

불쾌적인 실내 환경에서 쾌적성 향상을 위한 음원서비스 모델링

Sound Service Modeling for the Improvement of Amenity in Disamenity Environmental Space

김 정 민* · 김 명 호†
(Jung-Min Kim · Myung - Ho Kim)

Abstract - In this study, the three sounds effects on subjects due to EEG type, and it researched to find optimal sound to increase their amenity and productivity. EEG and HRV were compared and analyzed in the environmental test room by classifying subjects into two type: A and B. The condition of the environmental test room was in temperature 31[°C], relative humidity 50[RH%], air current speed 0.02[m/s] and illuminance 1000[lux] with setting up three different sounds which are U type sound, V type sound and Z type sound. The result of this study, at U type sound for A and B type, relative $M\alpha$ wave, relative $M\beta$ wave and $SEF50$ were revitalized. Also at Z type sound for A and B type, stress index, fatigue degree and HRT were decreased and SDNN was revitalized. Therefore U type sound is very effective to increase amenity, productivity and concentration, and Z type sound is very effective to decrease stress and fatigue degree.

Key Words : EEG, HRV, $M\alpha$ wave, $M\beta$ wave, $SEF50$

1. 서 론

국립기상연구소가 발표한 '서울의 기후변화'에 따르면 1908년부터 2007년까지 100년간 서울의 평균기온이 2.4°C 상승하여 지난 100년간 전 세계 평균상승기온에 비하여 약 3배 높은 수준이다. 이처럼 지속적으로 상승하고 있는 평균 기온으로 인하여 구조체복사열에 의한 건축물의 실내온도도 지속적으로 높아지고 있으나, 우리나라는 에너지융합리화법에 의해 냉방 시에 실내 온도를 평균 28°C 이상(오차범위 $\pm 0.5^\circ\text{C}$)으로 유지하도록 규정되어 있기 때문에 재실자가 많을 경우에는 공기조화가 행해짐에도 불구하고 실내 환경이 열악하여 쾌적성, 생산성 및 업무효율이 매우 떨어진다. 이처럼 실내 환경 인자가 인체에 미치는 영향을 파악하는 것은 생산성 향상에 중요한 의미를 갖고 있으나[1], 온도 및 습도를 규제하고 나날이 전력요금이 상승되고 있는 현 시점에서 쾌적하고 안락한 생활공간, 효율적인 작업환경 및 인간의 쾌적한 감성을 유발시키기 위하여 소리가 인체의 심리·생리적 효과에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다[2]. 소리가 인체 각 조직의 긴장완화에 매우 효과적이라는 사실은 세계 음악치료사들과 학자들의 임상 사례로 널리 알려져 있는 것과 같이 소리를 이용하여 실내 환경을 변화시켜 준다면 인체의 자율신경계를 제어함으로써 쾌적성, 생산성 및 업무효율이 향상되고 스트레스 및 피로도가 저감될 것이라고 생각한다[3].

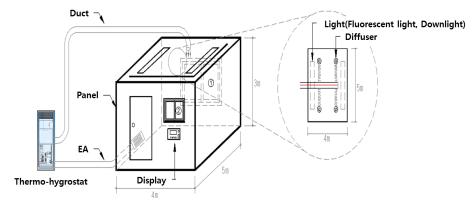
따라서 본 논문에서는 학습능력(Learning Ability)측정에 의한 집중도 패턴을 관찰하고 뇌파측정(Electroencephalography,

이하 EEG)과 심박동 변이도 검사(Heart Rate Variability, 이하 HRV)를 활용하여 온도 31[°C], 상대습도 80[RH%]의 매우 열악한 실내 환경에서 소리변화에 따른 인체의 심리적 및 생리적인 차이를 비교·분석함으로써 재실자의 쾌적성과 생산성을 향상시킬 수 있는 최적의 소리를 찾고자 한다.

2. 실험방법

2.1 측정실의 조건

본 논문에서 사용한 측정실인 향온·향습실의 구조는 그림 1의 (a)와 같이 4×5×3[m]이고, 내부 모습은 그림 1의 (b)와 같으며, 향온·향습실의 제원은 표 1과 같다.



