes in sound source of a=1.106 was found to be the most effective.

Key Words : EEG, 1/f fluctuation, HRV, Productivity, Vibra image

1. 서론

산업사회의 근로자는 극심한 경쟁과 과다한 업무에 노출되어 있고 다양한 사회 정서적 문제에 직면하고 있다. 이러한 근로자의 당면 문제는 대부분의 경우 높은 수준의 스트레스를 유발하며, 개인의 정신건강에까지 부정적인 영향을 미쳐 근로자의 삶의 질을 훼손하고 있다[1]. 미국심리학회(APA)는 현대인들의 스트레스 해소법 중 1위가 49%로 음악 감상이라고 밝혔다.

음악은 감정, 지각, 기억 및 행동 등 인간의 정서에 유용한 영향을 미치고 혈압, 맥박, 호흡 및 피부반응 등과 같은 생리적인의 변화를 유발하여 심리적 안정과 주의를 집중시키는 효과가 있다[2]. 자극적인 음악은 교감신경계를 자극하여 신체 에너지 증가 및 운동을 유발하고, 차분

본 논문은 2014년도 가천대학교 교내 연구비에 의한 결과임(GCU-2014-R002)
*Corresponding Author : Myung-Ho Kim(Gachon Univ.)
Tel: +82-31-750-5883 email: ibs@gachon.ac.kr
Received December 11, 2013 Revised (1st December 27, 2013, 2nd January 3, 2014, 3rd January 8, 2014)
Accepted January 9, 2014

한 음악은 부교감신경계의 반응을 활성화 시켜 행동을 온화하게 하며, 정신을 진정시키는 것으로 알려져 있으며[3], 특히 클래식 음악은 신경전달 과정에서 두뇌파장의 안정화를 유도하여 신체의 이완상태를 조성하고 나아가 집중력을 향상시키는 등 심리적 측면을 강화시키는 작용을 한다고 보고되고 있다[4]. 그러나 잘못된 음악 감상은 신체 면역력을 저하시킬 수 있다는 한국정신과학회의 연구 결과와 같이 음악은 인간의 정신뿐 아니라 신체에도 지대한 영향을 끼치고 있음에도 불구하고 음악과 인체에 관한 이해관계를 판단할 수 있는 객관적인 지표가 없다.

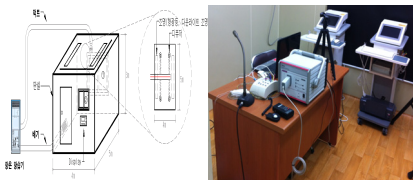
인간의 쾌적감과 음악과의 이해관계를 파악하기 위해 지금까지도 많은 연구가 진행되고 있다. 산새들의 소리, 낙엽 밟는 소리 및 계곡을 흘러내리는 시냇물 소리와 같이 자연의 소리들은 1/f 의 변동리듬을 포함하고 있기 때문에 스트레스를 줄여주고, 인공적으로 제작한 1/f 변동리듬 음악 역시 신체적 이완에 매우 효과적이며, 1/f 변동리듬 a지수가 “1"에 가까울수록 활성화되어 정신의 안정상태를 유발한다[5].

따라서 본 논문에서는 대뇌피질의 전기적 활동을 측정하여 뇌기능의 변화를 관찰하는 뇌파(Electro-encephalography, 이하 EEG)측정, 인체 자율신경계의 변화를 측정 하는 심박동변이도(Heart Rate Variability, 이하 HRV)검사 및 인체의 미세진동을 분석하는 진동이미지(Vibra image)측정을 활용하여 변동리듬 a지수변화에 따른 피험자들의 심리적 및 생리적인 반응의 차이를 분석함으로써 안정성, 집중력 및 생산성을 향상시키고 스트레스 감소에 가장 효과적인 최적의 a지수 음원을 찾고자 한다.

2. 실험방법

2.1 측정실의 조건

본 논문에서 사용한 측정실인 인공기후실의 구조는 Fig. 1의 (a)와 같이 4×5×3[m]이고, 내부 모습은 Fig. 1의 (b)와 같으며, 인공기후실의 제원은 Table 1과 같다.



