

음향진동장치에 의한 인체의 스트레스 저감 효과 The Effect of Stress Reduction of Human Body by the Vibroacoustic Equipment

문덕홍 · 김영완

D. H. Moon and Y. W. Kim

Key Words : Relaxation(긴장완화), Electroencephalogram(뇌파), Stress reduction(스트레스 저감), Acoustic vibration(음향진동), Vibroacoustic stimulation(음향진동자극)

Abstract : The present study describes the effects of music and vibroacoustic stimuli to the relaxation of human body. We have carried out the experiment on 6 human subjects of which are composed 3 men and 3 women. We have investigated the electroencephalogram(EEG) of all subjects before and after the stimuli of which are made a strong noise or the meditation music and the acoustic vibration. The vibroacoustic device has transmitted meditation music as vibration between 20Hz and 250Hz to the body. From the experimental results, we made sure the effects that the meditation music and vibroacoustic stimuli influenced the stress reduction of human body for good as alpha wave was increased continuously during the good stimuli and after that.

기호설명

- δ : 델타파 (Hz)
- θ : 세타파 (Hz)
- α : 알파파 (Hz)
- SMR : 감각운동리듬 (Hz)
- β : 베타파 (Hz)
- γ : 감마파 (Hz)

1. 서 론

우리는 빠르고 복잡한 현대의 일과 속에서 매일 육체적·정신적으로 상당한 긴장감과 스트레스를 받으며 생활하고 있다.

이러한 긴장감과 스트레스는 적절한 시기에 적절한 방법으로 해소되지 않고 축적되면, 정신적 또는 신체적 장애나 질병의 원인이 될 수 있다.

이 연구에서는 인체에 대한 음악과 음향진동에 의한 자극을 주어 긴장감의 완화에 미치는 영향을 실험적으로 고찰한다.

이 분야의 연구는 음악 또는 음향진동의 자극을 이용하여 질병의 치유에 적용한 임상례를 보고하고 있고, 음악요법 및 음향·진동 요법 등으로 알려져 있다.^{1), 2)}

음악 또는 음향진동의 자극을 이용하여 질병의 치유에 적용한 임상례로서, 음악요법은 고대 이집트시대까지 거슬러 올라갈 정도로 오랜 역사를 갖고 있다. 직접 연주한 하프가락이 유대왕 사울의 정신착란을 치유했다는 기록이 구약성서에 있다.¹⁾

또한, 음향 진동 요법은 중세 르네상스기에 좌골 신경통환자의 환부에 아우루스를 연주시켜, 환부에 진동파를 가함으로써 아픔을 경감시켰다는 기록을 찾아볼 수 있다.²⁾

세계 2차 대전 중에는 미국에서 전쟁 중에 살인과 같은 이상체험으로 인한 쇼크로 불면증, 우울증, 정신분열 등의 환자가 다수 발생하였고, 이들의 치유대책으로 음악요법이 적극적으로 도입되었다. 1950년에 「전미음악요법협회」가 설립되고 공인음악요법사의 자격이 인증되면서 음악에 의한 환자를 치유하려는 많은 시도가 있었다.²⁾

Broner의 인체에 대한 저주파소음 효과의 연구에서 100Hz에서 음에너지의 2%가 인체에 흡수된다고 보고하고 있고³⁾, 음악에 의한 생리적 반응에 관

접수일 : 2007년 5월 1일, 채택확정 : 2007년 5월 25일
문덕홍(책임저자) : 부경대학교 기계공학부
E-mail : dhmoon@pknu.ac.kr, Tel : 051-620-1577
김영완 : 부경대학교 기계공학부 대학원

한 연구로는 Bartleet⁴⁾, Hodge⁵⁾, Maranto⁶⁾ 등 다수의 연구자들의 결과를 찾아 볼 수 있다.

