

Binaural beat uyarınının nöroterapi'deki önemi

Mesud Soydan, Ahmet Koyu

Stüleyman Demirel Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fizyoloji AD, Isparta.

Özet

Giriş: Nöroterapi ; epilepsi, dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu gibi çeşitli merkezi sinir sistemi hastalıklarında tamamlayıcı tedavi olarak kullanılmaktadır. Bu metod davranışsal tıbbın bir alt kolu olarak psikonörolojik tedavilerde de göz önünde bulundurul-maktadır. Bununla birlikte henüz mekanizmaları iyi anlaşılammıştır. Bu makalede temel alınan sinir fiyolojisi ve yapılan klinik çalışmalar ışığında nöroterapide kullanılan bir teknik olarak hemisferik senkronizasyon ve binaural beat ses tonlarının nörofizyolojik mekanizma-ları ile klinik ve deneysel uygulama sonuçları yer almaktadır.

Sonuç: Binaural Beat tonları, beyin dalgalarını istenen frekansa sürüklemek için kullanıla-rak bilinç durumu değiştirilebildiği gibi, bu duruma uygun olarak birçok bilişsel sürecin araştırılmasın-da noninvaziv uyarıcı olarak kullanılabilir. Bunun yanında etkilediği nörotransmitter sistemlerinin de frekans aralıkları bilimsel metodlarla tespit edilerek birçok nörotransmitter salınım bozukluklarında al-ternatif bir terapi metodu olarak kullanılabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Nöroterapi, binaural beats, hemisferik senkronizasyon

Abstract

Pre-dialytic nutrition

Introduction: Neurotherapy is used as a complementary therapy of central nervous system diseases, such as epilepsy, attention deficit and hyperactivity disorder,. This method consider sub-branch of behavioral medicine as a pshyconeurological treatments . However, mechanisms not yet well understood. In this article, in the light of clinical studies and the underlying neural physiology of hemispheric synchronization is used as a technique in neurotherapy and neurophysiological mechanisms of binaural beat audio tones with the results of clinical and experimental application is located.

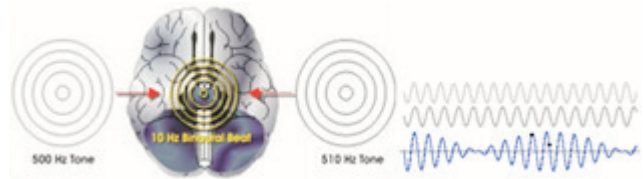
Conclusion: Beat Binaural tones can use for drag brain waves to desired frequency. With the help of these technique alter the states of consciousness and useful methods for noninvasive stimulant for cognitive process investigations. In addition, frequency ranges of affected neurotransmitter systems determined by scientific methods and should be considered an alternative therapy.

Keywords: Neurotherapy, Binaural beats, Hemispheric synchronization,

Giriş

Normal işiten insanlar, aralarında frekans farkı bulunan iki ses tonu, iki kulağa ayrı ayrı dinletildiğinde Binaural Beat denen üçüncü bir vuru algılar (1) Binaural beat; (binaural: iki kulakla ilgili, beat: atım,vuru) iki kulağa farklı frekanslarda verilen ses tonlarının, aralarındaki frekans farkı kadar superior kollikulusta üçüncü bir frekans oluşmasıdır. Örneğin sağ kulağa 500 Hz sol kulağa 510 Hz saf ses tonu dinletildiğinde 10 Hz frekans superior kollikulusta oluşur. Bu 10 Hz'lik frekans beyin dalgalarından alfa

fre-kansıdır ve dinletilen bu ses beyinin frekans takip cevabıyla, baskın beyin dalgalarını alfa frekansına sürüklemek için kullanılabilir. Sonuçta beyinde hakim frekans 10 Hz alfa fre-kansı olur. (2)



Şekil 1: sol kulağa 500 sağ kulağa 510 Hz saf ses tonu verilmesi aradaki frekans farkı kadar (10Hz) binaural beat oluşmasına neden olur (<http://www.noiseaddicts.com>)

Yazışma Adresi: Uzm. Biolog. Mesud Soydan
SDÜ Tıp Fakültesi Fizyoloji AD. 32260 Isparta
Tel: +90 246 2113610 - +90 544 5040970
E mail: mesudsoydan@yahoo.com

Müracaat tarihi: 13.04.2011
Kabul tarihi: 07.08.2011

Fizikçi William Henry DOWE tarafından 1935'te keşfedilen binaural beat algılama, kulaklar arasındaki uzaklıktan dolayı, ses dalgalarının iki kulağa farklı fazlarda gelme-siyle, ses kaynağının yerinin tespitine yaramaktadır(2).