(a) (b)

[Fig. 1] Structure of Environmental Test Room (a)schematic diagram (b)Interior Photograph

[Table 1] Specification of Environmental Test Room

classification	Environmental Test Room condition
Measuring Condition	Range of Adjustment and Error
Temperature	-10～40[℃] ± 0.5[℃]
Humidity	20～90[RH%] ± 3[RH%]
Illuminance	0～2000[lux] ± 3[lux]

2.2 피험자 조건

피험자 집단은 건강 상태를 점검하여 남자5명과 여자5명의 대학생 10명으로 선정하였으며, 피험자의 신체 조건은 Table 2와 같다.

피험자의 활동량은 열적으로 쾌적한 상태에서 의자에 앉아 안정을 취하고 있을 때의 활동량으로서 1met(metabolic rate:1met=58.2W/m^2)로 하였으며, 착의량 상태는 약 0.7clo(긴 양말 0.10, 팬티 0.05, 와이셔츠 0.25, 하절기용 긴 바지 0.28)로 통일하였다[6].

[Table 2] Physique Condition of Subject

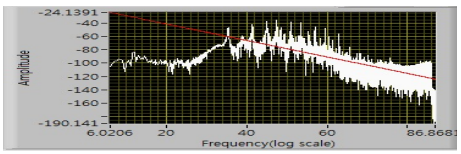
Subject		Physique Condition
Gender	Male	5
	Female	5
body condition	Age	20~28
	Height[cm]	150~180
	weight[kg]	43~80

2.3 음원의 변동리듬

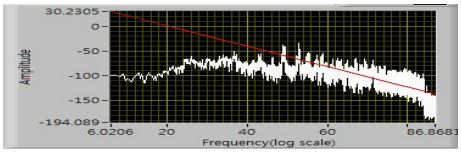
본 실험에서 사용한 음원은 재즈 Bellavia, 백색소음 White noise 및 클래식 G선상의 아리아를 선정하였다.

재즈 음악은 스트레스 감소 및 심신의 이완상태를 유도하는 특징이 있고[7], 백색소음 White noise는 집중력 및 인지능력 향상과 심신이 안정적일 때 활성화 되는 α파를 유도하는 특징이 있으며[8], 클래식 음악은 신체의 안정성, 이완상태 및 집중력 향상을 유도하는 특징이 있다[9].

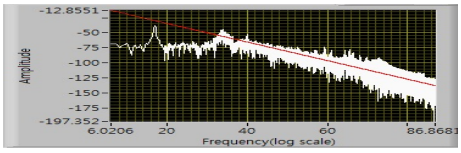
Bellavia, White noise 및 G선상의 아리아의 파워스펙트럼은 각각 Fig. 2의 (a), (b) 및 (c)와 같다.



(a)



(b)



(c)

[Fig. 2] Power spectrum of Sound source
(a) Power spectrum of Bellavia (b) Power spectrum of White noise (c) Power spectrum of Air on the G string

음원의 파워스펙트럼(P)이 다음 식과 같이 주파수(f)에 반비례하는 변동리듬(fluctuation)을 총칭하여 1/f 변동리듬이라고 하며, 파워스펙트럼의 형상을 log표시하였을 때, 일정한 기울기를 갖는 직선을 구할 수가 있다[10].

$$P(f) = \frac{1}{f^a}$$

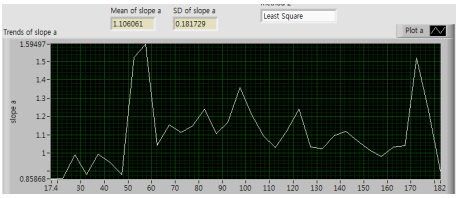
$$\log(P(f)) = \log(\frac{1}{f^a})$$
$$\log(P(f)) = -a \cdot \log(f)$$

$y = \log(P(f))$, $x = \log(f)$ 로 치환하여 정리하면 $y = -ax + b$ 와 같이 선형방정식의 형태를 띄게 되고, 최소자승법 방정식 $\sum_{i=1}^{n}(y_i - (ax_i + b))^2$ 을 이용하여 식(1), (2)와 같이 기울기 a와 y절편 b값을 구할 수 있으며, 여기서 기울기 a 지수가 변동리듬의 성질을 나타내는 1/f의 지수값 a가 된다[11].

