

음악과 음향진동자극에 의한 인체에의 영향 The Effect on Human Body by the Stimuli of Musics and Acoustic Vibrations

문 덕 흥
D. H. Moon

(접수일 : 2008년 10월 2일, 수정일 : 2008년 10월 23일, 채택확정 : 2008년 10월 29일)

Key Words : Acoustic Vibration (음향진동), Electroencephalogram (EEG, 뇌파), Music Stimulation (음악자극), Relative Power (상대크기), Vibroacoustic Stimulation (음향진동자극), Music Therapy (음악치료)

Abstract : The present paper describes the effects on human body by music and vibroacoustic stimuli. The experiments were carried out six times for 3 subjects and have investigated the electroencephalogram of all subjects against six music stimulus having vibration or non-vibration. From the experimental results, we can distinguish which musics were useful for a relaxation and a reduction of stress or effective for power of concentration. We made sure that the music and the vibroacoustic stimuli have been the more effective and the more sensitive than the only music stimuli. And the close investigation and examination to the effect of acoustic vibrations will be applied for healing of a disease and so on.

1. 서 론

스트레스 해소 또는 질병 치유에 관련한 음악과 음향진동요법은 대체의학의 한 영역으로서 음악과 음향진동자극을 인체에 가하여, 자극에 의한 인체의 생리적 변화를 유도하여, 스트레스 해소와 질병 치료의 효과를 얻고 있다.¹⁾

음악요법은 고대 이집트시대, 음향진동요법은 중세 르네상스시대로 거슬러 올라갈 정도로 오랜 역사적 기록을 갖고 있다.²⁾ 그리고 음악에 의한 생리적 반응에 관한 연구로는 Bartleet³⁾, Hodges⁴⁾, Maranto⁵⁾ 등이 연구한 결과들을 찾아볼 수 있고, 음향진동요법은 Skille의 음향진동요법⁶⁾, 축각진동의 신체 반응에 대한 Standley와 Madsen 등의 연구⁷⁾, 음향진동을 심료 내과 영역에서의 응용⁸⁾ 등 신체의 반응 및 질병의 치유에 관한 많은 연구가 수행되었다.

그러나 국내의 이 분야 연구는 음악요법에 관련한 성인숙⁹⁾, 류은경¹⁰⁾ 등, 남경동¹¹⁾ 등, 김은영¹²⁾ 등의 음악자극이 뇌파에 미치는 영향에 관한 다수의 연구결과들이 있으나, 음향진동자극에 의한 뇌파에의 반응을 연구한 실적은 문덕흥 등¹³⁾의 음향진동장

치에 의한 인체의 반응을 연구 보고한 것 외에는 거의 찾아볼 수 없다.

국외에서 음악 또는 음향진동자극에 의한 인체의 생리적 반응에 관한 연구들은 음악과 음향전문가, 의학전문가, 기계 및 진동장치의 전문가가 각각 수행한 독립적 연구가 대부분이어서, 학제적 공동연구에 의한 과학적이고 정량 및 정성적 근거가 부족한 실정이다.

이 연구는 체감음향진동 장치의 개발에 필요한 기초연구로서 음악과 음향진동의 자극이 인체의 생리적 변화에 미치는 영향을 파악하기 위하여, 음악 자극 또는 음악과 음향진동의 자극을 피험자에게 가하여 뇌파를 측정한다. 뇌파의 변화를 비교·분석하여 음악과 음향진동자극이 인체에 미치는 영향을 고찰한다.

Table 1 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

문덕흥 : 부경대학교 기계공학부
E-mail : dhmoon@pknu.ac.kr, Tel : 051-629-6190

2. 실험장치 및 방법

2.1 대상

피험자는 대학 2~4학년에 재학 중인 만 20세에서 만 25세까지의 신체 건강한 남학생 3명을 선정하였다. 그리고 뇌파에 지속적인 영향을 미칠 수 있는 인자를 가지고 있지 않은 학생을 선정하기 위하여, 당일의 신체 상태, 6시간 이상의 충분한 수면, 과거 정신과 검진 경력, 최근 3일 사이의 주사나 치과 진료 경험, 약물 복용 여부, 각종 질병 여부 및 평균 수면 기상시간 등을 설문지에 의하여 설문하였고, 가장 적합한 학생을 피험자로 선정하였다. 이후 선정된 피험자 3명은 A, B, C라고 호칭한다.