İlk olarak 1973'te Oster Audituar Beats in the Brain adlı, Scientific American'da yayınlanan makalesinde, binaural beat ses dalgalarının EEG'de kaydedilebildiğini göstermiştir. Oster'e göre binaural beats, beyin sesin lokalizasyonunu nasıl belirlediğini anlamada, bilişsel ve nörolojik çalışmalar için güçlü bir araç, hatta işitsel bozuklukları olmayanlar için potansiyel olarak kullanışlı bir nörolojik diagnostik metottur. Örneğin Oster parkinson hastalarının binaural beat algılayamadıklarını buldu, bu tip hastalar parkinson tedavisinden sonra binaural beat'i algılamaya başladılar. Bir diğer bulgu ise binaural beat algılamasının cinsiyete göre farklılıklar göstermesi, özellikle kadınlarda menstural siklusun pik yaptığı dönemde algılamının artmasıdır. Buna göre Oster bunun östrojen düzeyiyle ilgili olabileceğini ileri sürdü (2)

Binaural beat özellikle eşik seviyesinin yakın değerlerinde algılanır. İki frekanstan biri süperliminal diğeri subliminal olsa bile binaural beat sinyalleri algılanabilir. Bunun altında yatan sebep muhtemelen algılamının kulakta değil superior olivar nukleusta oluşmasıdır. (3)

Binaural beat'in merkezi sinir sistemindeki etkileri anestezi altındaki kediler veya uyanık makak maymunları gibi memelilerde de görülebilir. Binaural beat'in beyin korteksindeki etkisi özellikle bilateral temporal kortekste görülür. Sonuçlar göstermektedir ki, özellikle işitsel korteks olmak üzere serebral korteks, yavaş dalga binaural beat stimülasyonu ile senkronize olmaktadır (16). Saçlı deri üzerinden kaydedilen EEG dalgaları kişinin bilinç durumuna göre farklılıklar göstermektedir. Alfa, beta, delta, teta ve gamma dalgaları değişik bilinç durumlarını gösterir. EEG kayıtları bilinci göstermez sadece bilinç durumuna göre beyin korteksindeki nöronların ateşleme frekans ve amplitüdündeki değişiklikleri gösterir (5).

Kortekste nöronal aktivite daha derinlerden beyin sapındaki retiküler aktive edici sistemden kaynaklanır. Retiküler aktive edici sistem kişinin uyku, uyanıklık durumunu kontrol ettiği gibi duyuşsal uyarılarla da bu sistemin aktivasyon derecesi kontrol edilebilir (6). Duyuşsal uyarılarla retiküler sistem üzerinden, korteksin aktivasyonunu kontrol etme tekniklerinden biri de binaural beat ses dalgalarıyla audituar yollar

üzerinden bilinç durumunu değiştirmektir. Retiküler sisteme de lifler gönderen audituar yollar bilinç durumundaki değişikliğe neden olabilir ve EEG'de beyin dalgalarının sürüklenmesi yoluyla, dalga frekansını değiştirdiği insan kafatası verteksinden kaydedilebildiği gösterilmiştir (6,7,8).

Fizyolojisi

Binaural beat ses tonlarının frekans takip cevabıyla hemisferik senkronizasyona neden olan fizyolojik mekanizmalarını anlayabilmek için, öncelikle beyin aktivasyon derecesini ayarlayan mekanizmaların ve işitsel yollarla olan ilgisinin bilinmesi, daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır.

Beynin aktivasyon derecesi, beyin sapında özellikle retiküler formasyon ve retiküler formasyondan kaynaklanan nörohormonal sistemler-ce ayarlanır. Retiküler formasyona gelen duyuşsal bilgi de retiküler formasyonun aktivasyonunu etkiler. İşitsel yollardan da retiküler formasyona birçok lif gönderilmektedir (8).

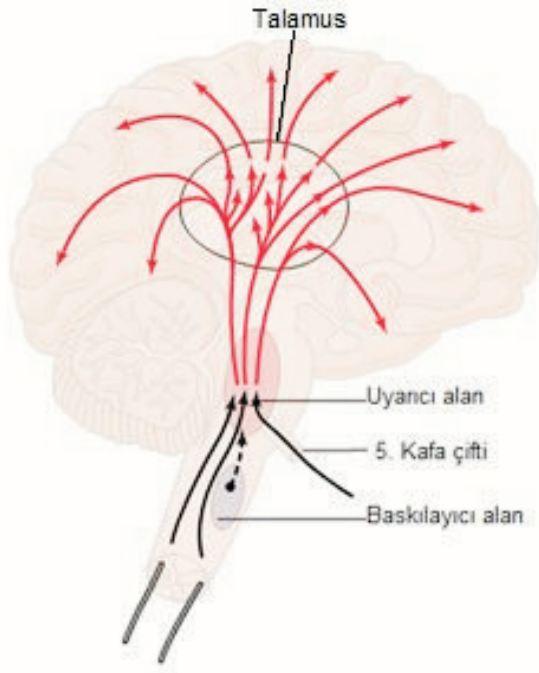
Beyin Aktivitesinin Beyin Sapından Gelen Sürekli Uyarılarla Kontrolü

Beyin sapının mezensefalon ve beyin arasında ciddi bir bası altında kalması hastanın kalıcı komaya girmesine neden olması beyin sapının, beyin aktivasyonu üzerindeki önemini göstermektedir. Beyin sapındaki sinir sinyalleri beyin serebral kısmını iki şekilde uyarır:

1. Beynin geniş alanlarında arka plandaki aktiviteyi doğrudan uyarmak ve
2. Özgül kolaylaştırıcı veya baskılayıcı, hormonbenzeri nörotransmitter madde-lerin, beyin belli alanlarına salgılanmasını sağlayan nörohumoral sistemleri etkinleştirmek.

