

심신 안정감을 위한 Binaural Beat Frequency와 명상적 뇌파 공명에 관한 고찰: Brain-Sync Process를 중심으로

황미향*

동국대학교 선학과

Binaural Beat Frequency and Meditative Brainwave Entrainment for Mental and Physical Well-being: Focusing on the Brain-Sync Process

Mi Hyang Hwang*

Dept. of Buddhist Studies, Dongguk Univ., Seoul 04620, Korea

(Received January 5, 2024 / Revised January 28, 2024 / Accepted February 23, 2024)

Abstract Background: Binaural beats frequencies, measured in Hertz (Hz), are applied to induce optimal brainwave states and activate mental and physical relaxation through brainwave entrainment. Therefore, an exploration of the interrelation between binaural beats, brain synchronization, and the tranquility of mind and body, including meditative brainwaves, is necessary. **Purposes:** This study aims to investigate the mechanisms of binaural beats and brainwave resonance, along with brain synchronicity, and how sound frequencies (Hz) relate to relaxation, meditative brainwaves, and overall mental and physical tranquility. **Methods:** Through a literature review of existing research and materials, this study examines: first, binaural beats and the Brain-Sync process; second, the induction of relaxation through resonance and brainwaves; third, the stabilization of brainwaves and entrainment phenomena with binaural beats and sound; fourth, the relationship between binaural beats and meditative music. **Results:** Binaural beats facilitate the synchronization of brainwaves through the Brain-Sync process, particularly activating relaxation-related brainwaves such as alpha (α), theta (θ), and delta (δ), thereby inducing a meditative state. This is based on the mechanism where brainwaves synchronize with specific frequency vibrations, leading to deep meditation or relaxation states. Thus, specific sound frequencies play a significant intermediary role in inducing a sustained and stable meditative brainwave state, beyond mere psychological and physiological relaxation responses. **Conclusion:** This study explores the characteristics of binaural beats through the interaction between brainwave resonance and synchronization, examining the role of sound frequency vibrations as a significant intervention method contributing to mental and physical comfort and brainwave stability. It suggests the need for systematic intermediary processes in the healthcare domain and various research areas to verify the short-term/long-term effects and the necessity for extensive research on meditative frequency sound interventions.

Key words Meditative Brainwave state, Binaural Beats frequencies, Brain-Sync process, Mental and physical tranquility

초록 배경: 바이노럴 비트(Binaural Beats) 주파수(Frequency, Hz)는 뇌파 공명과 동기화작용을 통해 심신의 이완과 최적의 뇌파 상태를 유도하고 활성화하는 데에 적용되고 있다. 따라서 바이노럴 비트와 뇌 동기화(Brain-Synchronization) 그리고 심신의 안정감, 명상적 뇌파등의 상호관계에 대한 고찰이 필요하다. **목적:** 본 연구는 바이노럴 비트와 뇌파 공명, 뇌 동시성의 메커니즘을 탐구하고, 소리 진동수(Hz)가 어떻게 이완작용, 명상적 뇌파 그리고 심신의 안정감과 연관이 되는가를 알아보는 것에 목적을 둔다. **방법:** 기존 연구와 자료에 대한 문헌 조사를 통해, 첫째 바이노럴 비트와 Brain-Sync process 둘째, 공명과 뇌파의 이완유도 셋째, 바이노럴 비트와 Sound 및 뇌파 안정화, 맥놀이현상 넷째, 바이노럴 비트와 명상음악과의 관계 등의 이론적 고찰을 하였다. **결과:** 바이노럴 비트는 Brain-Sync 과정을 통해 뇌파의 동기화를 촉진하며, 특히 알파(α), 세타(θ), 델타(δ)와 같은 이완과 관련된 뇌파의 활성화를 유도하여 명상적 상태를 조성할 수 있다. 이는 뇌파가 특정 주파수의 진동에 맞추어 동기화되면서 깊은 명상 상태나 이완 상태를 유도하는 메커니즘을 기반으로 한다. 따라서 특정 소리 주파수는 심리적 생리적 이완반응을 넘어, 지속적이고 안정된 명상적 뇌파상태로 유도하는데 유의미한 중재역할을 할 수 있다. **결론:** 본 연구는 소리 주파수 진동이 심신의 편안함과 뇌파안정성에 기여할 수 있는 의미있는 중재로서 잠재적 역할을 살펴보고 있으며, 명상적 뇌파 조절 동기화 메커니즘에 대한 이해를 통해 소리 주파수가 최적의 뇌파 활성화에 미치는 긍정적 영향에 대해 살펴보고 있다. 명상적 주파수 소리의 체계적인 중재방법과 적용에 대한 이해와 더불어 통합의학 영역 및 다양한 분야에서 단기/장기 효과 검증 및 폭넓은 연구가 필요하다.

주제어 명상적 뇌파 상태, 바이노럴 비트 주파수, Brian-Syn Process, 심신안정과 명상

서론

연구배경

인간의 뇌는 미세하게 진동하고 있으며 뇌의 활동에 따라 다양한 전기적 신호가 발생하는데, 이것을 뇌파(腦波, electroencephalogram, EEG), 또는 뇌에서 자발적으로 발생하는 전위변동(電位變動) 뇌전도(腦電圖)라고 한다(Thakor & Tong, 2004). 1924년 독일의 정신과의사인 Hans Berger가 뇌의 전기신호 검출 과정을 기록한 Hans Berger's protocol book에 뇌파는 처음 소개가 되었고 현대의학에서 중요한 생체신호로 인식되고 있다(Gloor, 1969).

다양한 주파수(Frequency)의 대역을 가진 소리/음(e.g, 432Hz, 741Hz)들은 음악치료 및 소리치유, 헬스케어 분야에서 ‘Meditative Sound’, ‘Healing Frequency’등의 자원으로 사용되고 있다(Puzi *et al.*, 2013; Yadav *et al.*, 2021). 이중 뇌파 주파수(brainwavefrequency)는 안전한 주파수 즉 Safe Frequencies로 알려져 있으며(Robbins, 2008), 전반적으로 웰빙 감각을 경험하게 되어 정신적 웰니스(Mental Wellness) 그리고 감정적, 영적 웰빙(Emotional and Spiritual Well-Being) 관련 연구에 많이 사용되고 있다(Goldsby *et al.*, 2022).