이 실험은 헬싱키선언의 표준을 준수하고 있다.

(피험자는 반드시 지원자 이어야하고 시험에 참여됨을 알아야 한다. 시험수행에 대한 동의를 얻을 때 피험자가 자기에게 어떤 기대를 거는 관계가 아닌지 또는 그 동의가 어떤 강제된 상황에서 이루어진 것은 아닌지에 대하여 주의가 필요하다)

2.2 음향진동과 진동장치

Fig. 1은 음악과 음향진동장치의 개략도이다. 선정된 음악은 오디오시스템 즉 CD플레이어에 의하여 스피커를 거쳐 재생되어 피험자의 청각을 통하여 청취되고, 음향진동시스템을 통하여서는 침대에 배치된 진동패드를 통한 접촉진동과 음향진동과의 형태로 인체에 자극을 가한다. 음향진동과가 인체에 효과적으로 침투하도록 인체의 하반신 부분에 반원형의 아크릴 판을 제작하여 설치하였다.

Table 1은 오디오시스템과 음향진동시스템의 사양을 나타낸다.

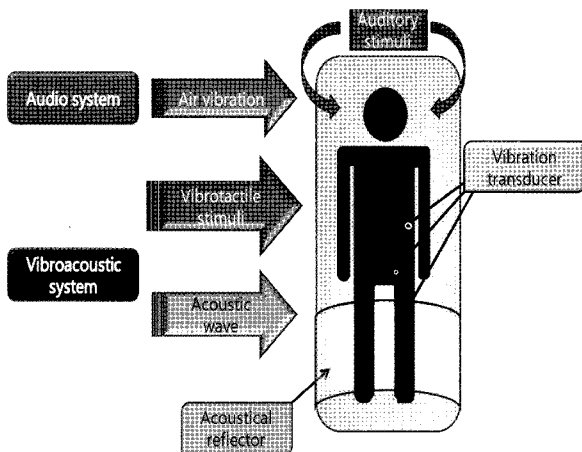


Fig. 1 Schematic diagram of music and vibroacoustic stimulation system.

2.3 뇌파측정 장치 및 측정부위

뇌파는 심전도, 맥파, 호흡, 피부전기전도, 동시 측정이 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-국제전극배치법¹⁴⁾에 의해 차례로 F_{p1}, F_{p2}, F₃, F₄, T₃, T₄, P₃, P₄ 위치에 측정전극을 부착하였다(Fig. 2의 작은 원). 기준전극은 A₁, 접지전극 A₂는 목뒤에 부착하였다.

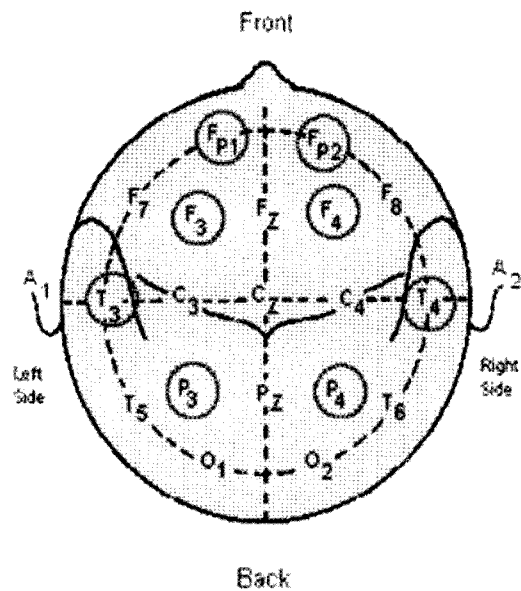


Fig. 2 Arrangement plan of electrodes.

2.4 측정방법

뇌파 측정은 조용한 환경을 유지하기 위하여 유동 인구 및 차량 통행이 적은 22시경에 측정하였으며, 피험자의 몸 움직임을 통제된 상태에서 시행되었다. 눈 움직임을 의한 잠과 혼입을 막기 위해 측정 시 피험자가 눈을 감도록 하였으며, 조명은 가능한 어두운 상태를 유지하였다. 또한 피험자의 성실한 태도를 유도하기 위하여 피험자에 충분한 사전 설명을 하였다.