Uyarıcı ve Baskılayıcı Alanlar

Beyin sapının retiküler aktive edici alanı, pons ve mezensefalon'un retiküler kısmındaki uyarıcı bir alandır (Şekil-2) (Bulboretiküler fasilitatör alan). Bu alan aşağıya, omuriliğe gönderdiği sinyallerle omurilik reflekslerini kolaylaştırmakta ve yerçekimine karşı kasların tonsunu sağladığı gibi, yukarıya doğru da yoğun sinyaller gönderir. Bunların çoğu talamusa giderek subkortikal yapılara ve serebral kortekse sinyal ileten farklı nöron gruplarını uyarır.



Şekil 2: İnsan beyin sapında uyarıcı ve baskılayıcı alanlar beynin aktivasyon derecesini belirler (8).

Talamusa geçen sinyaller iki tiptir. Birincisi beyni sadece birkaç milisaniye uyararak hızlı aksiyon potansiyelleridir. Beyin sapı retiküler alanındaki asetilkolin salgılayan büyük sinir hücrelerinden kaynaklanır.

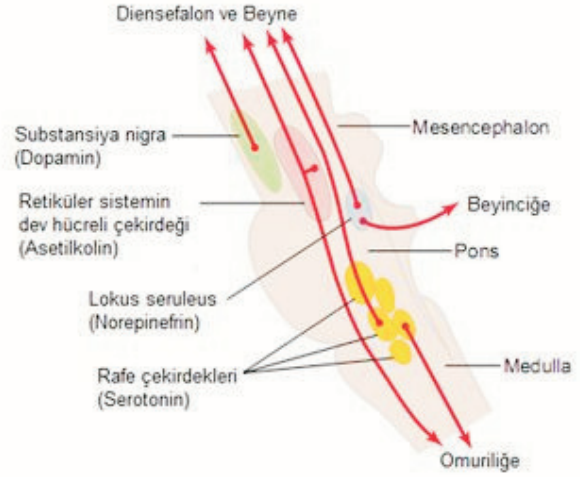
İkinci tip uyarı retiküler alan boyunca yayılmış çok sayıda küçük nöronlardan kaynaklanır ve yavaş liflerle iletilir. Lifler başlıca talamusun intralaminar çekirdeğinde ve talamusun yüzeyindeki retiküler çekirdeklerle sinaps yapar. Ek bazı lifler kortekse yayılırlar. Bu sistemin uyarıcı etkisi beynin uzun süreli arkaplan uyarılabilirlik düzeyini kontrol etmede özel önem taşır.

Beyin sapı retiküler uyarıcı alanının ve beynin aktivite düzeyi büyük oranda periferden gelen sinyallerle belirlenir. Özellikle ağrı bu aktiviteyi artırarak yüksek bir dikkat durumuna getirir. Eğer beyin sapı beşinci kranial sinirin üstünden kesilirse, tüm duyuşsal uyarı ortadan kalkar. Beyin derhal azalmış aktivite düzeyine gelerek komaya girer.

Bulbusta medial ve ventral olarak yerleşmiş alan ise retiküler baskılayıcı alandır (Şekil-2). Bu alan retiküler aktive edici alanı baskılayabilir, böylece beynin aktivitesi azalır. Bu sistemin kullandığı mekanizmalardan biri beynin çok önemli noktalarında baskılayıcı olan serotonini salgılayan serotonerjik nöronları uyarmasıdır.

Nörohormonal Kontrol

İnsan beyininde Locus seruleus, pons ve mezensefalon arasında çift taraflı yerleşmiştir (Şekil- 3). Buradan çıkan lifler norepinefrin salgılar ve beyni yüksek aktivite düzeyine getirirler (Uykuda REM' den sorumludur).



Şekil 3: İnsan beyin sapında nörohormonal sistemler (GUYTON 2007)

Substantia nigra, bazal ganglionlarla ilişkilidir. Üst mezensefalonda öne doğru yerleşmiştir (Şekil 3). Sinir uçları, kaudat çekirdek ve putamende sonlanarak dopamin salgılar. Bunun yanında beynin ventralinde özellikle hipotalamus ve limbik sistemde de sonlanır. Dopamin bazal ganglionlarda baskılayıcı olmakla birlikte beynin diğer alanlarında uyarıcı da olabilir. Pons ve medullanın ortasında rafe çekirdekleri denen birkaç ince çekirdek vardır, çoğunluğu serotonin salgılar (Şekil 3). Liflerinin büyük bir bölümü diensefalona bir kısmı da kortekse gider. Bunun yanında birçok lif de omuriliğe iner ve ağrıyı baskılayıcı etki gösterir. Diensefalon ve serebellumda da baskılayıcıdır ve uykuya neden olur. Pons ve mezensefalonun retiküler aktive edici alanındaki dev nöronlardan çıkan lifler ikiye ayrılır. Bir kısmı omuriliğe, bir kısmı da üst beyine çıkar (Şekil-3). Asetilkolin salgılayarak zihinde uya-nıklığa neden olur (8).

Merkezi İşitme Yolakları ve Beyin Sapı

Cortinin spiral ganglionundan çıkan sinir lifleri, medullanın üst bölümündeki dorsal ve ventral kohlea çekirdeklerine gider. Burada liflerin tümü sinaps yapar ve ikinci nöronlar aksonlarını superior olivar çekirdeğe gönderir. Buradan çıkan işitme yolakları

lateral lemniskus içinde yukarı tırmanır. Bu liflerin bazıları lemniskusun lateral çekirdeğinde sonlanır ve birçoğu da burayı geçerek inferior koli-kulusa gider. Yolak buradan çıkıp medial genikulat çekirdekte sinaps yapar. Son olarak auditorar radyasyonlar yoluyla esas olarak temporal lobun superior gyrusundaki işitsel kortekse gider (Şekil-4).