또한 뇌파활용의 실용적 합리적 적용의 발달로, 다양한 뉴로마케팅(Neuromarketing) 그리고 심신치료 영역에서,

뇌파 연구는 지속적으로 진행되고 있다(Fisher & Klitzma, 2010). 예를 들어 특정 뇌파는 Serotonin과 Endorphin을 증가시키어, 정서적 안정감과 활력을 주는데 도움이 되고, Melatonin을 감소하여 신체의 통증을 완화하는데 도움이 된다(Hima *et al.*, 2020). 또한 특정뇌파는 영적인 감각을 증가시키고, 깊은 명상적 상태를 경험하게 하는데 지지적인 역할을 한다(Fahrion *et al.*, 1992).

다양한 주파수 대역을 가진 뇌파(Gamma (γ), Beta (β), Alpha (α), Theta (θ), Delta (δ))는, 각각의 뇌파진동에 대응하여 심신의 상태가 다르게 나타나고 실제로 뇌파가 어떤 주파수를 가지고 있는가에 따라 생각과 행동, 태도 등에 유의미한 차이를 보인다(Kassim *et al.*, 2012). 예를 들어 같은 사람이라도 안정적인 뇌파상태에서 일을 하였을 때 보다 더 효율적이고 생산적이고 창의적이며 집중적으로 일을 하게 된다. 본 연구는, 바이노럴 비트(Binaural beats)라는 ‘소리 주파수 중재’가 어떻게 뇌파와 공명하여 심신 안정감과 명상적 상태와 특성(Meditation states and traits)을 이끌어내는지 그 관계성에 대한 이론적 고찰을 목적으로 하고 있다.

바이노럴 비트는 1839년 German 연구자 Heinrich Wilhelm Dove가 발견한 것으로, 주파수 차이가 나는 2개의 음 즉 서로 다른 주파수의 소리를 함께 공명시킬 때 그 사이에서 생겨나는 Beat이다(Curtis, Unit & Conservatorium, 2007).

바이노럴 비트는 'Digital drugs' 또는 주파수기능의 역할을 강조하며 'Centering frequency' 즉 중심을 잡아주는 주파수라고도 하였다(Baakek et al., 2021).

Walter(1950)의 뇌파 측정법(Electroence phalography) 관련 연구에 의하면, 피험자에게 20Hz의 소리주파수 자극을 주었을 때, 피험자의 뇌파가 20Hz 뇌파영역으로 들어가는 것으로 관찰하고, 고유의 소리주파수에 반응하여 사람의 뇌파가 동조하는 것을 발견하였다(Walter, 1950). Brain-Sync process는 이러한 뇌파 동조화기능을 기반으로 하는 과정이다. 즉 주파수의 음파(Hz)의 패턴을 사용하여, 선별적으로 자각 능력을 구조화하게 하는 '뇌파 동기화 과정'이다.

예를 들어서 구조화된 두개의 다른 주파수(e.g., 410 Hz, 420 Hz)를 왼쪽과 오른쪽에 동시에 들려주었을 때, 두 주파수의 차이에서 발생하는 10Hz의 바이노럴 비트가 생성되는데, 이 Beat는 뇌파에 동조현상을 일으켜서 우리의 뇌파를 10Hz의 서파(Slow wave) 영역으로 들어가게 한다. 따라서 정신적 안정감과 심신의 이완상태를 경험하게 된다. 서파는 명상수행을 한 후 생성되는 뇌파와 비슷한 "Meditation beat"라고도 한다(Baakek & Debbal, 2021). 마치 호흡 수행명상을 적정시간 하게 되면 천천히 심신의 안정감 느끼게 되는데 이때 뇌에서 'meditation beat'와 유사한 파동이 방출되는 것이다. 이러한 원리는 뇌파와 명상과의 관계성에 대한 수많은 연구를 통해 이미 인지되고 있는 부분이다(Ricard & Davidson, 2014).

연구 필요성

바이노럴 비트는 다양한 주파수(Frequency)를 생성하여 뇌파와 공명을 일으키는 기술적 중재이고, 뇌파와 유사한 진동주파수들을 생성하여 뇌를 '최적정 상태'로 동기화시켜 주는 지지적 중재이다. 따라서 통합 보완 정신 건강 의학(Integrative and Complementary Medicine for Mental Health), 소리 치유(Sound Healing) 그리고 음악 치료(Music Therapy) 분야에서 다양한 자원으로 사용되고 있으며, 장/단기 명상 프로그램에서도 정신적 평온, 최적의 뇌파 상태를 유도하고 활성화하는 데 활용되고 있다(Hwang et al., 2023).

바이노럴 비트는 뇌신경 가소성과 관련하여 이완반응(Relaxation Response), 명상적 상태 유도, 스트레스 관리 및 심리적 건강 증진에 긍정적인 영향을 줄 수 있는 잠재적 자원으로 인식되고 있다(Chaieb et al., 2015). 따라서

바이노럴 비트 주파수와 심신의 변화가 어떤 관계가 있는지 고찰하면서 소리 주파수의 잠재적 응용 가능성에 대한 관찰이 필요한 시점이다.

연구목적

본 연구의 목적은 첫째, 바이노럴 비트 즉 소리 주파수 중재가 어떻게 뇌파공명을 유도하여 심신의 안정감을 일으키는지 이론적 배경을 살펴본다. 둘째, 바이노럴 비트와 뇌파 동시성의 관계성을 살펴보고, 이것이 어떻게 상호작용하여 명상적 뇌파를 유지하고 심리적, 정신적 웰빙을 증진시키는지 고찰해본다. 셋째, 이완 그리고 명상적 상태 유지를 위한 소리주파수 '보완적 중재방법'에 대한 이해를 통해 향후 관련 분야의 연구 및 실천에 기초적인 자료를 제공하고자 한다.