Skille의 VA요법⁷⁾, 촉각진동의 신체반응에 대한 Standley와 Madsen 등의 연구^{8), 9)}, 음향진동을 심료 내과 영역에서의 응용^{10), 11)} 등 국외에서는 음악과 음향진동의 자극에 의한 인체의 반응, 질병의 치유에 관한 많은 연구들이 진행되었다. 국내에서는 음악분야에서 접근한 일부의 음악치료 영역을 제외하고, 의학 및 준의학 분야, 기계장치 분야 등을 막론하고 거의 연구개발이 이루어지지 않아 국내의 연구실적은 찾아 볼 수가 없는 실정이다.

국외의 연구에서도 음악과 음향진동의 자극에 의한 인체의 반응에 대한 연구는 의학전문가, 음악 또는 음향전문가, 기계적 진동장치의 전문가 사이에 학제적 공동연구가 이루어지지 않아 이들 연구의 유효성을 뒷받침할 과학적이고 정량, 정성적 근거들이 부족한 실정이다. 즉, 음악 또는 음향진동 자극에 의한 환자 증상의 개선에 좋다는 단순한 결과를 제시하고 있을 뿐 좀 더 상세한 과학적 근거를 제시하지 못하고 있다.

이 연구는 성년의 건강한 피험자를 선정하고, 고안된 실험장치에 의하여, 음악과 음향진동의 자극을 인체에 가한다. 자극 전, 자극 중, 자극 후의 뇌파의 변화를 비교, 분석 평가하여서 긴장완화와 스트레스저감의 효과를 검토한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 대상

피험자는 대학 2~4학년에 재학 중인 만 20세에서 만 25세까지의 신체 건강한 남녀학생을 대상으로 설문조사를 통하여 선발하였다(남학생 3명, 여학생 3명).

Table 1 Items of physical examination

	sex	blood pressure	pulse	body temperature
A	male	118/85	70	36.3
B	male	121/77	77	36.5
C	male	133/88	65	36.7
D	female	123/65	53	36.4
E	female	113/67	53	36.1
F	female	125/94	65	36.4

뇌파에 지속적인 영향을 미칠 수 있는 인자를 가지고 있지 않은 학생을 선발하기 위한 설문지의 내용은 당일의 신체 상태, 6시간 이상의 충분한 수면, 과거 병력, 최근 3일 사이의 주사나 치료 경과, 약물 복용 여부, 각종 질병 여부 및 평균 수면 시간과 기상시간 등이다. 또한 이 실험은 헬싱키 선언의 표준을 준수하고 있다.(피험자는 반드시 지원자여야 하고 시험에 참여됨을 알아야 한다, 시험 수행에 대한 동의를 얻을 때 피험자가 자기에게 어떤 기대를 거는 관계가 아닌지 또는 그 동의가 어떤 강제된 상황에서 이뤄진 것은 아닌지에 대해 특별한 주의가 필요하다.)

Table 1은 선정된 피험자의 실험 전에 체온 및 혈압을 측정된 것이다.

2.2 음향진동과 진동장치

음악은 시판되고 있는 조용한 명상음악으로 총 연주 시간은 약 5분이다.

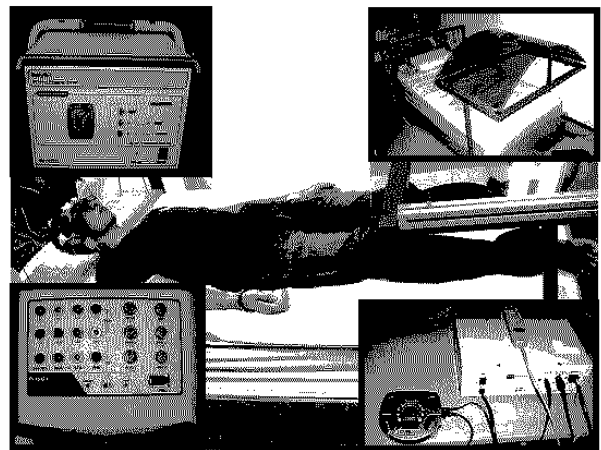


Fig. 1 Music and vibroacoustic stimulation system.