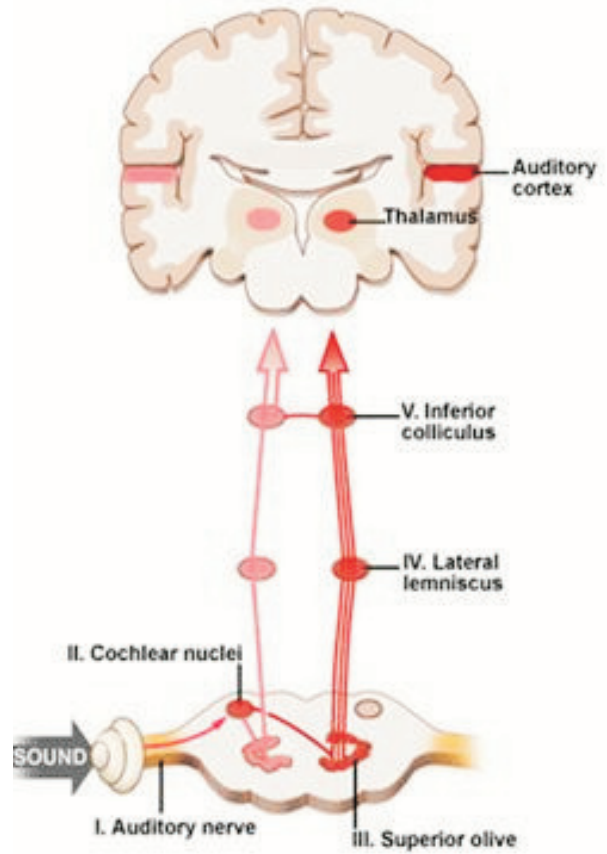
İşitme yollarından çıkan çok sayıda kollateral lif beyin sapının retiküler etkinleştirici sistemine doğrudan gitmektedir. Bu sistem diffüz bir şekilde yukarıda beyin sapına ve aşağıda omuriliğe yayılmaktadır. Yüksek seslere cevap olarak tüm sinir sistemini etkin hale geçirmektedir.

Ses yönünü belirlemede kullanılan nöral mekanizmalar.

İster insan ister daha aşağı hayvanlarda olsun, beynin her iki yanındaki işitme korteks-lerinin haraplanması sesin geldiği yönü belirleme becerisini hemen tamamıyla ortadan kaldırır. Bu yön belirleme işlemi için kullanılan nöral çö-zümleme mekanizmalarının şu şekilde olduğuna inanılmaktadır.

Superior olivar çekirdek 1) Medial superior olivar çekirdek ve 2) Lateral superior olivar çekirdek olarak ikiye ayrılır. Lateral çekirdek sesin geldiği yönün belirlenmesiyle ilgilidir. Basitçe iki kulağa ulaşan sesin şiddetleri karşılaştırılmakta ve yönü belirlemek için kor-tekse sinyal göndermektedir.

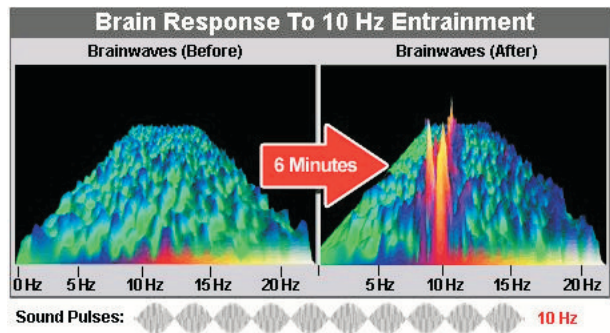
Öte yandan medial superior olivar çekirdek iki kulağa giren akustik sinyaller arasındaki zaman boşluğunu saptayacak özgün bir mekanizmaya sahiptir. Bu çekirdek biri sağa diğeri sola giden iki ana dendriti bulunan çok sayıda nöron içermektedir. Sağ kulaktan gelen akustik sinyal sağ dendrite, sol kulaktan gelen sol dendrite ulaşır. Her nöronun uyarılma şiddeti iki kulaktan gelen sinyaller arasında geçen zaman boşluğuna aşırı derecede duyarlıdır. Çekirdeğin bir kenarındaki nöronlar kısa bir zaman boşluğuna en yüksek yanıtı verirken, karşı taraftaki nöronlar uzun bir zaman boşluğuna yanıt vermektedir. Bu iki uç arasında kalan nöronlar ise ara değerlere sahiptir. Seslerin bu uzamsal konuşlandırılması daha sonra işitme korteksine uğrayan nöronların yerleşim yerleri tarafından belirlenir. Sesin yönünü belirlemek için kullanılan bu işaretlerin farklı bir yol üzerinden kortekse giderek, serebral kortekste farklı bir lokusu uyardığına inanılmaktadır (8).