이론적 고찰

Brain-Sync process와 명상적 뇌파

Brain-Sync process는 뇌 동기화(同期化, synchronization) 과정이다. 동기화는 1665년 Christiaan Huygens에 의해 발견한 현상으로, 진자시계를 발명한 후 같은 벽에 부착된 두 시계(Pendulum clock)가 서로 다른 시간에 시작되었음에도 불구하고 시간이 지남에 따라 동기화(synchronization with each other) 되어 움직이는 것을 발견하였다(Bell, 1941). 즉 처음에는 진동 패턴이 서로 다를 수 있지만, 상호작용을 통해 진자들은 점진적으로 서로의 운동을 조율하여 동일한 주기와 속도로 진동하는 것을 발견하였는데 이것을 '동기화'라고 한다. 서로 다른 시스템 간의 연동과 조화를 나타내는 자연 현상의 한 예이다.

이러한 뇌 동기화를 설명하는데 있어, 뇌파의 기능 및 특성에 대한 이해가 필요하다. Hans Berger(1929)는 두뇌 활동에 따라 여러 종류의 전기적 시그널이 발생하는 것을 발견하였고, 이러한 전기적 신호를 '뇌파'라 정의하였다. 뇌파는 주파수 대역에 따라서, Gamma (γ), Beta (β), Alpha (α), Theta (θ), Delta (δ) 등으로 구별하며 다양한 특징을 가지고 있다(Table 1) (Dash, 2014).

바이노럴 비트는 양쪽 뇌 반구의 동기화를 통해 특정 Hz를 방출하고 이러한 과정을 통해 이완 명상적 뇌파 즉 Alpha (α), Theta (θ) 등을 방출하게 유도한다. 명상적 뇌파

외에도 주의 집중력(attention) 강화 등의 뇌동기화 과정에 적용되고 있다(Basu & Banerjee, 2020).

Table 1. Characteristics of the Five Basic Brain Waves

Frequency Band	Frequency	Brain states
Gamma (γ)	30Hz-50Hz	Enhanced cognition, optimal focus, concentration
Beta (β)	13-30Hz	Active thinking, Alert, problem-solving
Alpha (α)	8-13Hz	Calm awareness, relaxation
Theta (θ)	4-8Hz	Creativity, deep meditation
Delta (δ)	0.5-4Hz	Restorative sleep, unconscious state

예를 들어 주의 집중력이 필요한 대상군에게 왼쪽귀에는 290Hz의 소리 “왕”을 전하고, 오른쪽 귀에는 250Hz 의 소리“우-잉”를 보내면, 이 두개의 소리신호가 조합을 하면서 40Hz의 울림현상이 일어나게 되고 바이노럴 비트가 만들어 지게 된다. 이때 뇌파는 40Hz 비트의 울림에 의해 뇌파공명이 일어난다. 즉 양쪽 귀에서 들리는 소리의 차이 (290-250=40)에 의해 발생하는 파동인 40 Hz 비트를 사용하여 집중력을 일으킬 수 있는 뇌파의 상태로 이끌어 내는 것이다(Engelbregt *et al.*, 2021).

1-20Hz영역의 소리는 비가청주파수 대역에 있기 때문에 인간의 귀로는 들을 수 없으나, 뇌는 비가청주파수에 공명할 수 있고 뇌 동기화를 일으킬 수 있다(Chong, 2022). 따라서 바이노럴 비트의 주파수를 인위적으로 10 Hz에 맞추었을 때, Alpha (α)의 주파수로 뇌는 동조를 하게 되는 것이다 (Fig. 1).

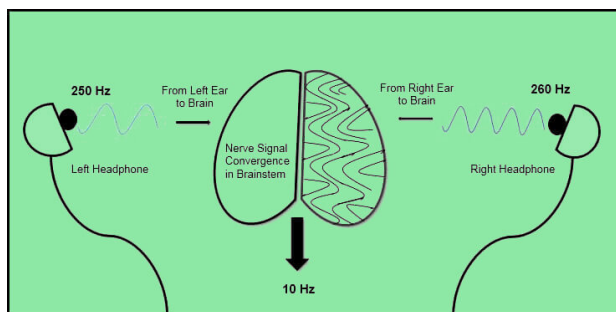


Fig. 1. Example of the 10Hz Binaural Beats obtained from <https://exuberantlife.co/dr-andrew-hubermanhow-40hz-binaural-beats-can-improve-your-focus-productivity/>.

바이노럴 비트는 다양한 영역대로 생성할 수 있는데, 명상적 뇌파와 비슷한 주파수(2-11hz)도 만들 수 있으며, Gamma (γ : 40Hz) 등의 주파수도 만들 수 있다.

이와 같이 일정한 특정 Hz 주파수를 사용하여 뇌파에 동조현상을 일으키게 하는 것이 뇌파 동기화(Synchrony) 현상이고, 이렇게 동기화 과정을 통해 심신의 안정감이 유지 및 증진에 긍정적인 영향을 줄 수 있다. 따라서 바이노럴 비트의 이러한 특징 및 기능이 통합의학 영역(e.g., 보완 대체의료)에 의미있는 중재 역할을 할 수도 있겠다.

바이노럴 비트와 Sound, Music

심리음향학에서는 모노럴(Monaural) 과 바이노럴(Binaural)을 통해, 소리의 감성인자에 대해 관찰하고 가청/비가청주파 대역영역에서 인간의 귀가 어떻게 반응하는지를 연구하였다 (Lim, 1998). 예를 들어서 소리의 감성인자(e.g., loudness, sharpness, roughness, fluctuation strength, annoyance, pleasantness, tonality)중 pleasantness(소리가 제공하는 즐거움이나 편안함의 레벨)에 대해 이것은 “loudness와 roughness, sharpness가 작을수록, tonality가 클수록 큰 값을 나타낸다” (상동, p.285)라고 하였다.