(a) 구조도



(b) 내부 사진

그림 1 향온·향습실의 구조
Fig. 1 Structure of Environmental Test Room

* 준 회원 : 가천대학교 건축설비공학과 석사과정

† 교신저자, 정회원 : 가천대학교 건축설비공학과 교수

E-mail : ibs@gachon.ac.kr

접수일자 : 2013년 5월 8일

최종완료 : 2013년 5월 27일

표 1 향온·향습실의 제원

Table 1 Specification of Environmental Test Room

Measuring Condition	Range of Adjustment and Error
Temperature	-10~40[°C] ± 0.5[°C]
Humidity	20~90[RH%] ± 3[RH%]
Illuminance	0~2000[lux] ± 3[lux]

2.2 피험자 조건

본 실험의 피험자는 건강 상태를 점검하여 신체적으로 활동하는데 지장이 없는 남자 대학생 10명으로 선정하였으며, 피험자의 신체조건은 표 2와 같다.

피험자의 활동량은 쾌적한 열적 상태에서 의자에 착석해 안정을 취하고 있을 때의 활동량으로써 1met(metabolic rate: 1met=58.2 W/m²)로 하였으며, 착의량 상태는 약 0.7clo(긴 양말 0.10, 팬티 0.05, 와이셔츠 0.25, 하절기용 긴 바지 0.28)로 통일하였다[4].

표 2 피험자의 신체조건

Table 2 Physique Condition of Subject

	Age	Height[cm]	Weight[kg]
Range	25~28	175~185	65~80
Average	26.4	178.4	73
Standard Deviation	1.217	4.427	2.973

2.3 피험자 분류 조건

피험자는 표 3과 같이 건강한 남자 10명을 대상으로 평균

표 3 피험자의 분류 조건

Table 3 Classification Condition of Subject

Subject	Type of Subject	Grade	
Male 10 Persons	A Type 5 Persons	More than average 4.0	
		Average	4.23
		Standard Deviation	0.063
		Activation fo relative α wave in the occipital lobe	
	B Type 5 Persons	Less than average 2.5	
		Average	2.21
		Standard Deviation	0.186
		Activation fo relative α wave in the frontal lobe	

학습 성적을 기준으로 A타입 5명과 B타입 5명으로 분류하였다.

뇌파측정장비를 이용해 두 피험자 집단의 Brain Mapping은 그림 2의 (a)와 같이 A타입은 평균학점 4.0점 이상으로 심신의 안정과 집중력의 최대 상태를 가져오는 상대α파의 활성도가 후두엽에서 높은 유형이며[5] B타입은 그림 2의 (b)와 같이 평균학점 2.5점 이하로 전두엽에서 상대α파 활성도가 높은 유형으로 구분하였다.

집중도는 그림 3의 (a)와 같이 평균학점이 4.0점 이상인 A타입은 집중도가 90%이상을 유지하는 것을 볼 수 있으나 그림 3의 (b)와 같이 평균학점이 2.5점 이하인 B타입은 집중도가 50%를 상회하지 못한다. 따라서 본 논문에서는 평균 학점과 집중도가 높으며 후두엽에서 상대α파 활성도가 높은 유형을 A타입, 평균학점과 집중도가 낮으며 전두엽에서 상대α파 활성도가 높은 유형을 B타입으로 구분한다.

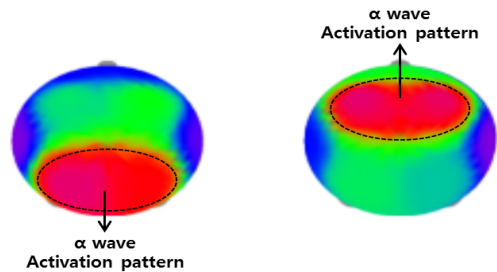


그림 2 A타입과 B타입 피험자의 브레인맵핑

Fig. 2 Brain Mapping of A type and B type

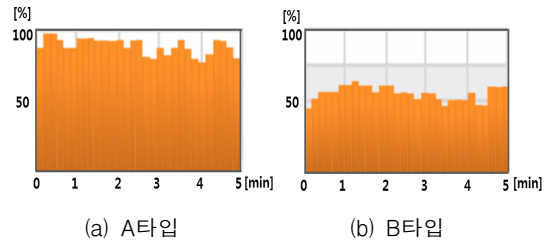


그림 3 A타입과 B타입 피험자의 집중도 패턴

Fig. 3 Concentration Pattern of A type and B type

2.4 음원선정조건

표 4와 같이 음원은 주파수에 따라 세 가지 유형으로 분류할 수 있으며, 세 가지 파형의 유형에 따라 인체에 미치는 영향이 다르다. U형의 파형을 지닌 음원은 주파수의 진폭이 깊고 파장이 긴 파형으로써 몸 속 깊숙이 진동이 전달되고 깊고 편안한 울림을 가지고 있고, V형의 파형을 지닌 음원은 주파수의 진폭이 중간이고 파장이 짧은 파형으로써 경쾌하고 발랄한 느낌을 지니고 있으며, Z형의 파형을 지닌 음원은 주파수의 진폭이 얇고 파장이 매우 짧은 파형으로써 약간 빠른 맥박의 진동과 유사하다[6].