Table 3은 A, B, C피험자의 실험에 사용된 음악과 자극의 형태를 나타낸다. 여기서 st1과 st2 및 st5는 음악과 음향진동의 자극을 동시에 가한 경우이고 st3, st4 및 st6는 음악만의 자극을 가한 경우이다.

Table 3 Music contents used in a experiment

	Music	Type
st1	Title : In a Beautiful Season Artist : Yuhki Kuramoto Album : Piano Jewels(2006)	vibration piano
st2	Title : Between Calm and Passion O.S.T Album : Calmi Cuori Appassionati-Blu(2004)	vibration cello
st3	Title : Second Romance Artist : Yuhki Kuramoto Album : Romance(1998)	non-vibration piano
st4	Dvorak : Cello Concerto in B Minor Op. 104	non-vibration cello
st5	The Nutcracker	vibration cheerful music
st6	Title : 悠然四君子 Artist : 北京科影音像出版社 Title : 体感音響音樂	non-vibration silent music

* st : stimulation

Fig. 3은 실험순서의 개략도이다.

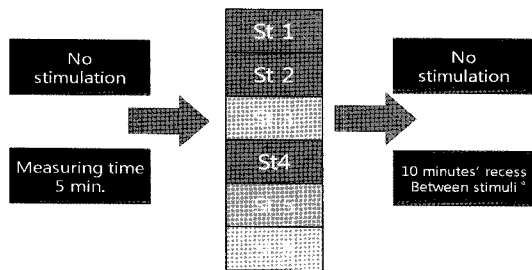


Fig. 3 A schematic diagram of experiment.

뇌파를 측정하는 순서는, 먼저 피험자의 평상시 뇌파를 측정하기 위해 무음 상태에서 5분간 뇌파를 측정한다. 이때 측정한 뇌파가 기준이 되며, 이후 가한 음악 또는 음향진동자극에 따른 뇌파 변화를 분석하는 척도가 된다. 이후 상기 6가지 음악 또는 음향진동 조합에 의한 6번의 자극이 주어지며 각 자극을 가하는 시간은 5분으로 동일하고 각 자극시의 뇌파를 측정한다. 순서대로 6번의 자극을 전부 가한 후 다시 무음 상태에서 5분간 종료시의 뇌파 상태를 측정한다. 또한 뇌파 측정의 각 자극의 단계마다 10분간의 휴식을 갖게 해서 앞 단계의 자극에 의한 뇌파의 영향을 줄이려고 노력하였다.

2.5 뇌파의 특징

뇌파의 분석에 있어서 뇌파의 주파수에 따른 구분은 깊은 수면 시나 신생아의 경우 두드러지게 발

생하는 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 긴장파 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

피험자 A, B, C에 대해서 음악자극 및 음악과 음향진동자극을 가하기전에 측정한 뇌파와 st1, st2, st3, st4, st5 및 st6을 차례로 가하면서 각 단계마다 측정한 뇌파 그리고 자극 후 종료 시 측정한 뇌파에 대해서 파워스펙트럼분석을 통하여 주파수에 대비 파워 값(uV^2)을 Fig.4~Fig.5에 나타내었다.

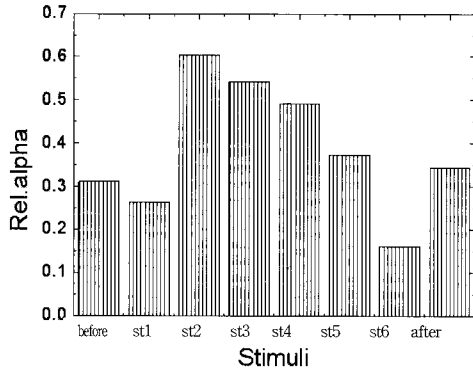
Fig.4는 전체에 대한 상대적 α 파의 파워 값이고, Fig.5는 상대적 β 파의 값, Fig.6은 상대적 SMR파의 값 그리고 Fig.7은 β 파에 대한 α 파의 파워 값의 비를 나타낸다.