소리가 내이까지의 전달되는 과정에는 다양한 특성이 있으며, 소리의 감성 인자에 대한 이해는 명상음악영역에 있어 중요한 역할을 한다. 왜냐하면 이것이 접근적 명상(近接的 瞑想, access meditation)과 몰두적 명상(沒頭的 瞑想, absorption meditation)의 환경에 영향을 줄 수 있기 때문이다. 소리의 감성인자 중 예를 들어 Loudness (음량)는 집중과 이완을 촉진시키는 수준이 되어야 하며, Sharpness (날카로움) 즉 소리의 고/저주파 사용에 대한 인식이 있어야 하겠으며, Annoyance(짜증) 즉 소리가 일으키는 자극이나 불편함의 정도에 있어서, 명상활동을 유지하고 지지하기 위해 최소한의 불쾌감을 일으키는 소리가 적당하다. 또한 Pleasantness(쾌적함)에 있어서는, 어떠한 소리 주파수가 적정의 쾌적함을 유발하고 명상환경에 유익하며, 평온한 분위기를 생성하는 데 도움이 될 수 있는지 생각해야겠다. 또한 Tonality(음조)는 소리의 음악적 품질 또는 조화로움에 관한 내용인데 어떠한 음조와 멜로디(e.g., 맑과 투명한 음조, 부드러운 멜로디)가 집중과 안정감, 정서적 웰빙을 향상시킬 수 있는지 등에 대한 고찰이 필요하다.

이와 같이 바이노럴 비트, 명상적 뇌파공명 그리고 심신의 치유등의 연관성을 살피는데 있어서 ‘소리’에 대한 이

해는 필요하다. 왜냐하면 바이노럴 비트는 특정 ‘소리신호’로 뇌파를 조절하는 고유 주파수(Hz)이기 때문이고, 적절한 진동주파수를 통해 심신의 이완을 유도하고, 공명등의 작용을 통해 신체의 균형과 정화를 일으킬 수 있는 소리중재이기 때문이다. 현대의 음악치료, 소리치료는 이 ‘소리’에 반응하는 것을 토대로 하여 심신에 ‘변화’를 이끌어 가는 것이다.

소리의 치유기전에 대한 선행연구들의 주제어(key words)를 살펴보면, 배음, 공명, 맥놀이, 동기화 등이 있으며(Daengruan *et al.*, 2021; Liu *et al.*, 2022), 이상의 용어들은 소리와 심신의 이완 및 명상적 상태와의 연결을 이해하는데 기초적 내용이라 할 수 있겠다. 이중 배음(Harmonics)과 바이노럴 비트와의 관계에 대해 살펴보겠다.

최근 바이노럴 비트와 배음이 풍부한 음악이나 소리가 함께 결합하여, 바이노럴비트 명상적 음악이 많이 소개되고 있다. 배음이 풍부한 음악은 청자에게 더 깊은 정서적 감정적 반응을 일으키며, 바이노럴 비트와 함께 사용될 때, 뇌파를 특정 상태로 조절하는데 더 효과적일 수 있다. 이는 배음주파수에 소리의 풍부함과 디테일이 추가되어 청자의 인식과 감정에 영향을 주었기 때문이다. 따라서 이러한 방식으로 생성된 바이노럴 비트 음악은 뇌의 동조화 과정을 통해 청자의 심리적 및 생리적 상태에 변화를 가져오는 중재적 역할을 할 수 있다.

그렇다면 음색을 더 풍부하고 깊게 하는, 음악의 중요한 요소인 ‘배음’이란 무엇인가? 하나의 소리는 기본음과 배음주파수가 복합된 복합음으로 구성되어 있다. 즉 한 개의 음은 그 음의 기음만이 아니라, 그 배수로 발생하는 여러 배음들의 조합이라는 것이다. 예를 들어서 A3 음(가운 라)을 피아노로 쳤을 때, 이 음의 기본 주파수는 440Hz이지만 실제로는 여러 배음주파수가 함께 울리고 있는 것이다.

A3 음(440Hz)의 주요 배음들은 다음과 같다. 1배수(기본음): 440Hz (A3), 2배수: 880Hz (A4), 3배수: 1320Hz (E5), 4배수: 1760Hz (A5), 5배수: 2200Hz, 6배수: 2640Hz, 7배수: 3080Hz....16배수: (7040Hz). 한 개의 음은 기본음(1배수)을 중심으로 총 16배수의 서로 다른 소리가 함께 공명하며 음을 구성하고 있는 것이다.

따라서 배음은 소리의 질감, 음의 ‘색깔’ 등에 영향을 주며, 기본음보다는 소리의 크기가 작지만, 함께 어우러져 소리의 음색을 결정지게 된다. 또한 힘의 강도에 따라 음색이 달라지기도 한다. 예를 들어 첼로, 바이올린의 경우

활에 힘을 주는 강도에 따라 기음과 배음 주파수가 미세하게 다르게 나타난다. 배음은 소리의 다양성과 풍부함을 만들어내는 중요한 원리 중 하나이다. 따라서 듣는 이의 인식과 감정에 미세한 영향을 준다.

음악과 융합한 바이노럴 비트는 이미 정신 건강과 웰니스 연구에서 사용되고 있으며(Wiwatwongwana *et al.*, 2016; Sharma *et al.*, 2017), 뇌파의 안정화에 긍정적인 영향을 주는 것으로 평가받고 있다. 따라서 배음이 풍부한 음악과 바이노럴 비트를 통한 뇌파 조절은 청자의 정신적, 신체적 건강에 변화를 줄 수 있는 의미있는 중재가 될 수 있겠다.