음원의 주파수를 분석하는 프로그램인 미국의 True Audio사의 trueRTA 프로그램을 이용하여 표 5와 같이 U, V, Z 음악을 선별하였다.

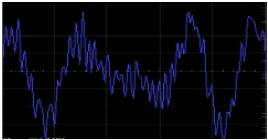
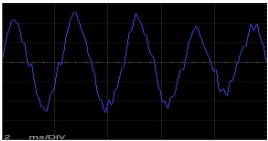
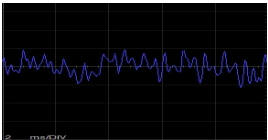
표 4 U, V, Z 음원의 정의

Table 4 Definition of U, V and Z sound

Type	Wave pattern	Amplitude	Wave
U	UUUU	↑ High & Deep	↔ Long
V	VVVV	↑ Middle & Staccato	↔ Middle
Z	WWW	↓ Short	↔ Short & Continuous

표 5 U, V, Z 음원선별

Table 5 U, V and Z Sound Selection

Type	Title of a song	Wave pattern
U	Bach : Concerto For Two Violins In D Minor 2st Movt.	
V	Mozart : Clarinet Concerto KV 622 No.2 Adagio	
Z	Lalo : Symphonie Espagnole in D minor op. 21	

1회당 5분간 측정하였으며, 국제전극배치법인 International 10-20 System(그림 4)에 의해 전전두엽(Fp1, Fp2), 전두엽(F3, F4), 측두엽(T3, T4), 후두엽(P3, P4)에 뇌파 측정 전극을 부착(그림 5)하였다. 오른쪽뒀볼과 뒷목(목덜미)의 기준 전극을 제외하고, 두뇌의 총 8 부위에 전극을 부착하여 8채널의 뇌파를 비교·분석하였다[8].

사용된 전극은 금박막 원반형 전극이며, 전극과 두피의 접촉력을 높이기 위하여 알코올로 두피의 이물질을 닦아 낸 후 전극판을 사용하여 두피에 고정하였으며, 실험 중에 전극 젤이 굳지 않고 두피에 잘 붙어 있도록 거즈를 전극의 상부에 덮었다[9].

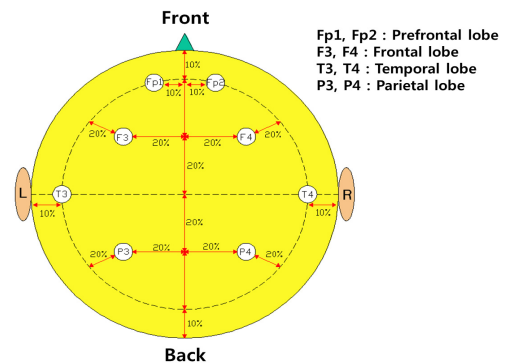


그림 4 국제전극배치법

Fig. 4 International 10-20 System



그림 5 뇌파 전극 배치

Fig. 5 EEG Electrode position

2.5 생체 반응 측정 조건 및 방법

2.5.1 생체 반응 측정 조건

본 연구는 에너지이용합리화법에 의하여 건축물의 실내온도가 지속적으로 높게 유지됨에 따라 실내 환경이 매우 열악하게 되어 재실자의 생산성 및 업무효율이 매우 떨어지기 때문에 측정실의 온도 및 상대습도를 실제 환경과 유사한 온도 31[°C], 상대습도 80[RH%]로 하였고, 조도 및 기류속도는 미국 공기조화냉동공학회(ASHRAE)의 쾌적 범위[7]를 만족하는 조도 1,000[lux], 기류 속도 0.02[m/sec]의 동일한 조건에서 음원유형에 따른 인체의 뇌파변화를 통해 쾌적성 및 생산성을 향상시킬 수 있는 최적의 음원을 찾기 위한 실험을 하였다.

실험에서 U형, V형 및 Z형의 음원을 변화시켰으며, 생체 반응측정은 피험자 1명당 눈을 감은 상태에서 기초율동의 EEG 및 HRV를 5분간 측정하였고, 눈을 뜬 상태에서 학습능력을 5분간 측정하였다.