Table 2 Specification of the vibrotactile equipment.

Amp.	Voltage AC100V Audio output 1W input 2P	Vibration output 20W power 40W output 2P
Pad	Transducer 6P Frequency 20~250Hz	diaphragm 3-layer Impedanc 10.7Ω
Speaker	Impedance 8Ω Frequency 125~10kHz	rated power 12W

Fig. 1은 본 실험의 음악과 음향 진동장치와 뇌파측정시스템을 보여주고 있다. CD Player에 의해서 재생된 음악은 앰프를 통하여 스피커로 전송되어 피험자의 귀로 청취하게 되고, 동시에 음향 진

동장치에 의해 침대 위의 패드를 통해서 접촉진동과 진동파의 형태로 인체에 자극을 준다. Fig. 1의 위상부와 같이 트랜듀서에 의한 진동파를 효과적으로 인체에 가하기 위하여 인체의 하반신 쪽에 반원의 아크릴 판을 설치하였다. 양은 부착된 유선 리모콘으로 조절된다. 여기 사용된 음향 진동장치의 사양은 Table 2와 같다.

2.3 뇌파측정 장치 및 측정부위

뇌파는 심전도, 맥파, 호흡, 피부전기전도, 동시측정이 가능한 다원 생체 계측기인 PolyG-I 장비를 이용하였다. 피험자의 뇌파는 256Hz 샘플링 주파수, 0~50Hz의 통과필터를 사용하였으며, 뇌파의 분석은 TeleScan이라는 전용프로그램을 사용하였다.

측정부위는 Fig. 2에서 보는 것과 같이 머리표면 총 8부위에서 모노폴라 방식으로 뇌파를 측정하였으며, 10/20-국제전극배치법에 의해 차례로 Fp1, Fp2, F3, F4, T3, T4, P3, P4 위치에 측정전극을 부착하였다(Fig. 2의 작은원). 기준전극은 A1, 접지전극 A2는 목뒤에 부착하였다. 사용된 전극은 금으로 도포된 접시형태의 디스크전극이며, 피부와의 접촉저항을 최소화하기위해 먼저 알코올 솜을 이용하여 머리표면의 이물질을 닦아낸 후 접시전극에 뇌파전용 전극 풀을 묻혀 부착하였다. 또한 부착된 접시전극위에 거즈를 살짝 덮어줌으로써 전극풀이 빨리 굳지 않고 머리표면에 잘 고정되어 있도록 처리하였다.

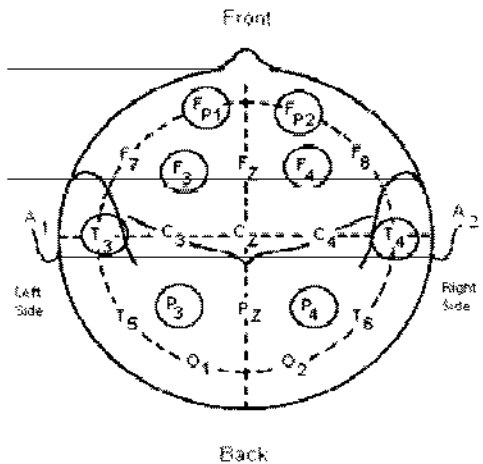


Fig. 2 Arrangement plan of electrodes.

2.4 측정방법

뇌파측정은 1인당 4단계를 거쳐서 측정하였다. 처음 5분은 충분한 휴식 후의 편안한 상태(자극전)에서 측정되었으며, 다음 5분 동안은 스트레스를

유발시키기 위하여 60데시벨 정도의 쇠 굵은 소리인 강한 소음자극(자극1)을 스피커를 통하여 청취하게하여 측정하였으며, 다음 단계에서는 명상 음악 및 그에 따른 진동(자극2)을 인체에 가하여 긴장완화를 유도하였으며, 마지막 단계에서는 좋은 자극에 대한 지속도를 관찰하기 위하여 음악 및 진동을 제거한 상태(자극후)로 측정하였다.