공명과 명상적 뇌 최적화

공명(共鳴: Resonance)은 물리학 용어로서, 특정의 고유 진동수를 지닌 물체가 그와 비슷하거나 동일한 진동수를 가진 힘을 받을 경우, 진폭과 에너지가 크게 증가하는 현상이다. 공명은 소리치유를 설명할 수 있는 기본적인 물리 법칙중의 하나이다. 공명에는 자유진동(free vibration)과 강제진동(forced vibration)이 있다. 자유진동공명은 동일한 진동수를 가진 두 물체는 함께 동조하여 공명하는 것이다. 예로 만약 유리잔이 갖고 있는 고유 진동수와 같은 소리를 낼 수 있는 것이 있으면, 유리 글라스는 공명을 하게 되고, 만약 이 공명이 강하게 지속된다면, 큰 진폭의 진동 에너지가 형성되어 유리잔이 깨어지게 된다. 강제진동공명은, 고유진동수가 다른 2개의 물체가 만났을 때, 강한 진동수를 가진 것이 약한 진동수의 물체를 공명하고 이끌게 한다는 것이다.

이러한 공명의 원리를 통해, 소리주파수는 심신이완 및 안정화에 영향을 준다. 예를 들어보면, Singing Bowl(싱잉볼)의 경우, 특정 주파수의 싱잉볼 소리파동이 인체의 부분에 공명현상을 일으켜서 치유의 과정이 일어나게 된다. 즉 싱잉볼의 진동 주파수(e.g., C4: Approximately 262Hz)가 신체의 불균형한 곳에 강제진동공명이 되어, 불편한 곳을 조율하고 균형을 회복시키는 과정을 통해 소리치유가 일어나게 된다(Kim, 2019).

이와 같이, 소리 주파수는 파동을 만들어 그 진동의 에너지를 주위의 물체에 전하고, 서로 동일한 진동수를 가지고 있다면 자동 교감방식을 통해 자유공명이 일어나게 되고, 서로 다른 주파수를 가지고 있다면 강제교감을 통해 공명을 일으킬 수 있다. 더 강한 진동(안정된 것)은 약한 진동(불안정한 것)을 강제교감공명을 하게 한다는 원리는

‘소리 치유기전’ 중의 하나가 될 수 있다. 왜냐하면 소리 파동의 공명현상과 조율 균형을 통해 심신안정을 유지 및 증진 할 수 있기 때문이다. 이러한 원리를 통해, 바이노럴 비트의 공명현상과 뇌 최적화에 대한 이해를 할 수 있다.

명상적 뇌파공명을 설명하는데 있어서 주요한 원리 중의 하나는 ‘신경 가소성(neuroplasticity)’이다. 뇌는 신경 가소성이라는 특성이 있으며 다양한 자극과 신호전달 강도에 따라 신경세포 간 연결이 조절된다. 즉, 뇌는 생체 내외 환경에 반응하면서 그 기능과 형태를 조절하고 변화할 수 있는 능력이 있다.

바이노럴 비트를 사용한 명상적 뇌 최적화 동기화(Meditative brain optimization synchronization)란, 뇌파 안정화를 위해, 적절한 진동수(Hz)를, 음파를 통해 청각에 전달하고, 일정 주파수의 지속적인 자극을 통해, 뇌의 활동을 조절하면서 최적 상태의 뇌로 동조화는 것이다. 이는 신경 가소성을 촉진, 향상시키는 원리를 바탕으로 이해될 수 있겠다(Fig. 2).

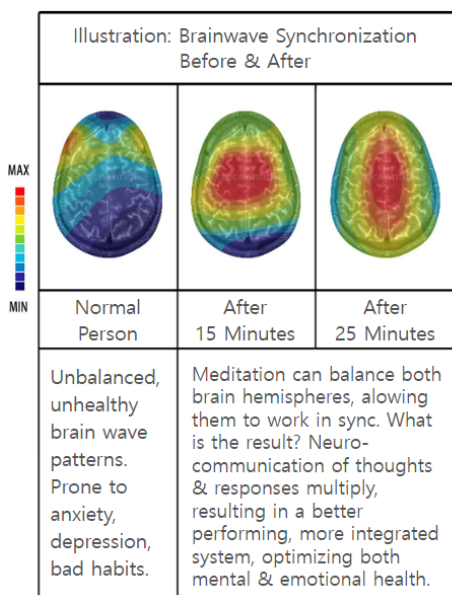


Fig. 2. Example of the brain synchronization, obtained from https://eocinstitute.org/meditation/w_hole_brain_synchronization/.

바이노럴 비트 주파수 자극을 이용해 뇌파를 조절할때, 최적의 뇌파 상태로 동기화를 얼마나 지속적으로 할 수 있는가에 대해 생각해 보면, 동기화는 계속적인 자극에 의해 활성화되므로, 마치 우리가 정서적 안정이 필요할 때 무언가를 반복해서하듯이, 주파수라는 소리 진동을 도구로 뇌

파를 효과적으로 반복 자극할 수 있고, 뇌의 동기화를 지속시킬 수 있다.

결론적으로, 바이노럴 비트는 우리의 뇌가 지속적으로 변화하고 적응할 수 있는 신경 가소성의 원리처럼, 청각적 자극을 통해 뇌의 특정 영역을 활성화시키며, 최적의 명상적 상태를 유지하고 향상시키는데 조력적인 역할을 할 수 있다. 즉 두 가지 패턴의 주파수 자극을 통해, 공명된 뇌파는, 조절되고 동기화되고 유지될 수 있다.

바이노럴비트와 맥놀이현상

맥놀이 현상을 통해 생성된 바이노럴 비트는 다양한 주파수 대역을 가진 뇌파 즉 Alpha (α), Theta (θ), Delta (δ)와 유사하다. 이는 바이노럴 비트, 맥놀이가 명상적 뇌 동조화 현상을 이끌어 낼 수 있는 잠재적 중재로 가능성이 있으며 이러한 공명 동조화를 통한 Beat 중재방법이 심신 안정감과 이완에 적용될 수 있음을 제시한다.