2.5.2 뇌파 측정

뇌파 측정은 전문 생체신호계측장비인 PolyG-I(Laxtha Inc.)를 활용하였고, 정량적 뇌파분석을 위하여 분석단위 기반

2.5.3 학습능력 측정

학습능력은 신경생리학적 학습능력 검사 및 뇌파-바이오 피드백 훈련용 학습능력 소프트웨어인 LXSM3-1(Laxtha Inc.)를 활용하여 뇌파측정과 동일한 조건에서 뇌파측정 직후에 5분간 집중도 패턴을 관찰하였다.

2.5.4 스트레스 및 HRV 측정

스트레스 및 HRV (Heart Rate Variability, 이하 HRV)는 전문 자율신경계 균형 검사기기인 SA-6000(Medicore Co. Ltd., Korea)을 활용하여 측정하였고, 뇌파 측정과 동시에 진행하였으며, 좌측과 우측의 손목 및 좌측 발목에 전극을 착용한 상태에서 5분간 측정하였다.

2.5.5 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.

2.6 뇌파신호 분석

뇌파신호획득은 아날로그필터(0.6~46[Hz])를 통과한 아날로그신호를 표본화주파수 256[Hz], 분해능 16Bit로 디지털 변환하여 이루어졌다. 신호획득과정에서의 장비의 제어와 획득후의 데이터분석은 본 실험실에서 자체 기획하여 프로그래밍언어 C++로 개발한 소프트웨어 "Neurometric HMI"를 이용하여 수행하였다. Neurometric HMI는 Windows OS, 펜티엄 이상 환경에서 구동되며, 시계열 생체신호를 자동으로 처리할 수 있도록 설계되었다. 사용자가 분석할길 원하는 데이터의 임의구간을 선택할 수 있고, 미리 정해진 각종 주파수범위에 대하여 고속이산푸리에변환(FFT)을 수행하여 스펙트럼값을 추출하고 이를 다양한 표, 그래프 및 뇌전위지도로 표현한다.

3. 실험결과

3.1 음원유형에 따른 꺾적성 변화

음원유형에 따라 비대칭지수 A_2 와 상대 $M\alpha$ 파(10~11.99[Hz])를 측정된 결과는 그림 6, 7과 같다.

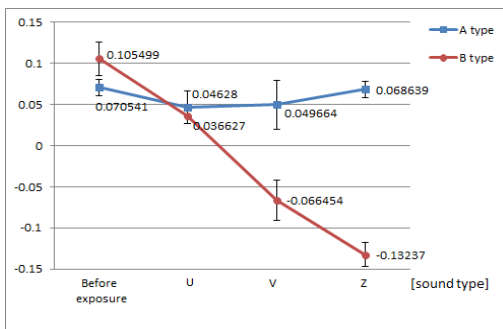


그림 6 음원유형에 따른 비대칭지수 A_2 변화
Fig. 6 Variation of A_2 Asymmetry due to Type of Sound

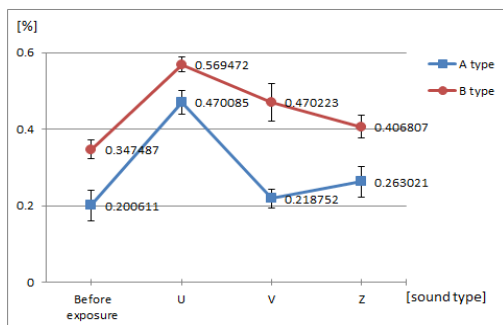


그림 7 음원유형에 따른 상대 $M\alpha$ 파 활성화도 변화
Fig. 7 Variation of Relative $M\alpha$ wave due to Type of Sound

비대칭지수 A_2 는 좌·우뇌의 상대 α 파 활성화도 차이를 이용하여 나타낸 것으로써 긍정의 감성에서는 좌뇌의 상대 α 파가 활성화되고 부정의 감성에서는 우뇌의 상대 α 파가 활성화되는데[10], 긍정과 부정의 감성이 균형을 이루게 되면 그 비대칭지수 A_2 가 "0"에 가까워져서 감성적으로 안정되며[11], 상대 $M\alpha$ 파는 깊은 명상, 정신 통일 및 심신이 안정된 상태에서 활성화된다[12]. 그림 6, 7과 같이 음원유형이 변화됨에 따라 A타입과 B타입 모두 음원에 노출되기 전에 비하여 U형 음원에서 비대칭지수가 각각 0.04628, 0.036627로 "0"에 가장 근접하며, 상대 $M\alpha$ 파 역시 음원에 노출되기 전에 비하여 U형 음원에서 A타입이 0.470085[%], B타입이 0.569472[%]로 가장 활성화되므로 U형 음원에서 심신과 감성이 가장 안정된다고 판단된다.