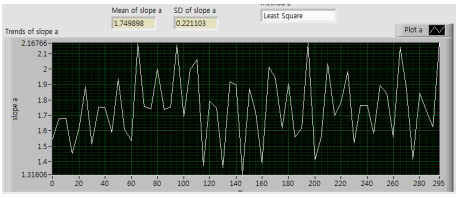
$$a = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\overline{y_i} - y)(x_i - \overline{x})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2} \qquad \text{식(1)}$$

$$b = \overline{y} - a\overline{x} \qquad \text{식(2)}$$

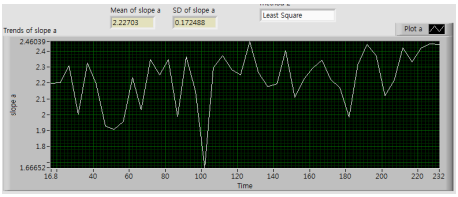
따라서, 상기의 식 (1)과 (2)를 LabVIEW(National Instrument Inc.)로 프로그래밍하여 제작한 변동리듬 판정 프로그램으로 Fig. 2의 (a), (b) 및 (c)의 파워스펙트럼을 측정하면 각 음원의 a지수는 Fig. 3의 (a), (b) 및 (c)와 같이 Bellavia a=1.106, White noise a=1.749 및 G선상의 아리아 a=2.227이 된다.



(a)



(b)



(c)

[Fig. 3] a index of Sound source
(a) a index of Bellavia (b) a index of White noise (c) a index of Air on the G string

2.4 생체반응측정 및 분석

2.4.1 생체반응측정

생체반응측정은 피험자 1명당 눈을 감은 상태에서 기초율동의 EEG, HRV 및 진동이미지를 각각 5분간 동시에 측정하였고 실험기간은 약 2달간 진행하였다.

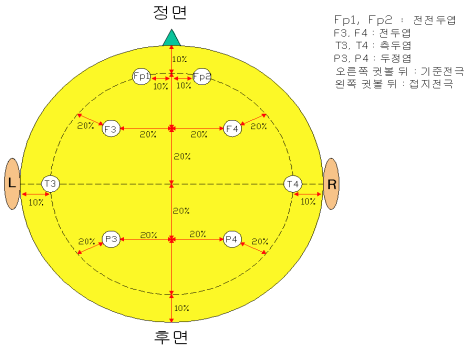
인공기후실의 조건은 미국 공기조화 냉동공학회의 쾌적 범위[12]를 만족하는 온도 25[℃], 상대습도 50[RH%], 조도 1,000[lux] 및 기류속도 0.02[m/sec]의 동일한 조건에서 3가지 음원의 a지수 변화에 따른 인체의 EEG, HRV 및 진동이미지 측정을 통하여 안정성, 집중력 및 생산성을 향상 시킬 수 있는 최적의 a지수 음원을 찾기 위한 실험을 하였다.

2.4.2 뇌파측정

EEG측정은 PolyG-I(LAXTHA Inc.)를 활용하여 측정하였고, 국제 전극 배치법인 International 10-20 System(Fig. 4)에 의해 전전두엽(Fp1, Fp2), 전두엽(F3, F4), 측두엽(T3, T4), 두정엽(P3, P4)에 뇌파 측정 전극을 부착하였다. 오른쪽 귓불 뒤에 기준전극을 부착하였고, 왼쪽 귓불 뒤에 접지전극을 부착하였다[13].

원반형 전극과 두피의 접촉력을 높이기 위하여 알코올

로 두피의 이물질을 닦아 낸 후, 전극풀을 사용하여 두피에 고정하였으며, 실험 중에 전극풀이 굳지 않고 두피에 잘 붙어 있도록 거즈를 전극의 상부에 덮었다[14].