맥놀이 현상은 소리치유의 기전을 설명하는 주요한 이론 중의 하나이다. 국악, 불교음악에서도 배음구조를 통한 음색적 특징과 함께 맥놀이 현상 분석을 통해 소리 원리를 설명한다(Cho & Kim, 2011). 맥놀이란, 주파수가 비슷한 소리가 함께 동시에 울렸을 때 서로 간섭(Interference)을 하면서 생기는 Beat이다. 즉 비슷한 진동수를 가진 2개의 소리 동시에 울렸을 때, 미세한 비대칭성으로 인해, 진폭이 주기적으로 커지고 작아졌다 하면서 나타나는 현상이다. 예를 들어 340Hz와 342Hz 두소리가 합쳐 졌을 때, 그 중간인 341Hz의 소리가 1초에 2번(2Hz) 커졌다 작아졌다 한다. 맥놀이는 2개 주파수의 중간 주파수의 소리로 들리며, 맥놀이의 주파수는 2 주파수의 차이값이다.

맥놀이 현상은 이완 및 명상유도를 위한 소리치유(Sound healing)에 다양한 형태로 사용되고 있다. 소리치유의 한 예로 싱잉볼 살펴보면, 한개의 싱잉볼에서는 저음(low pitch)과 고음(high pitch)의 두 개의 음이 다양한 소리 파장을 만들어 내는데(기음과 배음의 조합을 통해), 이때 맥놀이 현상이 발생하게 된다. 예를 들어서 싱잉볼 D4 (Approximately 294Hz)를 쳤을 때, 수많은 파장이 생기면서 고음에서는 “잉” 저음에서는 “웅”하는 소리를 내고 지속적인 파장을 일으키면서 진동을 하는 것을 볼 수 있다. 이때 파동의 간섭현상 즉 보강 간섭, 상쇄 간섭이 일어나게 되고 이러한 과정에서 소리가 멈추는 듯한 영역이 생기

게 되는데, 이때 비가청 주파수 영역(e.g., 2- 11Hz정도)의 귀에 잘 들리지 않는 바이노럴 비트가 발생하게 된다. 이것이 맥놀이이다.

소리는 물체가 진동하면서 나오고, 인간이 의식적으로 들을 수 있는 가청 주파수는 20/30Hz-20000Hz 인데, 이외의 진동 주파수는 소리, 음으로 인식하기 어렵다. 앞에서 살펴본 바와 같이, 맥놀이 현상을 통해 다양한 뇌파 주파수 대역의 진동주파수가 형성된다. 소리치유에서 맥놀이, 바이노럴 비트 관련 연구를 하는 까닭은 바로 이 맥놀이 현상을 통해 생겨나는 바이노럴 비트가 정신적 안정감과 심신의 이완과도 밀접한 관련이 있기 때문이다. 따라서 바이노럴 비트는 소리치유기전을 설명하는데 기초적인 자료가 될 뿐만 아니라 최적의 뇌파공명(optimal brainwave resonance) 또는 명상적 뇌 최적화 동기화(meditative brain optimization synchronization) 관련 연구에도 의미있는 자원이 될 수 있다고 본다.

바이노럴 비트 명상음악(Binaural Beats Meditation Music)

바이노럴비트 음악명상은 ‘고요한 소리 공명(resonance) 명상’ 또는 ‘소리 주파수 명상’ 이다. 최근 디지털 플랫폼을 통해 제공되고 있는 바이노럴 비트 활용법 중 하나가 바이노럴 비트 명상음악이다. 다양한 주파수 영역의 바이노럴 비트 즉 Gamma (γ), Beta (β), Alpha (α), Theta (θ), Delta (δ)와 음악과의 조합을 통해 명상을 하는 것이다(Fig. 3).

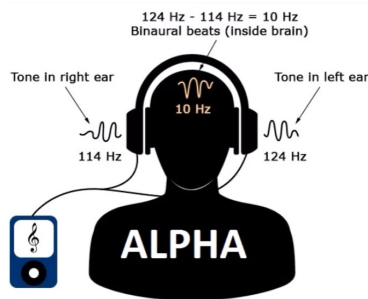


Fig. 3. Example of the Binaural beats meditation music obtained from Google search with a key word of Frequency Meditation Music.

‘고요한 소리공명 명상’인 바이노럴비트 음악명상은 단순히 음향적 작용을 통해 명상을 하는 것이 아니라, 정서적 공명을 통한 음악명상을 하는 것이다. 마치 감정적 공명 즉 한 사람의 기쁨이나 슬픔 같은 감정이 다른 사람에

게 전달되어 특정 행동을 유발할 수 있는 것과 같이(Hume, 2019; Choi & Chong, 2021), 고요한 소리주파수와 안온(安穩)한 정서가 함께 공명을 하면서 명상을 하는 것이다.

Cowen *et al.*,(2020) 음악이 일으키는 감정 범주를 다음과 같은 13가지로 제시하였다. A. Amusing(재미있는); B. Annoying(성가신); C. Anxious, tense(불안한, 긴장된); D. Beautiful(아름다운); E. Calm, relaxing, serene(평온한, 이완하는, 고요한);F. Dreamy(몽환적인); G. Energizing, pump-up(활력을 주는); H. Erotic, desirous(에로틱한, 욕망하는); I. Indignant, defiant(분노한, 도전적인); J. Joyful, cheerful(기쁜, 쾌활한); K. Sad, depressing(슬픈, 우울한); L. Scary, fearful(무서운, 두려운); M. Triumphant, heroic(승리하는, 영웅적인). 이와 같이 음악은 다양한 정서와 감정을 유발하고 공명하는데, 이중 E Types의 감정(e.g.,Calm, relaxing, serene)이 명상음악과 공명하는 정서의 예로 볼 수 있겠다.

음악에서 공명은 반향(reverberation), 조율(attunement) 등으로도 사용되는데, 음악을 청취하는 동안 청취자는 의식적으로 감정을 조정하려고 하지 않아도 자신의 정서나 감정이 음악으로 이전되거나 음악에 자신의 내적 경험이 반영되는 경험을 할 수 있다(Kim & Chong, 2020). 바이노럴 비트 음악명상은 음악과 결합된 소리주파수 공명과, 감정적 정서적 공명이 함께 일어나는 과정을 통해 명상을 하는 것이다.

