

디지털 보청기의 Fractal Tone을 응용한 음악적 스트레스 경감 방법에 관한 고찰

한국 와이텍스
이 승 화

ABSTRACT

A New Way of Relieving Stress by Using Fractal Music Tones in Digital Hearing Aids

Sunghwa Lee

Widex Korea Ltd, Seoul, Korea

Consistent and convenient use of music in the hearing impaired has been demonstrated for both personal entertainment and therapeutic effects. The purpose of this review was to provide a brief introduction to physiological effects of music on relaxation, especially, among hearing aid wearers. This article also described how these characteristics could be realized with new acoustic parameters such as fractal tones. This principle could be integrated into the design of an effective digital signal processing scheme of the hearing aid so that music might be conveniently and discreetly used by hearing aid wearers. Therefore, potential hearing care professionals might gain new perspectives and opportunities of demonstrating relaxing nature of the fractal tone and its potential usefulness in aural rehabilitation and musical audiology.

KEY WORDS : Stress relaxation · Fractal tone · Mind440 hearing aid · Zen program · Music novelty.

INTRODUCTION

최근 현대인의 생활수준이 지속적으로 향상되고 있는 반면에 그 부정적 측면 중 하나로는 스트레스 수준의 증가를 들 수 가 있다. 뿐만 아니라 불면증, 심장질환 등 여러 가지 만성적 건강문제의 원인에도 부분적으로 현대생활의 스트레스 증가가 결부되어 있음을 확인할 수 있다. 그 동안의 연구를 보면 이러한 스트레스 증가의 발생률은 일반 청인에 비해 난청인 인구에서 더 높게 나타남을 보임이 보고되고 있다.³⁾

이렇게 난청인 들의 스트레스가 증가하는 원인들 중 한 가지는 의사소통의 실패와 그러한 경험의 지속적인 누적이 관련되어 있는 것으로 추정이 된다. 이러한 배경에서 대상자에게 적절한 소리 증폭장치가 중요하고, 이러한 필요에 의

해서 보청기를 사용하게 되는 다수의 난청인 들이 보고하는 삶의 질 개선효과에 대해서 관련 청능재활에 종사하는 전문가 들이 주의 깊게 분석하고 제고 해야 하는 필요성이 있다.⁹⁾

증폭장치의 사용을 통해 의사소통을 개선함으로써 건청인과 난청인이 경험하는 스트레스 수준의 차이를 좁힐 수가 있다. 실제로 시사전문지 The New York Times가 2000년에 실시한 조사 결과 인용에 따르면 일반인의 64%가 이완(relaxation)을 위하여 음악을 청취하고, 8%가 명상이나 요가수업에 참여한다고 응답했다.⁸⁾ 이러한 비율은 현대인들이 더욱 더 자신의 건강에 대해 의식하고 향상된 삶의 질을 유지하기 위하여 과거 보다 더 적극적으로 노력하고 있어 그 비율이 더 높아질 것이다. 이는 특히 북미 지역의 온라인 및 다양한 지역사회의 건강관리 프로그램에서 제공 되는 이완 및 명상 프로그램이 계속 증가하고 있음에서도 나타나게 된다.

일반인들의 이완에 대한 강조와 수요가 증가하고, 이완 효과를 이끌어 내는 데에 있어 음악의 잠재적 유용성에 대한 관심이 증대됨에 따라 청능재활에 종사하는 전문가들

논문접수일 : 2008년 10월 21일

심사완료일 : 2008년 11월 25일

교신저자 : 이승화, 157-861 서울 강서구 염창동 240-21 우림블루나인 B-2305 한국 와이텍스

전화 : (02) 2093-1388 · 전송 : (02) 2093-1399

E-mail : sunghwa@widexkorea.com

역시 현대인의 웰빙(well-being)에 미치는 음악의 효과에 대해 정확히 이해할 필요가 있다. 본 중설은 관련된 음악의 심리음향학적 효과에 대하여 간략히 소개하고, 이완에 가장 효과적이라고 알려진 음악특성의 응용을 디지털 보청기 내의 톤 생성기에서 합성되는 fractal tone을 이용하여 실현하는 방안에 대하여 고찰해보고자 하였다.