상대 $M\alpha$ 파의 ANOVA 통계검증 결과는 표 6과 같이 A타입과 B타입의 유의확률(P) 값이 각각 0.002**, 0.037**으로써 0.05보다 작기 때문에 통계적으로 유의미함을 알 수 있다.

표 6 상대 $M\alpha$ 파 통계분석

Table 6 Statistical Analysis of Relative $M\alpha$ wave

ANOVA of Relative $M\alpha$ wave		
	A Type	B Type
Sum of Suares	0.079	0.059
DF	19	19
Mean Suare	0.018	0.013
F Value	9.957	7.837
Pr > F	0.002**	0.037**

** $P < 0.05$

3.2 음원유형에 따른 집중력 변화

음원유형에 따라 상대 $M\beta$ 파(15~19.99[Hz])와 $SEF50$ (4~50[Hz])을 측정된 결과는 그림 8, 9와 같다.

상대 $M\beta$ 파는 의식적인 행동 및 일반적인 작업을 수행할 시에 활발히 발생하는 파형이며, $SEF50$ 은 인지부하도를 측정하는 지표로서 수치가 높을수록 인지능력이 높다고 판단한다[13]. 그림 8, 9와 같이 음원유형이 변화됨에 따라 A타입과 B타입 모두 음원에 노출되기 전에 비하여 U형 음원에서 상대 $M\beta$ 파가 각각 0.104558[%], 0.121211[%]로 가장 활성화되며, $SEF50$ 역시 음원에 노출되기 전에 비하여 U형 음원에서 A타입이 75.695313[%], B타입이 82.298177[%]로 가장 높아지게 되므로 U형 음원에서 집중력과 인지능력이 가장 높아진다고 판단된다.

상대 $M\beta$ 파의 ANOVA 통계검증 결과는 표 7과 같이 A타입과 B타입의 유의확률(P) 값이 각각 0.024**, 0.007**으로써 0.05보다 작기 때문에 통계적으로 유의미함을 알 수 있으며, $SEF50$ 의 ANOVA 통계검증 결과는 표 8과 같이 A타입과 B타입의 유의확률(P) 값이 각각 0.025**, 0.077*으로써 0.05와 0.1보다 작기 때문에 통계적으로 유의미함을 알 수 있다.

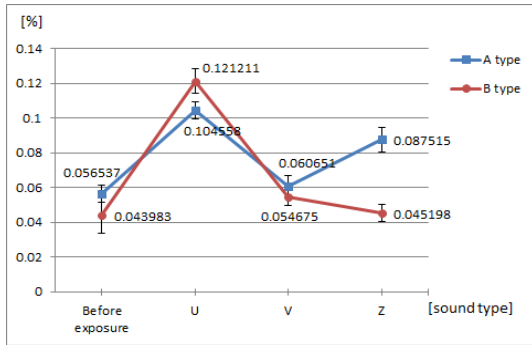


그림 8 음원유형에 따른 상대 Mβ파 활성도 변화
Fig. 8 Variation of Relative Mβ wave due to Type of Sound

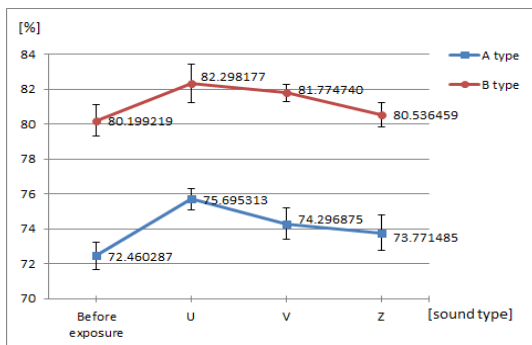


그림 9 음원유형에 따른 SEF50 활성도 변화
Fig. 9 Variation of SEF50 due to Type of Sound

표 7 상대 Mβ파 통계분석

Table 7 Statistical Analysis of Relative Mβ wave

ANOVA of Relative Mβ wave		
	A Type	B Type
Sum of Suares	0.002	0.002
DF	19	19
Mean Suare	0.0004	0.0004
F Value	5.908	6.810
Pr > F	0.024**	0.007**

** P < 0.05

표 8 SEF50 통계분석

Table 8 Statistical Analysis of SEF50

ANOVA of SEF50		
	A Type	B Type
Sum of Suares	40.566	32.337
DF	19	19
Mean Suare	6.348	4.338
F Value	4.980	3.476
Pr > F	0.025**	0.077*

** P < 0.05, * P < 0.1

3.3 음원유형에 따른 스트레스 변화

음원유형에 따라 스트레스와 피로도를 측정 한 결과는 그림 10, 11과 같다.