즉 바이노럴 비트 명상음악은, 음악을 듣는 과정에서 뇌의 주파수를 특정한 상태, 즉 이완명상적 상태와 유사하게 공명시켜준다. 또한 불균형이었던 신체와 정서상태가 바이노럴음악 진동수와의 동조화과정을 거쳐 명상의 상태와 비슷하게 전환되면서 심신에 안정감과 균형감이 증진 될 수 있게 도와주는 음악이다(Ramdinmawii & Mittal, 2017). 실제로 음악치료에서 바이노럴 비트를 중재로 하여 신체적 이완을 넘어 다양한 대상군의 정서적 심리적 치료의 도구로 사용하고 있다(Liu, *et al.*, 2022; Daengruanetal, 2021).

음악치료는 체계적이고 구조적인 음악중재의 과정이다 (Kim, 2008; Chong, 2005) 즉 진단평가(Assessment), 치료 목적과 목표설정, 치료적용계획서 작성, 치료적용계획서 평가 등의 체계적인 치료과정을 통해, 대상자의 개별상황에 맞추어, 심신에 바람직한 변화를 유도하는 것이다(Bunt & Stige, 2014). 바이노럴 비트와 뇌파 공명을 활용한 명상 음악치료/음악명상은 Brain-Syn Program 뿐만 아니라 신

체와 마음의 조화로운 건강을 증진시키는 다양한 치료 프로그램에도 효과적인 자원으로 활용이 가능하다고 본다.

결과 및 고찰

본 연구는 바이노럴 비트가 뇌파 공명 및 동기화 과정을 통해 심리적 및 정신적 안정감과 명상에 미치는 영향에 대해 살펴보았다. 연구 내용은 바이노럴 비트와 Brain-Sync 과정, 공명과 뇌파의 이완 유도, 사운드, 그리고 뇌파 안정화, 맥놀이현상, 바이노럴 비트와 명상 음악과의 관계 등 다양한 측면을 포함하였으며 이에 대한 본 연구의 결과는 다음과 같다. 첫째, 바이노럴 비트는 뇌파의 동기화를 촉진하며, 특히 Alpha (α), Theta (θ), Delta (δ) 등 이완 관련 뇌파의 활성화를 유도하여 명상과 유사한 상태를 조성하고, 정신적 안정감 및 명상적 상태유지에 긍정적인 영향을 미치는 중재 역할을 한다. 둘째, 바이노럴 비트를 통한 뇌파 공명 현상은 제공된 바이노럴 비트의 주파수에 맞춰 자연스럽게 뇌파가 조절되는 과정이며 이는 보다 깊은 명상 상태에 도달하거나 더 빠르게 이완 상태에 이를 수 있게 도와준다. 뇌파 공명 및 동조화과정은 심리적, 생리적 이완 상태를 촉진시킬 뿐만 아니라 심신의 안정감 유지 및 향상에 적극적인 역할을 한다. 따라서 이러한 소리 주파수 자원은, 음악치료, 소리치유분야, 그리고 건강증진을 위한 헬스케어 응용분야에서 유의미한 중재로 적용되고 있다.

결론

본 연구는 바이노럴 비트의 특성과 그것이 뇌파 안정성 및 심신이완, 명상적 뇌파공명등에 기여하는 방식을 조명하였으며, 소리 주파수 진동이 정신적 및 신체적 웰빙에 미치는 잠재적 역할을 평가하였다. 또한, 본 연구는 명상 뇌파 조절의 동기화 메커니즘을 이해함으로써, 소리 주파수가 뇌파 활성화 및 명상적 상태의 정상화에 미치는 영향을 탐구하였다. 이는 바이노럴 비트를 활용한 건강 증진 및 치료적 개입의 과학적 근거를 강화하고, 심리적 및 신체적 웰빙에 미치는 긍정적 영향과 관련한 기초자료를 제공하고 하였다.

향후 연구는 바이노럴 비트의 효과를 더 면밀하게 이해하고, 이를 통해 개발될 수 있는 맞춤형 치료법 및 건강 증진 프로그램의 효과성을 평가함으로써, 이 기술의 실질

적인 적용 가능성이 확장될 수 있을 것으로 본다. 또한 연구의 심화와 함께, 바이노럴 비트를 활용한 치료 및 건강 증진적 접근의 과학적 기반이 결합이 요구되고, 이에 대해 의료 분야 및 다양한 연구 영역에서의 추가적인 탐구가 더 필요하다고 생각된다.

References

- Baakek, Y.N. and A. Debbal. 2021. Digital drugs (binaural beats): How can it affect the brain/their impact on the brain. *Journal of Medical Engineering & Technology* 45(7): 546-551.
- Basu, S. and B. Banerjee. 2020. Prospect of brainwave entrainment to promote well-being in individuals: A brief review. *Psychological Studies* 65(3): 296-306.
- Bell, A.E. 1941. The horologium oscillatorium of Christian Huygens. *Nature* 148(3748): 245-248.
- Bennet, A. and D. Bennet. 2008. The human knowledge system: Music and brain coherence. *Vine* 38(3): 277-295.
- Bunt, L. and B. Stige. 2014. *Music therapy: An art beyond words*. Routledge. UK.
- Chaieb, L., E.C.Wilpert, T.P. Reber, and J. Fell. 2015. Auditory beat stimulation and its effects on cognition and mood states. *Frontiers in Psychiatry* 6: 70.
- Cho, W.J. and J. Kim. 2011. Study on the timbral characteristics of jings based on their harmonic structures. *Journal of Music Theory Research* 16: 30-47.
- Chong, H.J. 2005. *Understanding and application of music therapy*. Ewha Womans University Press.
- Chong, J.J. 2022. *The influence of binaural beats on brainwaves: a comparison of the effects of audible and inaudible frequencies*. Master's Thesis, Graduate School of Konkuk University, Chungcheongbuk-do, South Korea.
- Cowen, A.S., X. Fang, D. Sauter, and D. Keltner. 2020. What music makes us feel: At least 13 dimensions organize subjective experiences associated with music across different cultures. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117(4): 1924-1934.
- Curtis, D., E.M. Unit, and E. Conservatorium. 2007. *Binaural beats, brain wave entrainment and the hemi-sync process*. Electronic Music Unit. Elder Conservatorium. University