MATERIALS AND METHODS

음악이 생리학적으로 미치는 주요 특징에 관해서 다수의 자료가 존재한다. 음악을 청취하는 동안 개인의 기분과 감정상의 변화는 심박동수와 호흡수의 생리학적 변화와 관련되어 있다. 청취자의 심박동수 변화에 영향을 미치는 음악적 특성에는 템포 변화와 음악의 심미성(aesthetic), 강도, 리듬, 화음구성 등이 있다.⁶⁾ 이 연구결과에 따르면 진정효과가 있는 음악을 들을 때는 피검자들의 심박동수와 호흡수가 시간의 경과에 따라 함께 감소하는 반면, 자극적인 음악을 들을 때에는 심박동수는 변화가 없고 호흡수는 증가하는 양상을 나타냈다. 심박동수와 호흡수 이외에도 음악은 혈압, 근육 긴장도, 피부 전도성, 눈물, 오한, 호르몬 분비, 피부 온도의 변화를 가져올 수 있다는 보고들이 있다.⁵⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹⁴⁾

음악의 이완효과

현재 모든 음악이 동일한 생리학적, 정서적 결과를 가져오지는 않는 것으로 알려져 있다. Kamenetsky 등의 연구결과에 따르면 일정한 리듬패턴을 가진 음악은 성스럽거나 진지한 것으로 인식되는 반면, 변동성이 큰 음악은 행복하고 즐겁게 받아들여진다고 보고되고 있다.⁷⁾ 예를 들면, staccato로 구성된 음악은 생기있고, 원기 왕성하게 인식되며, legato로 구성된 음악은 대체적으로 우아하고 평화로운 것으로 해석이 된다. 일반적으로, 큰 소리의 음악은 행복하고 원기 왕성하거나 활동적인 반면에, 작은 소리의 음악은 평화롭고 섬세한 것으로 받아들여지게 된다. 비슷한 경우로, 빠른 템포는 느린 템포에 비해, 장조는 단조에 비해 더욱 기분을 좋게 하거나 행복감을 주 것으로 알려지고 있다.²⁾⁷⁾ 그러나 이런 연구에서 공통으로 시사하는 것은 행복감을 선사하는 음악 모두가 동일한 감정을 가져다 주는 것은 아니라는 점이다. 개별 청취자의 과거 경험에 따라 특정악곡에 대한 기분과 감정이 달라지기도 하는 결과를 보여주기도 한다.

이완효과를 목적으로 선택하는 음악에는 몇 가지 공통점이 보고되고 있다.¹²⁾¹⁴⁾ 대개 안정적 상태일 때의 심박동수(60-72 beats per minute [bpm]) 이하의 템포를 유지

하고, 예측 가능한 역동성을 가지며(loudness scale) 매끄러운 멜로디상의 전개, 유쾌한 하모니, 급작스런 변화없는 규칙적인 리듬을 보여준다는 것이다. 그리고 플루트, 현악기, 피아노 등이 포함하는 tonal 특성을 가진다는 것이다. 이와 관련하여, Robb 등은 낮은 피치의 소리를 많이 포함할수록 이완효과를 진작한다고 보고하고 있다.¹²⁾

Wolfe 등은 이완효과를 향상시키는 요인과 저해하는 요인들을 평가한 바 있다. 이완효과를 상승시키는 요인에는 템포, 음량, 악기편성상의 적은 변화가 제시되었다.¹⁷⁾ 저음, 느린 템포, 적은 수의 악기가 이완효과를 상승시키는 것으로 나타났다. 반면에 이완효과를 저해하는 요인들은 짐울한 음악, 큰 음량, high-pitched 악기편성 등으로 지적되었다.