우선 음악과 음향진동자극이 동시에 가해진 자극 1(st1)의 경우, A, B, C피험자 모두 상대적 α 파의 파워 값이 감소하고 β 파의 파워 값이 증가하고 있고, α 파의 값/ β 파의 값의 비는 Fig.7에서 일관되게 감소함을 알 수 있다. 그러나 SMR파의 파워 값은 A, B, C피험자마다 다른 경향을 보여 일관성이 없음을 알 수 있다.

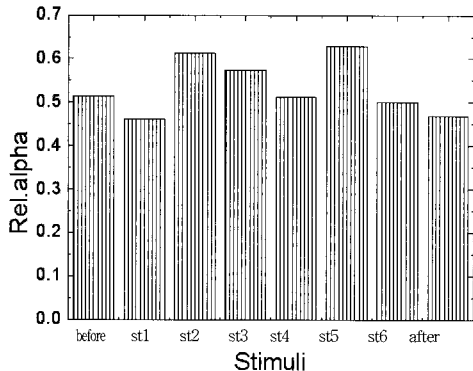
자극2(st2) 역시 음악과 음향진동자극을 동시에 가한 경우로, A, B, C피험자 모두 α 파의 파워 값이 증가하고 있고, β 파의 파워 값은 감소하고 있으며,

α 파의 값/ β 파의 값의 비가 현저하게 증가하고 있음을 알 수 있다. SMR파의 파워값은 자극1과 같이 일관성이 없음을 알 수 있다. 따라서 자극2에 사용된 음악은 인체의 긴장완화와 스트레스해소에 효과가 있을 것으로 생각된다.

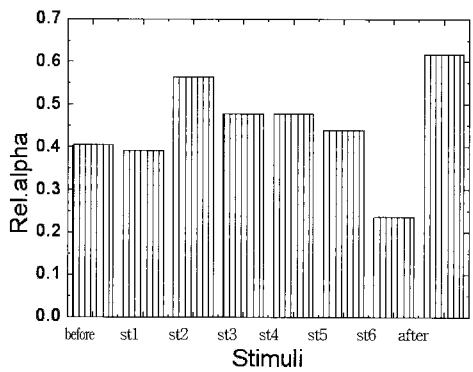
자극4(st4)도 음악자극만을 가한 경우로 피험자 모두 α 파의 파워 값은 기준보다 약간 증가하고 있으나 β 파의 파워 값은 거의 비슷하거나 약간 감소하는 경향으로 변화가 없는 편이고, SMR파의 파워 값과 α 파의 값/ β 파의 값의 비는 피험자에 따라 증가 감소하고 있어 역시 일관성이 없다.



(A)



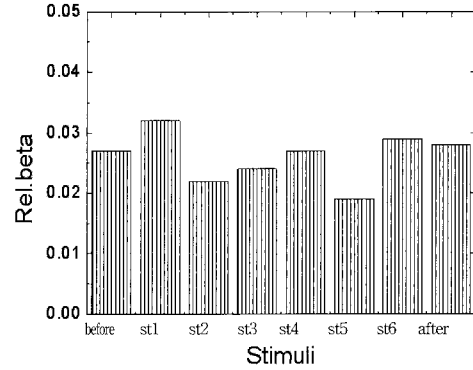
(B)



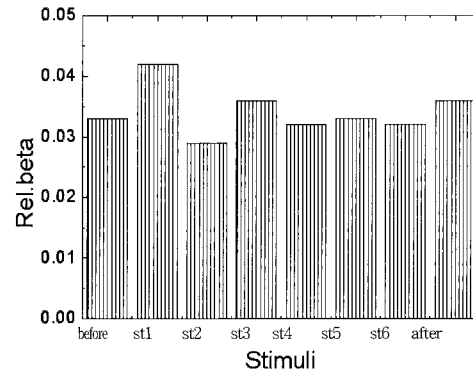
(C)

Fig. 4 Relative α wave by stimuli

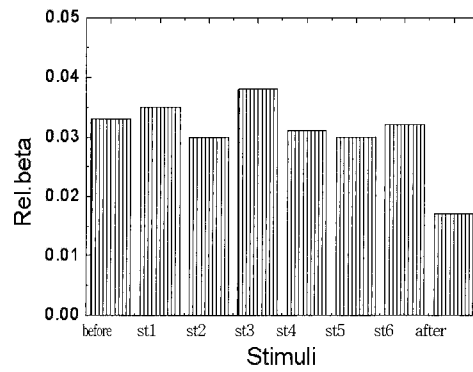
자극3(st3)은 음악자극만을 가한 경우로 피험자 모두 α 파의 파워 값은 증가하였으나, β 파의 파워 값은 증가, 감소로 일관성을 보이지 않고 있고, α 파의 값/ β 파의 값의 비는 피험자 모두 증가하고 있다. 그리고 SMR파는 마찬가지로 일관성이 없다. 이 음악 역시 긴장완화에 적합할 것으로 생각된다.