[Fig. 4] International 10-20 System

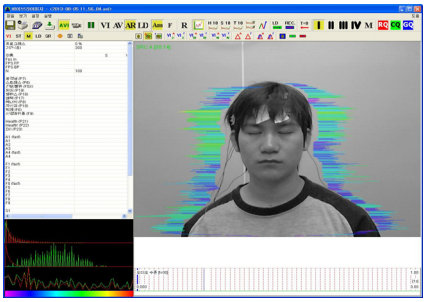
뇌파신호획득은 아날로그필터(0.6~46[Hz])를 통과한 아날로그신호를 표본화주파수256[Hz], 분해능 16Bit로 디지털 변환하여 이루어졌다. 신호획득과정에서의 장비의 제어와 획득후의 데이터분석은 본 실험실에서 자체 기획하여 프로그래밍언어 C++로 제작한 소프트웨어(Neurometric HMI)를 이용하여 수행하였다.

2.4.3 스트레스 및 HRV 측정

스트레스 및 HRV측정은 SA-3000P(Medicore.co)를 사용하여 좌측 손목, 우측 손목 및 좌측 발목에 각각 전극을 부착시킨 후 안정상태에서 5분간 측정하였다.

2.4.4 진동이미지 측정

자율신경계, 호흡 및 심혈관계 등의 조절에 영향을 미치는 전정계의 전정기관은 감정반사(Vestibular Emotional Reflex)의 미세한 진동을 표현하는데, 진동이미지(Vibra image)는 초당 12~15프레임의 입력 주파수를 가진 카메라로 Fig. 5와 같이 이러한 전정기관의 미세한 진동으로부터 비롯되는 사람의 머리와 목의 미세 움직임을 측정하여 주파수와 진폭의 주기적인 진동움직임에 따라 스트레스(Stress), 밸런스(Balance), 긴장/불안(Tension/Anxiety) 및 공격성(Aggression)의 4가지 파라미터를 Vibra image7 S/W로 분석하는 프로그램[15]으로써 민간항공에서 테러리스트를 인지하거나 의심자의 거짓말 탐지를 확인 하는데 사용되는 방법이다[16].



[Fig. 5] Vibra image measurement monitor

2.4.5 통계

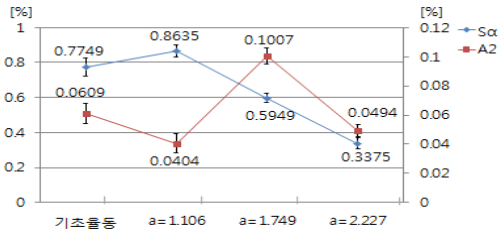
통계는 두 개 이상 다수의 집단을 비교하고자 할 때 집단 내의 분산 또는 집단 간의 분산을 비교하여 가설검정을 하는 방법인 분산분석(Analysis of Variance, 이하 ANOVA)방법을 이용하였다.

3. 실험 결과

3.1 음원의 a지수변화에 따른 뇌파의 안정도 변화

음원의 a지수가 변화됨에 따라 상대 Sα파 (8~11[Hz])와 비대칭지수 A_2를 측정한 결과는 Fig. 6과 같다.

상대 Sα파(8~11[Hz])는 명상상태와 심신이 안정된 상태에서 발생하며, 비대칭지수 A_2는 좌·우뇌의 상대 α파 활성도 차이를 이용하여 나타낸 것으로써 긍정의 감성에서는 좌뇌의 상대 α파가 활성화되고 부정의 감성에서는 우뇌의 상대 α파가 활성화되는데[17], 긍정과 부정의 감성이 균형을 이루게 되면 그 비대칭지수 A_2가 "0"에 가까워져서 감성적으로 안정된다[18].



[Fig. 6] Activity Variation of Relative Sα wave and A_2 due to a index of Sound source Variation

따라서, Fig. 6과 같이 음원의 a지수가 변화됨에 따라 상대 Sα파가 a=1.106에서 0.8635[%]로 가장 높게 나타났으며, 비대칭치수A_2가 0.0404로 "0"에 가장 근접하게 측정됨으로써 a=1.106이 감성 및 심신안정에 가장 효과적인 a지수 음원이라고 판단된다.

상대 Sα파 ANOVA 통계검증 결과는 Table 3과 같이

유의확률(P) 값이 0.053* 으로 0.1보다 작기 때문에 통계적으로 유의미함을 알 수 있다.