Şekil 4 İşitsel yollar ve çekirdekler (www.neuroreille.com)

Beyin Dalgalarının Dış (İşitsel) Uyarılarla Sürüklenmesi

Nöronlar kendilerini aktifleyen uyarılarla senkronize aktivasyon gösterirler. ERP: event related potential: olay ilişkili potansiyel. Duyusal uyarılarla ilişkili olarak EEG de kaydedilen kortikal aktivasyonlardır. Duyusal uyarıların frekansı nöronların ateşlemesiyle birlikte beyin dalgalarının sürüklenmesine ve uyarının frekansıyla senkronizasyonuna neden olur (9)



Şekil 5: Beyin dalgalarının sürüklenmesi (www.allthingspsychic.com)

Birçok çalışmada işitsel stimulusla fre-kans takip cevabının, insan beyninin vertex 'inden kayıt edildiği gösterilmiştir (Şekil- 5). Bu EEG aktivitesine frekans takip cevabı denir, çünkü bu periyot stimulus frekansıyla uyumlu-dur. Binaural beat stimülasyonunun bilinç du-rumunda değişikliği teşvik ettiği görülmektedir. Farklı beyin dalga frekanslarının farklı algısal, motor veya bilişsel durumlarla ilgili olduğu bilinmektedir. Periyodik işitsel uyarılarla senkronize olan beyin dalgaları çeşitli kognitif fonksiyonları etkiler. Örneğin beta ve gamma frekansındaki senkronizasyonun öğrenme ve hafıza oluşumuyla ilgili bilişsel fonksiyonları etkilediği bildirilmiştir(6).

Frekans takip cevabı (Frequency Follo-wing Response: FFR), hemen hemen kesinlikle beyin sapından oluşur. Çünkü FFR cevabı bu seviyede 6ms latent periyod gösterir. FFR inferi-or colliculus seviyesinde oluşur, bu seviyede işitsel yollar çeşitli entegrasyonlara sahiptir: Su-perior olivar kompleks (lateral lemniskusun dorsal çekirdeği) ve inferior colliculus'un kendisi. Gerçekte binaural interaksyon bu çekirdekte oluşur, bu yüzden inferior kollikulus'un FFR'nin kaynağı olduğu kanıtlanmış olur (10). Daha önceleri yapılan insan beyin fizyolojisi çalışmalarında, beyin aktivitesinin bir dış uyarılarla senkronize olduğu gösterilmiştir. İlk araştırmalarda Gamma 30-50 Hz İşitsel uyarı kullanılarak yapılmış, 10Hz ve altında işitsel uyarı kullanılanlar ise daha yakın zamanlarda yapılmış ve EEG aktivitesinin büyük kısmında, periyodik işitsel uyarılarla senkronize olduğu gösterilmiştir (6). Scalp'tan kaydedilen insan frekans takip cevabı göstermektedir ki, rostral beyin sapının nöral element popülasyonlarının faz ilişkili aktivasyonundan kaynaklanmaktadır. Çünkü frekans takip cevabı birçok nöral alt popülasyonun farklı frekanslarda verdiği cevaplar ve verdiği cevaptaki gecikme (latend period) bu cevabın rostral beyin sapında oluştuğunu göstermektedir (11).

Bilinç –Beden- EEG ve Binaural Beat

Bilinç ile beyin sapının ilişkili olduğu hakkında birçok kanıt vardır. Bunlardan birincisi üst beyin sapı hasarlarında komanın oluşmasıdır. Böyle bir durumda çoğu zaman hastanın bilinci geri gelmez. İkinci kanıt beyin sapı retiküler formasyonunun elektriksel uyarımı daima uya-nıklık ve dikkat durumuna neden olur. Bunun gibi kanıtlar beyin sapıyla bilinç arasındaki ilişkiyi gösterir ve bu sistemin elemanları şu şekilde özetlenebilir:

a) Beyin sapı, retiküler aktive edici sistemi ve bunun

çıkan yollarını içerir

b) Çıkan retiküler aktive edici sistem serebral korteksi aktive eder

c) Korteks uyarılması uyanıklık ve dikkat durumuna neden olur

d) Dikkat ve uyanıklık durumu zorunlu olarak bilinci oluşturur.

Beyin sapındaki bazı çekirdeklerin uzun süredir yaşamın düzenlenmesiyle ilgili olduğu bilinmektedir. Bu çekirdekler hipotalamusa yakın bölgede bulunur. Bu nedenle, bilinç ile hemostazın düzenlenmesi arasında ilişki bulunduğu düşünülmektedir. Bu düzenlenmenin 3 bileşeni vardır. Retiküler formasyon, Beden ve Bilinç. Retiküler formasyon ve bilinç arasındaki ilişki ve bilinç ile hemostaz arasındaki ilişki bu düzenlenmeyi sağlar.(13)

Beyin-Bilinç ve Akıl alanında birçok yorum yapılmakla birlikte felsefi bakımdan epistemolojik olarak hala bilimsel bir açıklamaya kavuşmamıştır. Tartışmalı olan bilincin beyin veya vücuttan ayrı mı, yoksa bir bölgede lokalize olup olmadığı soruları hala karşılık bulamamıştır. Bilimsel yöntemlerle bilincin nörokimyasal ve elektrofizyolojik bir fenomen olduğu tezi nörofizyologlar tarafından ortaya atılmıştır. Bir görüşe göre de bilinç: nöronların ateşlemesi ve nörokimyasalların bu aktivasyonu düzenlemesi sonucu ortaya çıkan bir fenomendir (5). Bilgisayarla bilinç arasında da benzerlik kurularak, beynin bilgisayarın donanım parçaları, bilincin ise işletim sistemi olduğu öne sürülmektedir.