이완효과를 위한 상업용 음악

전술한 음악자극에 대한 심리음향적 특성 때문에 모든 상업음악이 이완효과 목적으로 사용될 수는 없다. 예로, 이완효과 특성을 지닌 여러 음악이 개별 청취자를 이완시킬 수 있다 하더라도 타인에게는 적합하지 않을 수가 있다. 이러한 어려움에도 불구하고 시중에는 이완효과 목적으로 상업적으로 시판되고 있는 CD나 소리효과 테잎의 종류는 계속 증가하고 있는 추세이다. 대개 이러한 이완효과용 상품들은 CD 플레이어, MP3 플레이어, 휴대전화, 컴퓨터, 외장 스피커, 헤드폰을 통해 재생할 수 있는 형태로 시판되고 있다.

이러한 상품 대부분은 이완 또는 진정효과를 누릴 수 있도록 일반인들이 간편하게 수용할 수 있는 형태이나 보청기 사용자에게는 불편을 야기할 수가 있다. 난청인들은 음장조건에서만 음악을 청취할 수 있거나(청취 시기와 장소의 제약이 존재) 보청기 없이 MP3 또는 휴대전화에 연결된 헤드폰을 통해 듣거나(가청도와 음질의 제약이 존재) 보청기의 direct audio input(BTE 보청기에 한정)을 통해 청취할 수 있다.⁸⁾

이러한 특징 중에서 중요한 한 요소는 그 음악의 새로움(novelty) 또는 효과성을 유지하는 것이다. 즉, 이완효과를 위하여 음악을 응용하는 데에 따른 문제요소로서 음악에 대한 심미적 즐거움을 필요한 시간만큼 그대로 유지하는 것이다. 이때 동일한 음악을 반복청취하게 되면 그 새로움이나 효과성이 저하되게 된다. 청취자가 시간이 경과함에 따라 이후 어떤 부분이 반복될지 예측하게 됨에 따라 청취자의 음악에 대한 감정 반응에 여러 영향을 미치게 된다. 긍정적 감정은 이러한 예측이 음악을 청취하는 도중에 충족될 때 유발된다.¹⁶⁾ 그러나, 이러한 음악자극에 대한 노출과 친숙도가 증가함에 따라 그 자극에 대한 호감은 상대

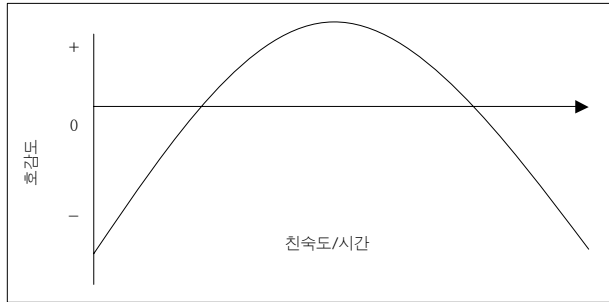


Fig. 1. Sluckin 등이 제시한 음악 자극에 대한 호감과 친숙도의 상관관계.¹⁶⁾

적으로 싫증에 의해 이내 감소하게 된다. 이 경우에는 음악은 원하는 이완효과를 유발하는 데에 있어 그 효과를 상실하게 된다(Fig. 1).

음악자극의 새로움 유지에 Fractal music 응용

음악의 친숙도 문제를 회피하기 위한 단순한 방법은 그 음악을 반복하지 않는 것이 될수있다. 이를 위해서는 방대한 수의 노래를 저장하여 반복을 피해야 하지만 대부분의 청취자에게는 현실적으로 어려운 문제가 된다.