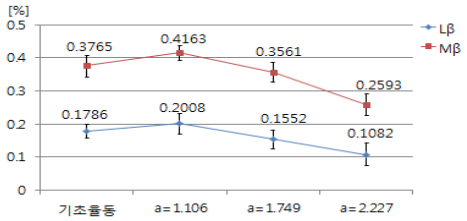
[Table 3] Statistical Analysis of Relative Sα wave

ANOVA of Relative Sα wave	
Sum of Suares	0.094
DF	24
Mean Suare	0.011
F Value	3.882
Pr > F	0.053*

*P<0.1

3.2 음원의 a지수변화에 따른 뇌파의 집중도 변화

음원의 a지수가 변화됨에 따라 상대 $L\beta$파(13~20[Hz])와 상대 $M\beta$파(15~20[Hz])를 측정한 결과는 Fig. 7과 같다. 상대 $L\beta$파는 사물을 인식하고 판단할 때의 활동파이며, 상대 $M\beta$파는 의식적인 행동이나 작업을 할 때 활발히 발생되는 파형이다[19].



[Fig. 7] Activity Variation of Relative $L\beta$ wave and Relative $M\beta$ wave due to a index of Sound source Variation

[Table 4] Statistical Analysis of Relative $M\beta$ wave

ANOVA of Relative $M\beta$ wave	
Sum of Suares	0.015
DF	24
Mean Suare	0.002
F Value	5.411
Pr > F	0.031**

**P<0.05

[Table 5] Statistical Analysis of Relative $L\beta$ wave

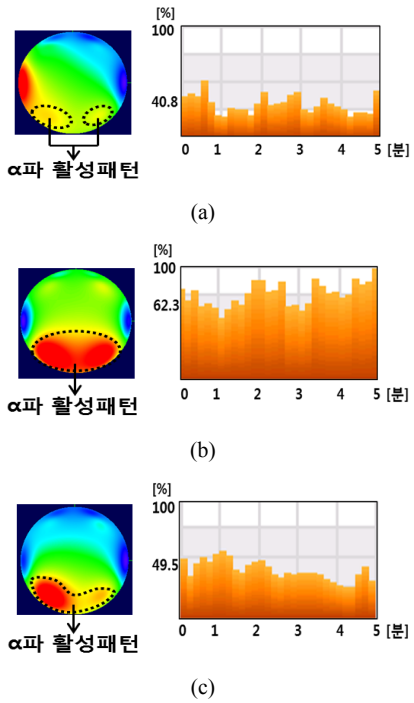
ANOVA of Relative $L\beta$ wave	
Sum of Suares	0.005
DF	24
Mean Suare	0.001
F Value	5.075
Pr > F	0.009**

**P<0.05

음원의 a지수가 변화됨에 따라 기초율동에 비하여 상대 $L\beta$파가 a=1.106에서 0.4163[%]로 가장 높았으며, 상대 $M\beta$파에서도 a=1.106에서 0.2008[%]로 가장 높은 것으로 미루어 a=1.106이 집중력 향상에 가장 효과적인 a지수 음원이라고 판단된다.

상대 $L\beta$파의 ANOVA 통계검증 결과는 Table 4와 같이 유의확률(P)값이 0.031** 으로써 0.05보다 작기 때문에 통계적으로 유의미함을 알 수 있으며, 상대 $M\beta$파의 통계검증 결과는 Table 5와 같이 유의확률(P)값이 0.009** 로 0.05보다 작기 때문에 통계적으로 유의미함을 알 수 있다.

눈을 감은 폐안시 심신의 안정과 집중력이 향상 되면 후두엽에서 α파(8~13[Hz])가 활성화 되는데[20], Fig. 8에서 (b) a=1.106의 음원에 비하여 (a) a=2.227음원과 (c) a=1.749의 음원에서는 후두엽의 α파 활성 패턴이 감소되는 것을 볼 수가 있으며, 집중도 패턴 또한 (b) a=1.106의 음원은 62.3[%]를 유지하는 것에 비하여 (c) a=1.749 음원은 49.5[%]와 (a) a=2.227 음원은 40.8[%]를 유지하여 집중도 패턴이 감소되는 것을 볼 수가 있다.