(A)



(B)



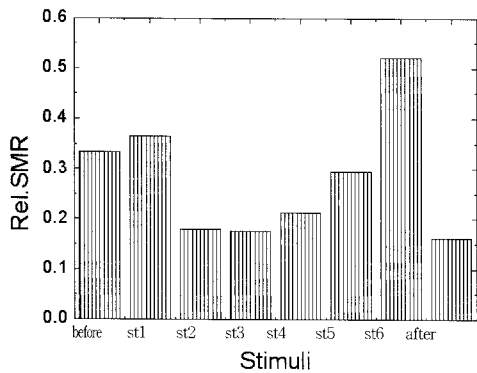
(C)

Fig. 5 Relative β wave by stimuli

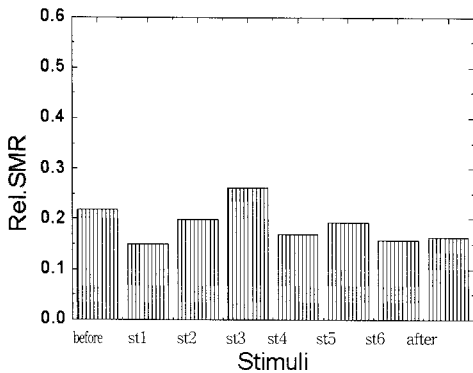
자극5(st5)는 자극1과 자극2와 같이 음악과 음향 진동자극을 동시에 가한 경우로 피험자 모두 α 파의 파워 값은 증가하고, β 파의 파워 값은 감소하고 있고, α 파의 값/ β 파의 값의 비가 일관되게 증가하고 있어, 자극2와 거의 비슷한 경향을 보이고 있다. 때

문에 여기에 사용된 음악 역시 스피커를 통한 음악 자극과 이 음악에서 고주파성분을 필터링한 음향파에 의한 접촉진동 및 음향파에 의한 피부자극을 가하므로써 인체의 긴장완화와 스트레스해소에 상당한 효과가 있을 것으로 생각된다.

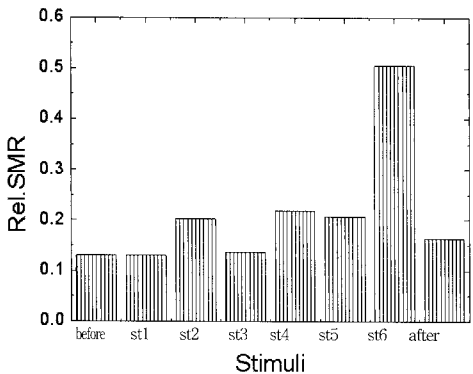
자극6(st6)은 음악자극만을 가한 경우이다. α 파의 파워 값은 감소하고, β 파의 파워 값은 거의 변화가 없으며, α 파의 값/ β 파의 값의 비는 약간 감소하던지 거의 변화가 없다. 또한 A와 C피험자는 SMR파의 상대적 파워 값이 현저하게 증가하고 있어, 여기에 사용된 음악은 스트레스가 없는 정신집중상태의 유도에 효과가 있을 것으로 생각된다.



(a) A

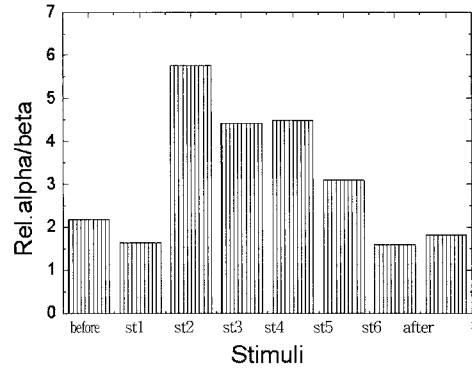


(B)