시간이 경과됨에 따라 음악자극의 새로움이 저하되는 딜레마를 극복하기 위한 다른 방법은 그 자체가 절대 반복되지 않는 음악을 생성하는 것이다. 이는 프랙털(fractal)을 사용하여 구현할 수 있다. 프랙털의 사전적 정의는 “언제나 부분이 전체를 닮는 자기유사성(self-similarity)과 소수(小數)차원을 다른 특징으로 갖는 기하학적 형상”으로서 ‘broken’ 또는 ‘fractured’를 의미하는 라틴어 fractus에서 유래되었다고 한다.⁸⁾

어떤 객체에 대하여 프랙털의 특성을 인정하려면 세 가지의 기준을 충족하여야 한다. 첫째는 자기유사성, 즉 전체를 닮은 작은 부분이 되어야 한다. 둘째, 정수(예 : 1, 2, 3)가 아닌 분수의 차원(예 : 1.34)을 가져야 한다. 마지막으로 순환적 또는 자기발생적(self-generating)이어야 한다. 이러한 프랙털의 세 가지 특성을 갖추면 우리가 흔히 자연에서 발견할 수 있는 반무작위적(semi-random) 객체들(예 : 구름, 나뭇가지 등에서 보임)을 설명 및 정량화하고 음악과 같은 객체들을 반무작위적 방법으로 생성할 수가 있다(Fig. 2).

프랙털을 음악생성에 응용하는 과정에서, 원하는 음악적 경험을 창조하기 위하여 어떤 음조를 연주하고, 어떤 규칙을 적용할지를 제어하는 특별한 수학기공식을 사용하게 된다. Beauvois는 프랙털 음악의 특징은 개인의 심미적 선호를 충족하는 음악의 생성능력이라고 밝힌 바 있다.¹⁾ 또한 프랙털 음악은 원하는 새로움을 유지하고 청취자의 감정을 유지하면서도 동일한 시퀀스를 반복하지 않고 무한대로 계

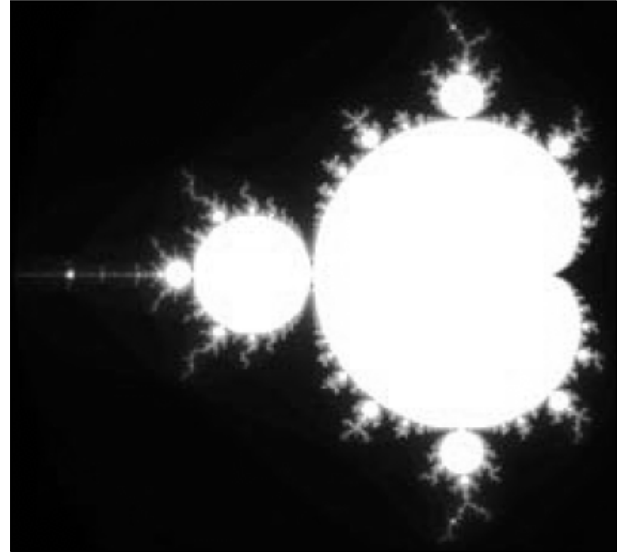


Fig. 2. 프랙털 개념의 예시 이미지.

속될 수 있는 특성이 있다.

청능재활 전문가들이(청능사) 이해 해야 할 부분은, 프랙털 음악이란 형태가 수학방정식에 의해 생성되는 것이기에 디지털 신호처리(DSP) 보청기에서 그 기능이 간단히 수행될 수 있다는 점이다.⁸⁾ 이러한 결과로 프랙털 기술의 활용을 통해서 난청인들이 보청기 착용상태에서 간편하면서도 실용적으로 이완효과를 가져다 주는 음악을 청취할 수 있다. 또한 DAI 또는 Bluetooth와 같은 무선전송장치를 사용하여 음원을 보청기에 유선으로 연결하지 않아도 될 것이다. 또한 실내음향조건이 음악신호의 질을 저하시킬 수 있는 곳과 같이 음장 라우드스피커를 통해 음악을 듣기 곤란한 경우에 음악신호의 잡음에 대한 integrity를 더욱 안전하게 할 수 있다. 추가하여, 보청기 사용자가 주변인들을 방해하지 않고 시간과 장소에 구애받지 않고 자기 목적에 맞는(스트레스 이완) 음악을 청취할 수 있는 것도 또 다른 혜택이 된다.