스트레스 지수는 육체적, 정신적인 긴장, 불안 및 흥분 상태를 이겨낼 수 있는 저항지수로써[14] 수치가 높을수록 피로감이 증가하며, 피로도는 수치가 높을수록 과도한 스트레스를 받는 것으로써 서로 상관관계를 갖는다[15].

쾌적한 실내 환경이 재실자의 상태불안과 스트레스반응을 완화시키는데, 그림 10, 11과 같이 음원유형이 변화됨에 따라 A타입과 B타입 모두 음원에 노출되기 전에 비하여 Z형 음원에서 스트레스 지수가 각각 93, 100.7로 가장 감소하며, 피로도 역시 음원에 노출되기 전에 비하여 Z형 음원에서 A 타입이 88.5[%], B타입 110.5[%]로 가장 감소되므로 Z형 음원에서 스트레스와 피로도가 가장 낮아진다고 판단된다[16].

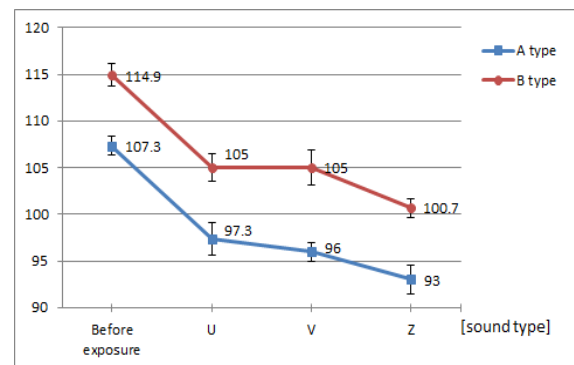


그림 10 음원유형에 따른 스트레스 지수 변화
Fig. 10 Variation of Stress Index due to Type of Sound

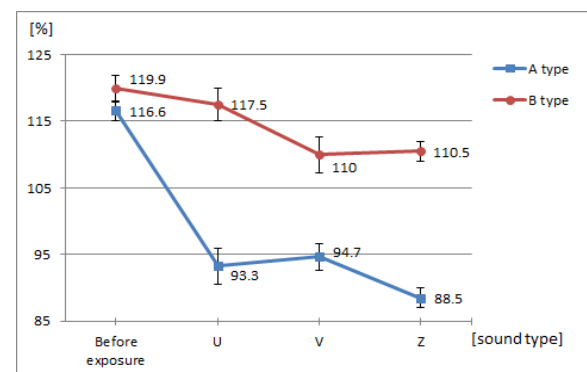


그림 11 음원유형에 따른 피로도 변화
Fig. 11 Variation of Fatigue Degree due to Type of Sound

3.4 음원유형에 따른 심장박동의 변화

음원유형에 따라 심장의 평균심박동수(Mean Heart rate, 이하 HRT)와 심박변이도 표준편차(standard deviation of all the normal RR intervals, 이하 SDNN)를 측정 한 결과는 그림 12, 13과 같다.