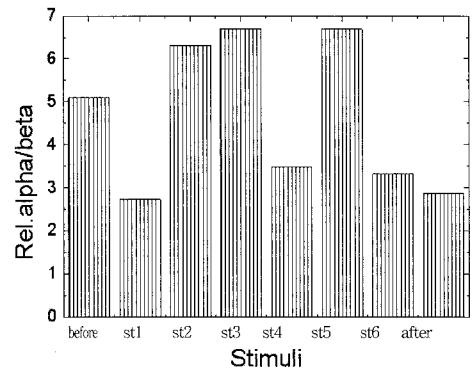


(C)

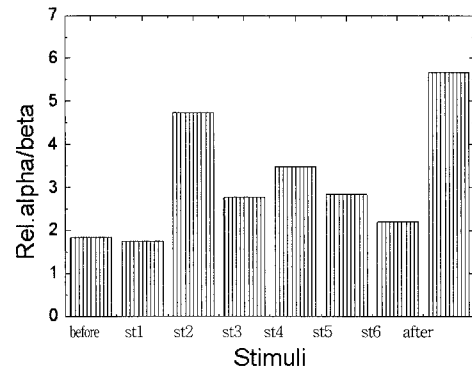
Fig. 6 Relative SMR wave by stimuli



(a) A



(B)



(C)

Fig. 7 Relative α wave / β wave by stimuli

음악자극만의 경우와 음향진동자극을 동시에 가한 경우의 차이는 자극1, 자극2 및 자극5의 결과에서 알 수 있듯이 음향진동자극을 동시에 가한 경우가 특정뇌파 즉, β 파 혹은 α 파 상태로의 유도가 매우 용이할 수 있음을 알 수 있다.

4. 요약

이 연구는 음악과 음향진동자극이 인체의 생리적 변화 즉 특정 뇌파발생의 유도에 미치는 영향을 실험적으로 고찰한 결과를 다음과 같이 요약할 수 있다.

1. 음악자극만의 경우보다 음향진동자극을 동시에 가하였을 경우가 특정뇌파상태로의 유도가 용이하고 현저하였다.
2. 자극2와 자극5의 자극에 사용된 음악은 이완작용 및 스트레스해소에 적합한 음악이다
3. 자극6의 음악은 스트레스가 없고 정신집중상태에서 많이 발생하는 SMR파의 유도에 효과가 있을 것으로 생각된다.

참고 문헌

1. 篠田知璋, 1990, “音樂療法の歴史「音樂療法の理解」”, 日本バイオフィュージック 研究會編, p. 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. D. Bartlett, 1996, “Physiological responses to music and sound stimuli”, Handbook of music psychology, Institute for Music Research Press, pp. 343~386.
4. D. Hodges, 1980, “Physiological responses to music”, Handbook of music psychology, kendall Hunt Publishing co., pp. 392~400.
5. C. D. Maranto, 1993, “Music therapy and stress management”, Principles and practice of stress management, Guilford press, pp. 407~443.
6. O. Skille, 1989, “Vibroacoustic Therapy”, Music Therapy, 8, pp. 61~77.
7. C.K. Madsen, J.M. Standley and D.Gregory, 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.
8. 牧野眞理子 外 3名, 1987, “うつ状態に音樂療法的接近を試みた一例”, 日本バイオフィュージック研究會, pp. 61~66.
9. 성인숙, 1995, “音의 帶域과 音樂의 種類가 腦波에 미치는 效果”, 충남대학교 교육대학원, pp. 1~36.
10. 류은경, 손진훈, 강성훈, “주파수 대역과 음향자극이 뇌파에 미치는 영향”, 한국음향학회 학술대회논문집 14, 49.
11. 남경돈, 이동형, 2000, “대중음악을 이용한 청각 자극에 의한 뇌파의 반응분석”, 한국산업경영시스템학회 추계학술대회 자료집, pp. 39~45.
12. 김은영, 2004, “음악적 자극이 개인의 뇌파변화에 미치는 영향”, 숙명여자대학교 음악치료대학원, pp. 1~81.
13. 문덕홍, 김영완, 2007, “음향진동장치에 의한 인체의 스트레스 저감 효과”, 한국동력기계공학회지, 11(2), pp. 32~37.
14. 윤중수, 1999, “뇌파학 개론”, 고려의학, pp. 13~18.