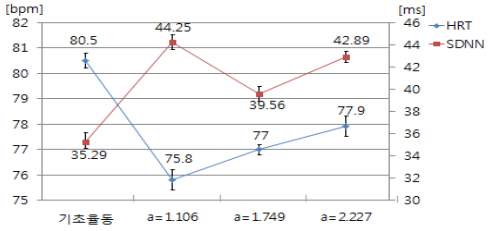


[Fig. 8] Variation of Brain Mapping and Concentrative pattern due to a index of Sound source Variation (a) Brain Mapping and Concentrative pattern of a=2.227 (b) Brain Mapping and Concentrative pattern of a=1.106 (c) Brain Mapping and Concentrative pattern of a=1.749

3.3 음원의 a지수 변화에 따른 심박동 변화

음원의 a지수가 변화됨에 따라 심장의 평균 심박동수(Mean Heart rate, 이하 HRT)와 심박변이도 표준편차(standard deviation of all the normal RR intervals, 이하 SDNN)를 측정한 결과는 Fig. 9와 같다.

HRT는 분당 평균 심박동수로 심장이 안정적일수록 그 수치가 낮으며, SDNN은 심장 1회 박동의 R-R 간격을 시간의 범위로 표준편차를 구하는 심박변이도 표준편차로써 그 수치가 클수록 건강하고 안정된 상태이다[21].

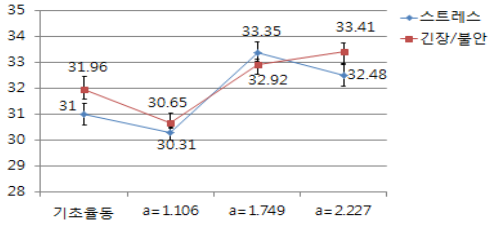


[Fig. 9] Variation of HRT and SDNN due to a index of Sound source Variation

Fig. 9와 같이 음원의 a지수가 변화됨에 따라 기초율동에 비하여 a=1.106에서 HRT가 75.8[bpm]으로 가장 낮아지며 SDNN 역시 기초율동에 비하여 44.25[ms]로 가장 높아지게 되므로 a=1.106이 심장이 안정적이고 건강한 상태를 유지하는데 가장 효과적인 a지수 음원이라고 판단된다.

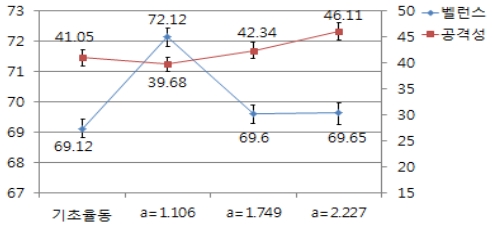
3.4 음원의 a지수 변화에 따른 진동이미지 변화

진동이미지 변화 에서는 스트레스(Stress), 밸런스(Balance), 긴장/불안(Tension/Anxiety) 및 공격성(Aggression) 4가지를 분석하였고, 그 결과는 Fig. 10, Fig. 11과 같다.



[Fig. 10] Variation of Stress and tension / anxiety due to a index of Sound source Variation

Fig. 10과 같이 음원의 a지수가 변화됨에 따라 스트레스는 기초율동에 비하여 a=1.106에서 30.31로 가장 낮아지고, 긴장/불안 역시 a=1.106에서 30.65로 가장 낮아지게 되므로 a=1.106이 스트레스 및 긴장/불안 저감에 가장 효과적인 a지수 음원이라고 판단된다.



[Fig. 11] Variation of Balance and Aggression due to a index of Sound source Variation

Fig. 11과 같이 음원의 a지수가 변화됨에 따라 밸런스는 기초율동에 비하여 a=1.106에서 72.12로 가장 높아지고, 공격성 역시 기초율동에 비하여 a=1.106에서 39.68로 가장 낮아지게 되므로 a=1.106이 인체의 정신건강상태의 밸런스와 공격성 저감에 가장 효과적인 a지수 음원이라고 판단된다.

EEG, HRV 및 Vibra image 분석결과는 Table 6과 같다.