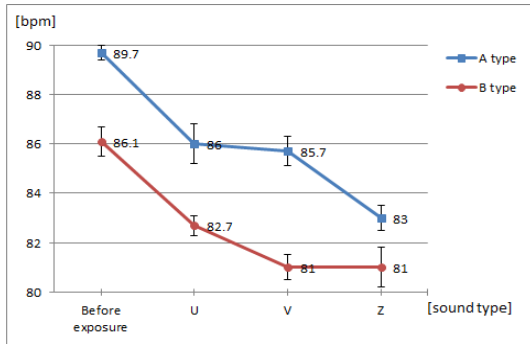


그림 12 음원유형에 따른 HRT 변화
Fig. 12 Variation of HRT due to Type of Sound

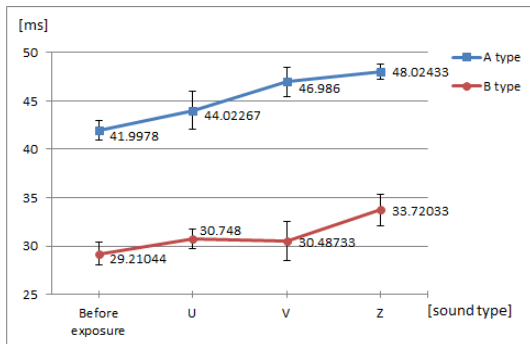


그림 13 음원유형에 따른 SDNN 변화
Fig. 13 Variation of SDNN due to Type of Sound

HRT는 분당 평균심박동수로써 심장이 안정적일수록 그 수치가 낮으며, SDNN은 심장 1회 박동의 R-R 간격을 시간의 범위로 표준편차를 구하는 심박변이도 표준편차로써 그 수치가 클수록 건강하고 안정된 상태이다[17]. 그림 12, 13과 같이 음원유형이 변화됨에 따라 A타입과 B타입 모두 음원에 노출되기 전에 비하여 Z형 음원에서 HRT가 각각 83[bpm], 81[bpm]으로 가장 낮아지며, SDNN 역시 음원에 노출되기 전에 비하여 Z형 음원에서 A타입이 48.02433[ms], B타입이 33.72033[ms]으로 가장 높아지게 되므로 Z형 음원에서 심장이 가장 안정적이고 건강한 상태를 유지한다고 판단된다.

3.5 음원유형에 따른 생체지표분석

A타입과 B타입이 음원에 노출되기 전과 U형 음원, V형 음원 및 Z형 음원 중 쾌적성과 집중력에 가장 효과적인 음원인 U형 음원과 스트레스와 심장박동 변화에 가장 효과적인 음원인 Z형 음원에 노출되었을 경우를 비교한 결과는 그림 14와 같다.

음원에 노출되기 전에 비하여 U형 음원에 노출되었을 때 A타입은 상대 $M\alpha$ 와 57.3% 증가, $SEF50$ 4.5% 증가하였고, B타입은 상대 $M\alpha$ 와 63.9% 증가, $SEF50$ 2.6% 증가하였으며, 음원에 노출되기 전에 비하여 Z형 음원에 노출되었을 때 A타입은 스트레스 지수 15.4% 감소, SDNN 14.3%가 증가하였고, B타입은 스트레스 지수 14.1% 감소, SDNN 15.4%가

증가하였다. 따라서 음원에 노출되기 전보다 U형 음원에 노출되었을 때 심신이 안정되고 집중력이 향상되며, Z형 음원에 노출되었을 때 스트레스가 저감되고 인체가 건강해지는 것을 알 수 있었다.

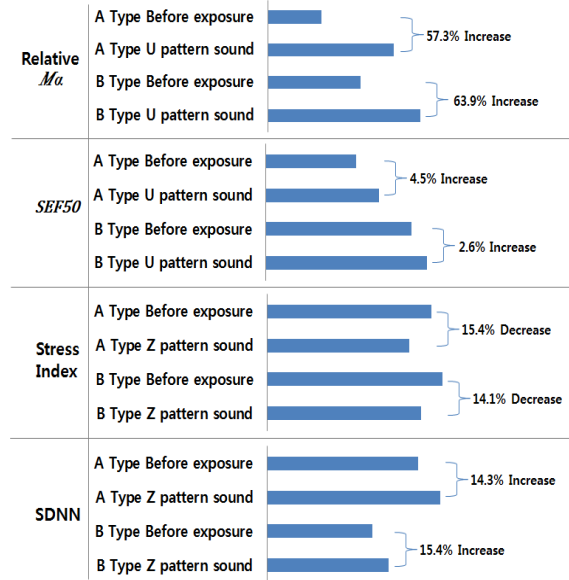


그림 14 음원유형에 따른 A타입과 B타입의 생체지표 변화
Fig. 14 Variation of Physical Index of A Type and B type due to Type of Sound

4. 결 론

온도 31[°C], 상대습도 80[RH%], 조도 1,000[lux] 및 기류 속도 0.02[m/sec]의 상대적으로 불쾌적인 조건의 향온·향습실에서 U형 음원, V형 음원 및 Z형 음원을 이용하여 실내 환경이 변화되는 조건에서 피험자들을 A타입과 B타입으로 분류하여 뇌파(EEG), 학습능력 및 심박동변이(HRV)를 측정하여 쾌적성, 집중력, 스트레스 및 심장박동의 변화를 분석하였다.