- of Adelaide.
- Daengruan, P., R. Chairat, R. Jenraumjit, D. Chinwong, A. Oon-Arom, J. Klaphajone, and P. Arunmanakul. 2021. Effectiveness of receptive music therapy with imbedded 10 Hz binaural beats compared with standard Care for Patients with major depressive disorder: A randomized controlled trial. *Complementary Therapies in Medicine* 61: 102765.
- Dash, D. 2014. Advanced signal processing techniques to study normal and epileptic EEG. arXiv preprint arXiv: 1401.5791.
- Egner, T. and J.H. Gruzelier. 2004. EEG biofeedback of low beta band components: Frequency-specific effects on variables of attention and event-related brain potentials. *Clinical Neurophysiology* 115(1): 131-139.
- Engelbregt, H., M. Barmentlo, D. Keeser, O. Pogarell, and J.B. Deijen. 2021. Effects of binaural and monaural beat stimulation on attention and EEG. *Experimental Brain Research* 239(9): 2781-2791.
- Fahrion, S.L., E.D. Walters, L. Coyne, and T. Allen. 1992. Alterations in EEG amplitude, personality factors, and brain electrical mapping after alpha-theta brainwave training: a controlled case study of an alcoholic in recovery. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research* 16(3): 547-552.
- Fisher, C.E., L. Chin, and R. Klitzman. 2010. Defining neuromarketing: Practices and professional challenges. *Harvard Review of Psychiatry* 18(4): 230-237.
- Gloor, P. 1969. Hans Berger on electroencephalography. *American Journal of EEG Technology* 9(1): 1-8.
- Goldsby, T.L., M.E. Goldsby, M. McWalters, and P.J. Mills. 2022. Sound healing: Mood, emotional, and spiritual well-being interrelationships. *Religions* 13(2): 123.
- Hima, C.S., A. Asheeta, C.C. Nair, and S.M. Nair. 2020. A review on brainwave therapy. *World Journal of Pharmaceutical Sciences* 8(11): 39-73.
- Hwang, M.H., L. Bunt, and C. Warner. 2023. An eight-week zen meditation and music programme for mindfulness and happiness: qualitative content analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 20(23): 7140.
- Hume, D. 2019. *A treatise of human nature*. Prague: E-Artnow.
- Kassim, R.A., A.S. Ibrahim, N. Buniyamin, and Z.H. Murat. 2012. Analysis of human's brainwave pattern among active and inactive person. In 2012 International Conference on System Engineering and Technology (ICSET) (pp. 1-5). IEEE.
- Kim, H.J. and G.R. Lee. 2019. Study on the natural healing significance of tibetan singing bowl therapy. Master's Thesis, Glocal Convergence Graduate School, Sun Moon University.
- Kim, K.S. 2008. Development of a music therapy diagnostic evaluation tool for children with pervasive developmental disorders. *Journal of the Korean Music Therapy Association* 10(1): 1-18.
- Kim, K.S. and H.J. Chong. 2020. The grounded theory on self-empathy phenomenon in music and imagery experience. *The Korean Journal of Arts Therapy* 20(1): 25-44.
- Lim, J.H. 1998. Research on the implementation of a binaural sound quality evaluation system. *Proceedings of the Acoustical Society of Korea Conference*, 283-286.
- Liu, Z.B., Y.S. Liu, L. Zhao, M.Y. Li, C.H. Liu, C.X. Zhang, & H.L. Li. 2022. Short-term efficacy of music therapy combined with α binaural beat therapy in disorders of consciousness. *Frontiers in Psychology* 13: 947861.
- Puzi, N.M., R. Jailani, H. Norhazman, and N.M. Zaini. 2013. Alpha and Beta brainwave characteristics to binaural beat treatment. In 2013 IEEE 9th International Colloquium on Signal Processing and its Applications (pp. 344-348). IEEE.
- Ramdinmawii, E. and V.K. Mittal. 2017. The effect of music on the human mind: A study using brainwaves and binaural beats. In 2017 2nd International Conference on Telecommunication and Networks (TEL-NET) (pp. 1-7). IEEE.
- Ricard, M., A. Lutz, and R.J. Davidson. 2014. Mind of the meditator. *Scientific American* 311(5): 38-45.
- Robbins, J. 2008. *A symphony in the brain: The evolution of the new brain wave biofeedback*. Grove Press.
- Sharma, S., S. Rewadkar, H. Pawar, V. Deokar, and V.M. Lomte. 2017. Survey on binaural beats and background music for increased focus and relaxation. In 2017

- International Conference on Emerging Trends & Innovation in ICT (ICEI) (pp. 98-103). IEEE.
- Thakor, N.V. and S. Tong. 2004. Advances in quantitative electroencephalogram analysis methods. *Annu. Rev. Biomed. Eng.* 6: 453-495.
- Turow, G. and J.D. Lane. 2012. Binaural beat stimulation: Altering Vigilance and Mood States: Gabe Turow and James D. Lane. In *Music, Science, and the Rhythmic Brain* (pp. 131-145). Routledge.
- Vernon, D., T. Egner, N. Cooper, T. Compton, C. Neilands, A. Sheri, and J. Gruzelier. 2003. The effect of training distinct neurofeedback protocols on aspects of cognitive performance. *International Journal of Psychophysiology* 47(1): 75-85.
- Walter, W.G. 1950. Electroencephalography. *Rec. Progr. Psychiat.* 2: 76-93.
- Wiwatwongwana, D., P. Vichitvejpaisal, L. Thaikruea, J. Klaphajone, A. Tantong, and A. Wiwatwongwana. 2016. The effect of music with and without binaural beat audio on operative anxiety in patients undergoing cataract surgery: A randomized controlled trial. *Eye* 30(11): 1407-1414.
- Yadav, G.S., F.J. Cidral-Filho, and R.B. Iyer. 2021. Using heartfulness meditation and brainwave entrainment to improve teenage mental wellbeing. *Frontiers in Psychology* 12: 742892.