[Table 6] results of the analysis

classification		optimum a index
EEG	Relative Sα wave	a=1.106
	A_2	a=1.106
	Relative $L\beta$ wave	a=1.106
	Relative $M\beta$ wave	a=1.106
HRV	HRT	a=1.106
	SDNN	a=1.106
Vibra image	Stress	a=1.106
	Tension/Anxiety	a=1.106
	Balance	a=1.106
	Aggression	a=1.106

4. 결론

온도 25[℃], 상대습도 50 [RH%], 조도 1000[lux] 및 기류속도 0.02[m/sec]의 실내조건인 인공기후실에서 a=1.106, a=1.749 및 a=2.227의 a지수 음원변화에 따른 피험자들의 EEG, HRV 및 진동이미지를 측정 및 분석하였다.

a=1.106이 a=1.749와 a=2.227에 비하여 심신안정, 집중력, 심장안정 및 밸런스가 가장 높아지고 스트레스, 긴장/불안 및 공격성이 가장 감소하는 것을 알 수 있었다.

α파를 유도하는 클래식음악을 활용한 선행연구들을 살펴보면 Allen & Blascivich, Zimmerman, Pierson &

Marker 등은 클래식음악이 다른 음악장르 보다 이완유도에 더 효과적이라고 보고하였으며[22,23], 김은영의 연구결과에서도 클래식음악이 긍정적인 정서와 긴장이완에 있어 가장 도움이 된다고 제시하였으나[24], 본 연구에서 음원을 a지수로 분류하여 실험을 진행 한 결과 변동리듬 a지수가 “1”에 가까운 재즈음원에서 심신안정 및 집중력 향상과 스트레스 및 긴장/불안 감소를 유도하여 생산성, 업무효율 및 쾌적성 향상에 더욱 효과적이라는 것을 알 수 있었다.

따라서 에너지이용합리화법에 의하여 불가피하게 실내온도를 여름 28[℃], 겨울 18[℃]로 유지하여야 한다면 변동리듬a지수 음원을 활용하여 근로자의 생산성, 업무효율 및 쾌적성을 향상시킬 수 있을 것이라 판단된다. 향후 더욱 다양한 음원의 a지수를 이용하여 연구가 이루어진다면 성별, 연령 및 계절에 따라 생산성, 업무효율 및 쾌적성을 향상시킬 수 있는 최적의 a지수 음원을 도출 할 수 있을 것이라 판단된다.

References

[1] S.C.Choi, H.W.Park “A study on the Effects of Employees' Socio-emotional Problems on Stress, Depression, and Self-esteem”, Korean Journal of Social Welfare, Vol.57, No.4, pp.177-196, 2005.

[2] J.A,Lee "The Effect of Synchronicity Music Meditation on Brain Waves and Psychological Change", The Graduate School of Changwon National University Kyungnam, Korea, pp.10-13, 2004.

[3] H.J.Park, S.J.Park, C.J.Kim "A Study on Effects of Sleep Efficiency Depending on 1/f Fluctuation of Sound", Journal of the Ergonomics Society of Korea, Vol. 24, No. 2 pp.79-83, 2005.
DOI: http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2005.24.2.079

[4] N,Y,Hwang "The Emotional and Academic Influence on Students through Listening to Music", The Graduate School of Education Mokwon University, pp.13-14, 2009.

[5] J.H.Shon, I.G.Yi, J.E.Kim, S.S.Choi "The Effects of 1/f Music on the Psychophysiological Responses Induced by Stressful Visual Stimulation", Korean Journal of The Science of Emotion & Sensibility, Vol.1, No.1, pp.135-143, 1998

[6] J.W.Choi, H.H.Lee, "The Relation between weight of single Garments and Thermal Insulation with a Thermal Manikin". The Korean Society of Clothing and Textiles, Vol.33, No2, pp.173-186, 2009.
DOI: http://dx.doi.org/10.5850/JKSCT.2009.33.2.173

[7] S,H,Jung "Relaxation music Effects on the cortisol saliva levels response of human body after stress response", The Graduate School of Music Therapy Sookmyung Women's University, pp.24, 2006.