뇌파측정은 조용한 환경을 유지하기 위하여 유동 인구 및 차량통행이 적은 10시경에 측정하였으며, 피험자는 몸을 움직이지 않고 가만히 누워있는 상태에서 수행되었다. 눈 움직임에 의한 잡음 혼입을 막기 위해 측정 시, 피험자가 눈을 감도록 하였으며, 조명은 가능한 어두운 상태를 유지하였으며, 실험 수행 시 피험자의 성실한 자세를 유도하기 위해 피험자에게 충분한 사전 설명을 실시하였다.

2.5 뇌파의 특징

뇌파의 분석에 있어서 뇌파의 주파수에 따른 구분은 깊은 수면 시나 신생아의 경우 두드러지게 발생하는 델타파(δ wave : 0.2~3.99 Hz), 정서안정 또는 수면으로 이어지는 과정에서 주로 나타나는 파인 세타파(θ wave : 4~7.99 Hz)가 있다. 그리고 긴장이완과 같은 편안한 상태에서 주로 나타나며, 안정되고 편안한 상태일수록 진폭이 증가하는 알파파(α wave : 8~12.99 Hz), 긴장하지 않은 상태에서 집중이 이루어져 스트레스를 받지 않고 쉽고도 간단하면서도 정확히 업무수행을 할 수 있는 상태에서 나타나는 SMR파(Sensorimotor Rhythm : 13~15 Hz)가 있다. 특히, 불안한 상태나 긴장과 스트레스를 받을 경우, 복잡한 계산처리 시에 우세하게 나타나는 베타파(β wave : 13~29.99 Hz), 정서적으로 더욱 초조한 상태이거나 추리, 판단 등의 고도의 인지정보처리와 관련 깊은 감마파(γ wave : 30~50 Hz)로 구분 할 수 있다. 또한 눈 움직임이나 몸 움직임에 의하여 발생하는 잡음(artifact)의 주파수 영역은 델타파 주파수 영역과 거의 일치하므로 마치 델타파가 증가한 것처럼 보일 수 있어서 보통 장시간 뇌파 측정실험을 할 경우엔 눈 움직임과 몸 움직임이 필수적으로 발생하기 때문에 델타파의 파워증감은 분석요소로 고려하지 않았다.

3. 결과 및 고찰

인체의 반응실험은 자극전, 자극1, 자극2, 자극후로 나누어 뇌파측정기로 뇌파를 측정하고, 취득한

데이터는 파워스펙트럼분석을 통하여 주파수에 대한 파워값(μV^2)으로 나타내었다. Fig. 3은 피험자의 파워스펙트럼을 나타낸 것으로 가로축의 주파수에 대한 8채널의 파워값을 세로축에 나타내었고, 또한 전체에 대한 δ 파, θ 파, α 파, β 파, γ 파 등의 파워값의 비율을 원으로 나타내었다.

Table 3는 피험자 A, B, C, D, E, F에 대한 α 파, SMR파, β 파의 절대파워의 크기와 전체파워에 대한 α , β , SMR파의 비율, α 와 β 파의 비율인 상대

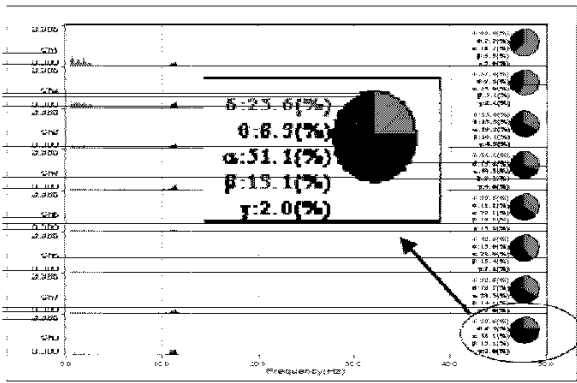


Fig. 3 Power spectrum of EEG.