RESULTS

이러한 프랙털 기술이 가능한 상용 제품으로 mind440 보청기와 관련 제품을 들 수가 있다. 디지털 보청기의 프랙털기술 응용과 Zen 프로그램의 활용으로 스트레스 이완 등의 목적으로 음악을 난청인들이 선택하여 사용할 수가 있게 되었다.

이 Widex의 mind440 보청기는 원래부터 목적이 일반적인 보청기의 기능제공과 더불어 건청인들보다 상대적으로 더 큰 스트레스에 직면해 있는 난청인들에게 음악적 치유의 방법을 통해 스트레스 감각과 삶의 질을 개선하고자 개



Fig. 3. 2-way 리시버가 내장된 프랙털 처리 기능을 갖춘 mind440 m4-CB 디지털 보청기.

Table 1. FDA recommendation for Zen program⁸⁾

Device name :

Zen program (mind440 hearing aid)

Indications for use :

The Zen program is intended to provide a relaxing sound background for adults (21 years and older) who desire to listen to such a background in quiet. It may be used as a sound therapy tool in a tinnitus treatment program that is prescribed by a licensed hearing healthcare professional (audiologists, hearing aid specialists, otolaryngologists) who is trained in tinnitus management

Intended use :

The Zen program is intended to be used in quiet where hearing everyday sound is not critical

발되었다. 듀얼 통합신호처리(Dual-ISP) 플랫폼을 기반으로 설계된 15채널 mind440은 프랙털 특허기술을 채용한 최초의 보청기로서 최적의 성능구현을 위한 하드웨어 및 소프트웨어 특성을 갖추고 있다. 특히 m4-m-CB 모델의 경우 일반 오디오시스템에서 볼 수 있듯 bass와 treble의 출력부가 분리된 2-way Hi-Fi 리시버를 통해 음을 출력하여 보다 향상된 음질을 기대할 수가 있다(Fig. 3).

이 시스템은 일반 청취 프로그램 이외에 프랙털 알고리즘(특허획득)이 채용된 별도의 Zen 프로그램을 포함하고 있다. 장조 및 단조가 포함된 5가지의 Zen 스타일을 Widex 보청기적합 소프트웨어 Compass에서 선택할 수 있으며 각 톤의 피치, 템포, 강도를 조정하여 개별 사용자의 선호에 부합하는 최적 적합을 할 수가 있다. 또한 환경분석을 통해 프랙털 톤이 주변잡음수준보다 보다 높게 자동 설정되며, 보청기의 마이크론 On/Off 두 가지 상황에서 모두 청취할 수 있게 되어 있다. 이러한 기능은 결과적으로 광대역 잡음을 배경으로 작은 소리로 들을 수 있어 이명으로 고통받는 환자의 경우 이명차폐기의 용도로도 활용될 수가 있다. 이 mind440은 2008년 미 식품의약국(FDA)으로부터 일반 보청기 기능과 더불어 Zen 프로그램을 통한 이명차폐

기(Class II)로서의 유효성을 인정받은 바 있다. 이 FDA에 등재된 mind440의 적응증의 예시의 원문 내용은 아래와 같다(Table 1).