Nörofizyologlar beyin aktivitesinin genel anestezi altında çok fazla değişmediğini bulmuşlardır, tek fark bilinçli deneyimin içeri-ğidir. Bu durum hipnoz, hipnogoji veya eks-tazi durumundaki gibidir. Beyin anestezi altında da çalışmaya devam etmektedir. Yaygın kanı olarak bu durum parasempatik dominansı olarak açıklanmaktadır. Bu durumda bile bilim adamları bilincin lokalizasyonu ve nörokimyasal bir fenomen olduğu konusunda birçok şüpheleri ortaya koymaktadır. Beyin algı durumunu değiştiren anestezi bilinç üzerine etkili olmamakta sadece bilinçli algı durumunu değiştirmektedir. Bazı araştırmacılar ve fizikçilere göre lokalizasyonsuz olaylar ise atom altı ölçekte quantum evreninde gerçekleşmektedir. Bilimsel kanıtlar bilincin nonlokalize bir fenomen olduğunu göstermektedir. Eğer bilinç beyinde değilse neden araştırmacılar EEG kaydını bilinci araştırmak için kullanmaktadır? Çünkü bilinci bir cihaz yardımıyla ölçmenin objektif bir metodu yoktur. Bilinç ve akıl, vücut ile beynin nörolojik yapısı arasında bir fenomen, bir ara yüz olarak görülmektedir.

Bu alan cihazlarla ölçülemez. Diğer yandan vücudun ürettiği potansiyeller pekala kaydedilebilir. Korteksten ölçülen EEG özellikleri beynin elektronörolojik aktivitesini gösterir. EEG ölçümü beynin nörolojik yapısından vücut ile bilinç arasındaki ara yüzü ölçmenin tek yoludur ve kabaca bilincin durumu hakkında araştırmacıya bilgi sağlar (5). Bunun yanında, çeşitli bilinç durumlarıyla, EEG dalga genlikleri arasındaki ilişki geçmişte belirlenmiştir. Buna göre dört kategoriye ayrılabilir: Delta (0.5-4Hz derin uyku), Teta (4-8 Hz. Uykunun REM dönemi, Hayal kurma, Uykulama, Düşünme ve tasarlama), Alfa (8-12Hz. Meditasyon, rahatlama ve gevşeme, dinlenme durumları), Beta (12-40 Hz. Dikkat, alarm ve farkındalığın arttığı hiper uyanıklık durumları-bazı kaynaklarda 30-50Hz arası Gamma dalgaları olarak ayrılır.) (13). İstenen mental durum örneğin işitsel stimulusla beyin dalgalarının istenen frekansa sürüklenmesiyle elde edilebilir (14). Binaural beat beynin elektrokimyasal özelliklerini değiştirerek farklı bilinç durumları ortaya çıkarabilir. Düşük frekanslar, hipnoz ve hipnogoji gibi relaks durumları ortaya çıkarırken, yüksek frekanslar dikkat ve alarm durumu gibi farkındalığın arttığı durumları ortaya çıkarabilir (5). Bunu da işitsel yolların retiküler sisteme gönderdiği dallar üzerinden sağlayabilir. Retiküler formasyon homojen nöronlardan çok anatomik ve fonksiyonel olarak birbirinden farklı nöron gruplarından oluşur. Retiküler formasyonun her komponenti serebral korteksin farklı elektrofizyolojik modülasyon-unda rol oynar. Retiküler formasyon korteksin elektriksel aktivitesini talamusun intralaminar ve retiküler nükleusu üzerinden düzenler (13). Alarm ve uyanıklığı belirleyen sistemin komponentleri üst beyin sapındaki çıkan retiküler aktive edici sistem ve ortada intralaminar talamus nükleuslarıdır. Bu sistem kortekse kadar uzanır (15). Retiküler aktive edici sistem talamus üzerinden korteksi kontrol ederek bilinç durumunu değiştirir ve bu EEG dalgalarında kendini gösterir. Retiküler aktive edici sistem iç uyaranlardan, duygulardan, inançlardan etkilen-diği gibi dış uyaranlarla da etkileşerek beynin uyanıklık seviyesini değiştirir (5). Homojen olmayan hücre gruplarından oluşan retiküler formasyon çekirdekleri anatomi ve fonksiyonel olarak birbirinden farklı hücre gruplarıdır. Retiküler formasyonun bu komponentlerinden her biri serebral korteksin elektrofizyolojik aktivasyonunda farklı roller oynayabilirler. Histokimyasal tekniklerdeki gelişmelerden sonra retiküler formasyonun çıkan

kanallarının farklı nörotransmitterler kullandığı ve böylece serebral korteksin elektrofizyolojik aktivitesini değiştirdiği saptanmıştır. Bununla birlikte retiküler formasyonun her bir nükleusunun hassas dağılımı açık değildir (13).