Table 3 Absolute and relative power of EEG

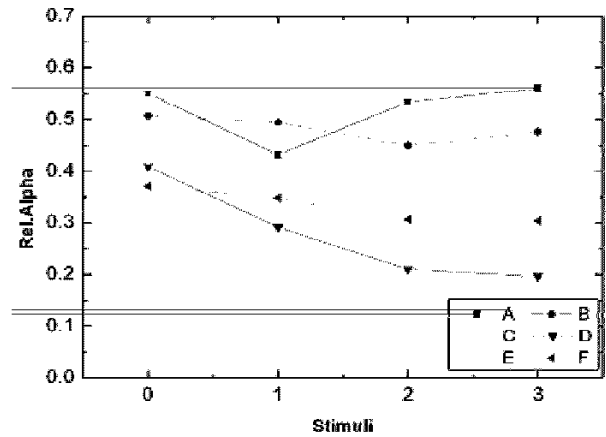
a) male

stimulus	Absolute value			Relative value				
	α	SMR	β	α /total	α / β	SMR/total	β /total	
A	Before	25.928	1.208	6.774	0.551	3.956	0.028	0.159
	stimulus1	24.714	1.411	11.503	0.432	2.371	0.026	0.211
	stimulus2	27.095	1.302	7.230	0.534	3.782	0.029	0.160
	After	24.232	1.094	5.733	0.561	4.167	0.029	0.149
B	Before	29.684	1.477	6.989	0.507	4.425	0.026	0.124
	stimulus1	29.005	1.603	7.143	0.494	4.267	0.028	0.128
	stimulus2	21.943	1.221	4.989	0.450	4.474	0.026	0.107
	After	21.557	1.211	4.485	0.476	4.800	0.027	0.103
C	Before	81.752	2.809	10.696	0.656	7.433	0.025	0.093
	stimulus1	50.769	2.866	10.500	0.577	4.767	0.034	0.124
	stimulus2	57.975	2.337	10.155	0.600	5.574	0.026	0.111
	After	29.364	3.861	8.616	0.428	3.411	0.054	0.126

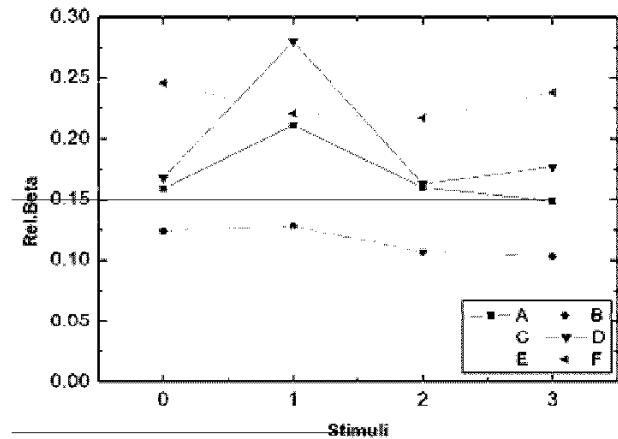
a) female

stimulus	Absolute value			Relative value				
	α	SMR	β	α /total	α / β	SMR/total	β /total	
D	Before	12.245	0.915	4.871	0.409	2.480	0.032	0.168
	stimulus1	11.739	1.128	12.283	0.291	1.134	0.028	0.280
	stimulus2	8.044	0.968	6.011	0.210	1.333	0.026	0.163
	After	6.216	1.320	5.536	0.196	1.169	0.042	0.177
E	Before	42.986	2.396	17.359	0.393	2.410	0.024	0.176
	stimulus1	32.975	2.288	21.563	0.331	1.480	0.026	0.245
	stimulus2	21.088	1.068	6.887	0.360	3.040	0.018	0.117
	After	25.509	1.144	6.970	0.507	3.493	0.027	0.163
F	Before	18.250	1.972	11.639	0.371	1.528	0.043	0.246
	stimulus1	16.053	1.790	9.857	0.348	1.583	0.041	0.221
	stimulus2	13.630	1.532	9.322	0.307	1.420	0.036	0.217
	After	11.297	1.655	8.676	0.304	1.331	0.046	0.238