CONCLUSIONS AND DISCUSSIONS

본 종설을 통해 최근 개발된 Zen 프로그램의 스트레스 이완효과에 대한 적용 가능성과 나아가 보청기 사용자를 위한 이완용 배경음으로서의 잠재적 유용성에 대해 살펴 보았다. 이완 또는 진정효과를 목적으로 음악을 사용하고 있거나 사용할 계획이 있는 성인 난청인들에게 편리한 대안수단이 될 수 있을 것으로 기대된다. 이를 통하여 스트레스 해소와 이명차폐 등 보청기 사용자들의 삶의 질 향상에 여러 면에서 기여할 수 있을 것으로 사료된다. 이완용도로 사용하는 일반적 음악과 마찬가지로 현재 Zen 프로그램을 활용한 시스템은 대화음, 교통잡음 등 일상적 외부음의 청취가 중요하지 않은 조용한 상황에서만 사용해야 한다. 청능재활 전문가는 이러한 수단에 대하여 난청인들에게 적절히 상담하고 조치하여 재활프로그램에서 그들이 합당한 기대수준을 가지고 결과를 성취하도록 해야 할 것이다.

중심 단어 : 스트레스 이완 · 프랙털 톤 · Mind440보청기 · Zen 프로그램 · 음악자극의 새로운.

REFERENCES

1. Beauvois MW. Quantifying aesthetic preference and perceived complexity for fractal melodies. *Mus Percep*. 2007;24(3):247-264.
2. Dalla BS, Peretz I, Rousseau L, Gosselin N, Ayotte J, Lavoie A. Development of the happy-sad distinction in music appreciation. Does tempo emerge earlier than mode? *Ann NY Acad Sci*. 2001;930:436-438.
3. Fellinger J, Holzinger D, Gerich J, Goldberg D. Mental distress and quality of life in the hard of hearing. *Acta Psychiatr Scand*. 2007;115(3):243-245.
4. Gerra G, Zaimovic A, Franchini D, et al. Neuroendocrine responses of healthy volunteers to 'techno-music': relationships with personality traits and emotional state. *Int J Psychophysiol*. 1998;28:99-111.
5. Grewe O, Nagel F, Kopiez R, Altenmüller E. Listening to music as a re-creative process: physiological, psychological and psychoacoustical correlates of chills and strong emotions. *Music Percep*. 2007;24(3):297-314.
6. Iwanaga M, Ikeda M, Iwaki T. The effects of repetitive exposure to music on subjective and physiological responses. *J Music Ther*. 1996;33:219-230.
7. Kamenetsky SB, Hill DS, Trehub SE. Effect of tempo and dynamics on the perception of emotion in music. *Psychol Music*. 1997;25:149-160.
8. Kuk F, Peeters H. The hearing aid as a music synthesizer. *Hearing Review*. 2008;15(11):28-38.
9. Mulrow CD, Aguilar C, Endicott JE, et al. Quality-of-life changes and hearing impairment. A randomized trial. *Ann Intern Med*. 1990;113(3):188-194.
10. Rickard NS. Intense emotional responses to music: a test of the

- Physiological Arousal Hypothesis. *Psychol Music*. 2004;32(4):371-388.
11. Robb SL. Music assisted progressive muscle relaxation, progressive muscle relaxation, music listening, and silence: a comparison of relaxation techniques. *J Music Ther*. 2000;37:2-21.
 12. Robb SL, Nichols RJ, Rutan RL, Bishop BL, Parker JC. The effects of music assisted relaxation on preoperative anxiety. *J Music Ther*. 1995;32(1):2-21.
 13. Sluckin W, Colman AM, Hargreaves DJ. Liking words as a function of the experienced frequency of their occurrence. *Brit J Psychol*. 1980; 71:163-169.
 14. Smolen D, Topp R, Singer L. The effect of self-selected music during colonoscopy on anxiety, heart rate, and blood pressure. *App Nurs Res*. 2002;16(2):126-136.
 15. Thaut MH, Davis WB. The influence of subject-selected versus experimenter-chosen music on affect, anxiety, and relaxation. *J Music Ther*. 1993;30(4):210-223.
 16. Vink A. Living apart together: a relationship between music psychology and music therapy. *Nordic J Music Ther*. 2001;10(2):144-158.
 17. Wolfe DE, O'Connell AS, Waldon EG. Music for relaxation: a comparison of musicians and non-musicians on ratings of selected musical recordings. *J Music Ther*. 2002;39(1):40-55.