Talamik retiküler nükleus alarm ve uyanıklıkta rol oynayan serebral korteks ile beyin sapı arasında geri besleme mekanizmayı sağlayan özel retiküler informasyona bir geçit görevi görür. Talamik geçit alarm uyanıklık ve dikkat ile ilgili önemli bir bileşendir. Prensipte uyanıklıkla ilgili nörotransmitter sistem kolinerjik monoaminerjik ve GABAerjik sistemdir. Glutamik ve aspartik asit intrinsik kortikal nörotransmitterdir, kortekste, kortikofugal projeksiyonlarda ve bazı talamokortikal aferent sinapslarda eksitör sinaptik aktiviteden sorumludur. Çeşitli nöropeptidler de (Tiroid Serbestleştirici Hormon, Vasopressin, Kortiko-troin Serbestleştirici Hormon, Somatostatin, Substans P, Neuropeptid Y) bilişsel işlevleri etkileyen kortikal aktivasyonu düzenlemede anahtar rol oynarlar (15). Uzun süreli anksiyeteden etkilenen insanlarda hipoadrenalis veya adrenal yorgunluk ortaya çıkar. Uykulama ve depresyona meyilli-dirler. Bu deprese hal kan serumunda serotonin ve norepinefrin seviyesinin düşmesiyle ilgili olduğu gösterilmiştir. Hemisferik senkronizasyon çalışmalarında da kan serum serotonin, endorfin ve melatonin seviyelerinin arttığı ve anksiyetenin azaldığı gösterilmiştir (16). Fizyolojik olarak serotenerjik ve noradrenerjik sistem korteksin global aktivitesini değiştirir. Dopaminerjik sistemin ise bu işlem-deki rolü henüz tam olarak anlaşılamamıştır. Bununla birlikte ana rolü motor kontrol, ödül mekanizmasındaki rolü geniş kabul görmektedir. (15)

Çıkan retiküler aktive edici sistem serebral korteksi çeşitli hücre gruplarıyla farklı kanallardan aktive eder. Her bir hücre grubu hedef aldığı nöral yapılara farklı nörotransmitterlerle etki eder (13). Prensipte uyanıklıkla ilgili nörotransmitter sistemleri kortikal aktiviteyi ve bilişsel süreçleri düzenler (15).

Sonuç olarak binaural beat ses dalgaları insanda bilinç durumunda değişikliğe neden olmaktadır. Beyin hemisferlerinin verilen dalga boyundaki senkronizasyonu EEG kayıtlarında ortaya çıkmakta böylece beyin dalgaları işitsel stimulusla birlikte sürüklenerek kortekste hakim bir EEG dalga senkronizasyonu ortaya çıkmaktadır.

Hemisferik senkronizasyonun klinik etkileri birçok çalışmada da gösterilmiştir. İşitsel veya hem işitsel hem de görsel uyaranla yapılan senkronizasyon

çalışmalarında beyin dalgaları-nın sürüklenmesiyle merkezi sinir sisteminin modülasyonu somatik hastalıklarda bile olumlu sonuçlar almak mümkün gibi görün-mektedir.

Örnek Klinik çalışmalar

1) James Lane ve arkadaşlarının Duke Üniversitesinden 29 gönüllü ile yaptığı çalışmada 30dk'lık binaural beat stimülasyonu kullanıldı, tüm kayıtlarda alt ses olarak pembe ses (pink noise), taşıyıcı frekans olarak da 15 desibel, 100, 200, 250 ve 300 Hz'lik ses tonları kullanıldı. Delta teta frekansları için 1,5Hz binaural beat için 200 ve 250 Hz taşıyıcı frekans, 4 Hz binaural beat için 300 Hz taşıyıcı frekans kullanıldı. Beta frekansı için 16 Hz binaural beat için 200 Hz taşıyıcı, 24 Hz için 100 ve 250 Hz taşıyıcı frekanslar kullanıldı.

Uyanıklık ve dikkat seviyesini belirlemek için kart testi kullanılırken, duygu durumunu belirlemek için POMS (POMS; EdITS, San Diego, CA) testi kullanıldı.

Sonuç olarak binaural beat stimülasyonu dikkat ve duygu durumlarında değişikliğe neden oldu. Beta frekansı binaural beat stimülasyonu kart testinde hedef seçimi ve yanlış hedef azalmasında gelişime neden olurken Theta ve delta frekansı binaural beat depresyonun azalmasında etkili oldu. Buna karşı kontrollü çalışmaların yapılması gerekli görüldü (17).

2) Kiempt ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada Hemisferik senkronizasyona neden olan Binaural beat frekanslarının muhtemel antinosiseptif etkisi araştırıldı. 1997 yılı boyunca n76 genel anestezi altında ameliyat olan hasta 3 gruba ayrılarak rastgele kontrollü çalışmada bir gruba klasik müzik, bir gruba boş kaset dinletilirken bir gruba monroo enstitüsü tarafından hazırlanan hemi-sync pain killer binaural beat stimulator ses kaydı inoperatif olarak dinletildi.

Binaural beat dinletilen hastalarda, klasik müzik ve boş kaset dinletilen hastalara nazaran daha az analjezik kullanıldı. İnoperatif dinletilen binaural beat'e ek olarak operasyon öncesi ve sonrasında da dinletilmesiyle antinosiseptif etkiden dolayı hastaların daha az analjeziğe ihtiyaç duyacağı, hastanede kalma süresinin azalacağı ve iyileşme süresinin kısılacağı düşünüldü (18).