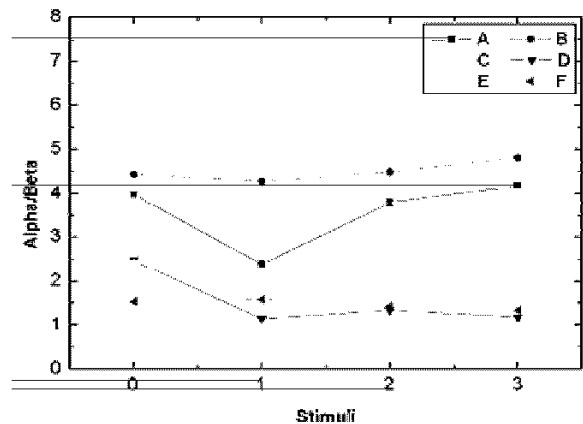
크기를 나타내고 있다. Table 3에서 알 수 있듯이 각 뇌파 공히 절대크기는 개인에 따라 현저한 차이를 보이고 있어서 상대크기로 나타내어 비교하는 것이 뇌파의 변화를 파악하는데 용이함을 알 수 있다. 그리고 여기서 전체파워라 함은 오염이 되기 쉬운 δ 파의 영역을 제외한 나머지 영역의 파워값의 합이다.



a) relative α wave



b) relative β wave



c) α wave / β wave

Fig. 4 Relative power of brain wave by stimuli

Fig. 4는 각 피험자에 대한 α 파의 상대파워, β 파의 상대파워 및 β 파의 파워에 대한 α 파의 파워 비율을 나타낸 것이다. 그림의 stimuli 축에서 0은 자극전, 1은 소음자극, 2는 명상음악에 의한 자극, 3은 자극후의 상태를 나타낸다.

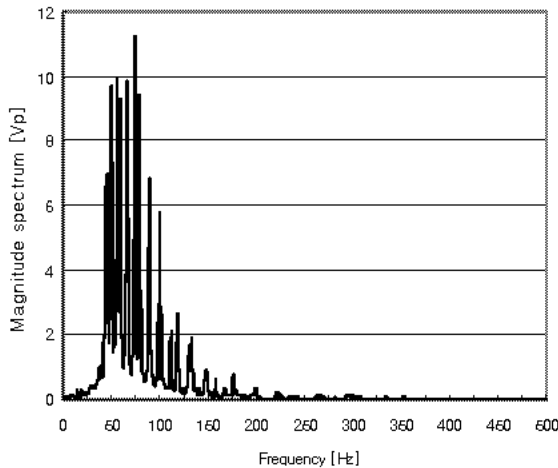


Fig. 5 FFT analysis of input vibroacoustic wave.

우선 전체 파워에 대한 α 파의 비율을 보면, 자극 1에 대해서는 남학생 및 여학생 모두가 대체로 감소하는 경향을 보이고 있고, 자극2에 대해서는 증가 또는 감소의 경향을 나타내고 있다. 그리고 전체파워에 대한 β 파의 비율은 α 파의 경우와는 반대로 자극1에서 증가하고 자극2에 대해서 감소하는 경향을 나타내고 있다.

또한 β 파의 파워에 대한 α 파의 파워비율 역시 자극1에서 감소하고, 자극2에서 대체로 증가하고 있으므로, 결국 강한 소음자극인 자극1에 대해서는 α 파가 감소하고, β 파가 증가하여 스트레스가 증가되었음을 의미하고, 좋은 자극, 자극2에 대해서는 β 파가 감소하고 α 파가 증가하고있어 긴장이 완화되어 스트레스 저감의 효과가 있음을 알 수 있다.