[8] N,Y,Jang “The Effects of White Noise on the Gait Ability of Hemiplegia Patients during Circuit Balance Training”, The Graduate School of International University of Korea, pp.11-12, 2012

[9] B.Y.Park, “The Effects of Listening Classic Music on EEG Changes and Performances during Golf Putting", Department of Sports and Well-being, The Graduate School of Hanyang University, pp.2, 2012

[10] H.J.Kim, J.K.Lee, J.W.Lee, S.J.Cho " The sound quality evaluation of an air-conditioner based on consumer sensory evaluation", The Korean Society for Noise and Vibration Engineering, pp.630-633, 2007.

[11] S.H.Jin, W.S.Kim, G.Y.Noh "1/f scaling exponent of EEG depending on different sensitivities of behavioral activation and inhibition systems for young and elderly groups" Human life measurement group, korea research institute of standards and science, pp.415-422, 2005.

[12] ASHRAE Handbook Fundamentals, pp.8,12-8,20, 2001 SI Edition.

[13] M.H.KIM, "The Study about Variation of Physiology Signal based on EEG due to Variation of Illumination", The Korean Institute of Electrical Engineering, Vol.61p, No.1, pp.55-58, 2012.
DOI: http://dx.doi.org/10.5370/KIEEP.2012.61.1.055

[14] S.K.Park, G.S.Jang, K.Chan, et al,. "The Auditory and Visual Information Impacts on the Traffic Noise Perception by the using Electroencephalogram", The Korea Society for Noise and Vibration Engineering, No.2, pp.41-47, 2006.

[15] V. A. Minkin, N. N. Nikolaenko, “Application of Vibraimage Technology and System for Analysis of Motor Activity and Study of Functional State of the Human Body”, Vol.42, No.4, Biomedical Engineering, pp.196-200, 2008.
DOI: http://dx.doi.org/10.1007/s10527-008-9045-9

[16] V.A.Minkin "psycho-physiological state detection and non-contact long distance scanning system build", Elsys research report, pp.14-20, 2006.

[17] I.S.SEO, "A Study of Stability Evaluation Method Using EEG", Digital Contents Society, Vol.7, No.1, pp.47-48,52, 2006.

[18] R.J.Davidson, "Anterior cerebral asymmetry and the

nature of emotion", Brain and Cognition, Vol.20, pp.125-151, 1992
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/0278-2626(92)90065-T

[19] J.S.Tak, "EEG Differences between Gifted Students and Average Onces in Information Science", Korea National University of Education, pp.19, 2010.

[20] Y.J.Ahn, J.H.Yeon, K.S.Yoo, W.H.Lee "Spontaneous Potential analysis of the Psychophysiology effects of Color", Korea Society for Internet Information, Vol.7, No2, pp.565-569 2006.

[21] J.S.Park, "Study on the Effect of Acupuncture at Jeonjung (CV17) on the Heart Rate Variability in Healthy Adulus", Wonkwang University, pp.22-23, 2010.

[22] Allen, K.,& Blascivich, J "Effects of music on cardiovascular reactivity among surgeons", The Journal of the American Medical Association, pp.882-884. 1994.
DOI: http://dx.doi.org/10.1001/jama.272.11.882

[23] Zimmerman,L.M.,Pierson,M.A.& Marker,J "Effect of music on patient anxiety in the coronary care units", Heart Lung, Vol.17 No.5, pp.560-566. 1988.

[24] E,Y,Kim "The Effects of Musical stimulus on EEG spectra of listeners", The Graduate School of Music Therapy Sookmyung Women's University, pp.1-18, 2005.

유 영 조(Young-Jo Yoo) **[준회원]**

- 2013년 2월 : 가천대학교 건축설비공학과 졸업
- 2013년 3월 ~ 현재 : 가천대학교 대학원 건축설비공학과 석사과정

<관심분야>
건축설비

김 명 호(Myung-Ho Kim) **[정회원]**

- 1995년 2월 : 광운대 대학원 전기공학과 졸업 (공학박사)
- 1996년 2월 : 동경공업대학 전자물리학과 Post Doctor
- 2008년 2월 : CarnegieMellon대학 건축과 Visiting Scholar
- 2009년 3월 ~ 현재 : 가천대학교 건축설비공학과 정교수

<관심분야>
뇌파 기반 생체신호