연구결과 A타입과 B타입의 피험자들의 선호도는 U형 음원, Z형 음원, V형 음원 순으로 나타났으며, U형 음원에 노출되었을 때 심신 안정과 집중력이 가장 높아지고, Z형 음원에 노출되었을 때 스트레스 및 피로도가 가장 많이 감소하여 건강한 상태를 나타내었다. 또한 뇌파의 유형에 관계없이 선호하는 최적의 음원은 동일하였으나, 3가지 음원으로 국한시킨 점을 미루어 향후 더욱 다양한 음원을 이용하여 연구 및 고찰이 이루어진다면 뇌파의 유형에 따라 선호하는 음원의 유형이 다를 것이라 판단된다.

따라서 에너지이용합리화법에 의하여 실내 온도를 불가피하게 28°C로 유지해야 할 경우에 공간의 목적과 재실자의 심리상태를 고려하여 음원의 유형을 선정하여 준다면 불쾌적인 환경에서의 생산성 저하를 방지 할 수 있으며, 나아가 향후에는 뇌파유형 및 다양한 음원유형으로 분류하여 쾌적성, 집중력 및 생산성을 향상시킬 수 있는 실내 환경 조건을 확립함으로써 서비스모델과 사용자의 심리상태를 고려한 맞춤형 설계 및 시공이 이루어져야 한다고 사료된다.

참 고 문 헌

[1] S.T.Kim, Y.S.Kim, S.Y.Chin, "Relationship Between Construction Productivity and the Weather Elements in the Reinforced Concrete Structure for the High-rise Apartment Buildings", Korea Institute of Construction Engineering and Management, Vol.5, No.6, pp.80-90, 2004.

[2] B.C.Min, S.C.Chung, S.G.Kim, et al., "The Assessment of Odors Using EEG and Autonomic Responses", Korean Journal of The Science of Emotion & Sensibility, Vol.2, No.2, pp.1-10, 1999.

[3] Y.H.Lee, "A Study on the Music Therapy Against Stress", Kyung Hee University, pp.32, 2001.

[4] J.W.Choi, H.H.Lee, "The Relationship between Weight of Single Garments and Thermal Insulation with a Thermal Manikin", The Korean Society of Clothing and Textiles, Vol.33, No.2, pp.173-186, 2009.

[5] Y.J.Ahn, J.H.Yeon, K.S.Yoo, W.H.Lee, "Spontaneous Potential analysis of the Psychophysiology effects of Colo", Korean Society for Internet Information, Vol.7, No.1, pp.568, 2006.

[6] H.J.Yong, S.K.Ahn, S.M.Kang, et al., "The Effects of Sound Wave Pattern on the Electroencephalography Changes in Sound Therapy", Korea Society for Aesthetics and Cosmetology, Vol.5, No.2, pp.33, 2007.

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

[8] 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.

[9] 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.

[10] I.S.Seo, "A Study of Stability Evaluation Method Using EEG", Journal of Digital Contents Society, Vol.1, No.1, pp.47-48, 2006

[11] R.J.Davidson, "Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion", Brain and Cognition, Vol.20, pp.125-151, 1992.

[12] M.H.Kim, "Comparison of Psychological and Physiological Differences of Human due to the EEG Type Scent", Journal of the Korea Academia-Industrial, Vol.14, No.1, pp.418-425, 2013.

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

[14] S.K.Ahn, K.J.Bak, "The Effect of Brainwave Traing on Students' Academic Achievement and Ability of Resisting Stress - for the Primary Student", The

Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol.10, No.10, pp.2953, 2009.

[15] C.H.Chung, "Relationships between Stress and Fatigue of the Nurses in the Operating Room", Chon-nam National University, pp.18, 2009.

[16] Y.R.Choi, "The effect of indoor environment factors on occupants' stress and state anxiety in the combined environment", Yonsei University, pp.97, 2007.

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

감사의 글

이 논문은 2013년도 가천대학교 교내 연구비에 의한 결과임(GCU-2013-R134).

저 자 소 개



김 정 민 (金 延 政)

1987년 11월 16일생
 2012년 02월 가천대학교 건축설비공학과 졸업, 2012년 02월~현재 가천대학교 대학원 건축설비공학과 석사과정
 Tel : 031-750-8948
 Fax : 031-750-5314
 E-mail : 0182096768@hanmail.net



김 명 호 (金 名 鎬)

1963년 05월 11일생
 1995년 광운대 대학원 전기공학과 졸업 (공학박사), 1996년 동경공업대학 전자물리학과 Post Doctor, 2008년 CarnegieMellon 대학 건축과 Visiting Scholar, 2009년 가천대학교 건축설비공학과 정교수
 관심분야 : 뇌파 기반 생체신호
 Tel : 031-750-5882
 Fax : 031-750-5314
 E-mail : ibs@gachon.ac.kr