스트레스저감에 영향을 미치고 있는 명상음악과 음향진동 자극(자극2)에서 음향진동의 입력파를 분석하여 Fig. 5에 나타내었다.

이 입력파는 명상음악(5분)의 시간파형을 FFT분석기로 주파수 분석하여, 각 주파수에 대한 진폭을 나타낸 것으로 약 40~150Hz 대역의 진폭성분으로 구성되어 있음을 알 수 있고, 이 성분들과 음악이 긴장완화에 관련한 인체의 심리적, 생리적 영향을 주게되고 결국 뇌파의 변화로 나타나고 있다고 생각된다.

그러나 이 입력파에 대한 피험자 각 개인의 반응은 상당한 차이를 보이고 있어서 진동입력파와 뇌파의 변화를 정량적으로 상관시키는 것은 쉽지 않으나, 앞으로 다수의 다양한 음악과 그에 따른 음향진동에 의한 피험자에 대한 연구검토를 한다면 보다 유용한 연구결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

4. 요약

개인마다 소음, 음악과 음향진동 자극에 대한 인체의 반응은 상당한 차이가 발생하는 것을 고려하여 뇌파 파워의 상대적인 비율로 비교·고찰하였다. 우선 강한 소음 자극에 대한 뇌파의 변화는 긴장과 스트레스 증가를 의미하는 베타파의 증가 및 긴장완화와 안정을 의미하는 알파파의 감소를 보였고, 좋은 자극에 대해서는 그 반대의 효과를 보였다. 즉, 좋은 자극에 의한 스트레스저감의 효과가 있음을 확인하였다. 자극 후의 변화에서는 좋은 자극시와 마찬가지로 대체로 알파파가 증가하는 경향이 있지만 이와 반대의 경우도 발생하고있어 이 역시 개인차가 있음을 알았다.

후 기

이 논문은 2006학년도 부경대학교 기성회 학술연구비에 의하여 연구되었음(PK-2006-070).

참고 문헌

1. 篠田知璋, 1990, “音樂療法の歴史「音樂療法の理解」”, 日本バイオミュージック 研究會編, pp. 11.
2. 小松明, 1997, “癒しの環境讀本”, 看護部門, vol 10, No.7, pp. 49~50.
3. Broner, A, 1978, “The effects of low frequency noise on people a review”, *Journal of Sound and Vibration*, 58(4), pp. 483~500.
4. Bartlett, D.(1996), “physiological responses to music and sound stimuli”, *Handbook of music psychology*, Institute for Music Research Press, pp. 343~386.
5. Hodges, D.(1980), “Physiological responses to music”, *Handbook of music psychology*,

- kendall Hunt Publishing co.*, pp. 392~400.
6. Maranto, C.D.(1993), "Music therapy and stress management", *Principles and practice of stress management*, Guilford press, pp. 407~443.
 7. Skille, O., 1989, "Vibroacoustic Therapy", *Music Therapy*, 8, pp. 61~77.
 8. Standley, J.M., 1991, "The effect of vibrotactile and auditory stimuli on perception of comfort, heart rate and peripheral finger temperature", *Journal of Music Therapy*, 28(3), pp. 120~134.
 9. Madsen, C.K., Standley, J.M. & Gregory, D. (1991), "The effect of a vibrotactile device, Somatron, on physiological and psychological responses", *Musicians versus non musicians*, *Journal of Music Therapy*, 28, pp. 120~134.
 10. 牧野眞理子 外 3名 (1987), "うつ状態に音楽療法的接近を試みた一例", *日本バイオミエーツク研究会*, pp. 61~66.
 11. 村林信行 外 3名(1990), "頭頸部の不安愁訴に對して音楽療法を施行した一例", *日本バイオミエーツク研究会*, 4, pp. 49~54.