3) Hans C. Ossebrand'ın yaptığı çalışmada 42 kişi kullanılmış. Yaş ortalaması 39 olan 20 kadın ve 13 erkeklee yapılan çalışmada İsviçre bağımlı merkezindeki bireyler seçilmiş. Ticari olarak satılan Senkro energizer adlı işitsel ve görsel senkronizasyon

standart programı haftada 2 kez olmak üzere 8 hafta boyunca iki gruba ayrı ayrı 30dk lık 10Hz alfa senkronizasyon ve 16Hz beta senkronizasyon oturumları verilmiş. Sonuç olarak gevşeme ve rahatlama sağlanmakla birlikte bağımlılıktan dolayı etkisinin maskelenmiş olabileceği ve daha uzun süreli testler yapılması gerekli görülmüş. (19)

4) Susan Dobu ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada 18-65 yaşları arasında 60 katılımcı üzerinde yapılan araştırmada inoperatif anestetik madde ihtiyacı değerlendirilmiş. Monroo enstitüsünün kliniklerde kullanılmak üzere hazırladığı hemisenkronizasyon binaural beat ses dalgaları kullanılmış. Sonuç olarak hemisenkronizasyonun hipnotik ve anestetik derinliği etkilemediği, hemisenkronizasyon binaural beat dinletilen hastaların boş kayıt dinletilenlere göre belirgin derecede daha az anestetik fentanyl gerektirdiği tespit edilmiş. Neticede hemisenkronizasyonun anestetik ve analjezik ihtiyacını azalttığı fakat hipnotik ve anestetik derinliği değiştirmedeği bulunmuş (4).

5) Ariane K. Lewiz ve arkadaşlarının yaptığı çift kör plasebo çalışmada Monroo enstitüsünün hazırladığı Hemisenkronizasyon tonları kullanılmış. İnoperatif genel anestezi altındaki hastalarda kullanılması anestezi fentanyl ihtiyacını %76 gibi belirgin derecede azaltmış (28 mikrogram fentanil Heemi-Sync ile, 126 mikrogram fentanil boş kayıt ile) 89 hastada yapılan çalışmada. Operasyon sonrası boş kayıt dinletilenlere ek analjezik verilmesi gerekirken Hemi-Sync. Dinletilen hastalarda %78 azalmış (20).

6) R. Padmanabhan ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada preoperatif anksiyetenin binaural beat dinletilmesiyle azalıp azalmadığı araştırıldı. 2003 Ekim-2004 Mart arası 6 ay boyunca 108 hastaya (epilepsi olan ve 16 yaşından küçükler hariç) opreasyondan 30-45 dk önce içinde binaural beat kaydı ve normal ses içeren cd'ler rastgele dinletildi. Sonuçta hastaların binaural beat tonlarıyla beyin aktivitesi önceden tahmin edildiği şekilde değişti, beyin dalgaları binaural beat frekansıyla senkronize oldu. Binaural beat potansiyel olarak preoperatif anksiyetenin azaltılmasında anksiyolitik etkili oldu. Aynı zamanda postoperatif yan etkisi de yoktur (16).

7) Ruth Olmstead'in yaptığı çalışmada görsel ve işitsel stimülasyonla hemisferik senkronizasyonun öğrenme güclüğü olan çocuklarda kognitif fonksiyonları geliştirip geliştirmediği araştırılmış. Gamma (20-70 Hz) ranjının öğrenme, kelime işleme, fikir ve hafıza işlemlerinde baskın frekans olmasına dayanarak 6-16 yaşları arasında 30 çocuğa

35 dakikalık Walt Disney müzikleriyle karışık 14 Hz'den başlayarak 40Hz'e çıkan binaural beat ve görsel ışık stimülasyonu uygulanmış. Sonuç olarak tüm çocuklarda belirgin gelişim saptandı, genç çocuklarda daha fazla olmasının nedeninin beyin nöronal plastisitesinin daha fazla olması düşünüldü. Çalışma 6 hafta boyunca haftada 2 kez uygulandı. Bu çalışmada diğer çalışmalardan daha yüksek frekanslar uygulanması (14-40 Hz ve 40-14 Hz) kognitif gelişimi arttırmaya neden olan nöronal stimülasyonun neticesinde oluştu. Bu çalışmanın beyin görüntüleme cihazlarıyla yapılması halinde nörofizyolojik bilgiler elde edilebileceği sonucuna varıldı (22)

8) Helane Wahbeh ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada binaural beat teknolojisinin insanda psikolojik, fizyolojik ve elektroensefalografik etkileri araştırılmış. 133-140 Hz : 7 Hz lik binural beat ses kaydı 30 dk boyunca 4 kişiye dinletilmiş. EEG kayıtlarında frekans takip cevabı görülmezken depresyonda azalma ve kelime hafızasında artış gözlenmiş (23).

9) Yine Helane Wahbeh ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada binaural beat teknolojisinin insanda psikolojik ve fizyolojik etkileri araştırılmış. 8 yetişkinle 60 gün süren deneyde 0-4 Hz binaural beat stimülasyonu 60 gün boyunca her gün verilmiş. Sonuçta anksiyetede düşüş, yaşam kalitesinde artış, insülin benzeri growth hormon da azalma, idrar ölçümlerinde dopaminde azalma görülürken, serotonin, epinefrin, norepinefrin ve melatonin de değişiklik anlamlı bir sonuç bulunmamış. (24)

10) Tang ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada yaşlılarda kan basıncının düşürülmesi için Revitalizer II adlı binaural beat ve sakinleştirici seslerle kombine 12 dk lık ses kayıtları ile klasik müzik yaş ortalaması 55 olan 15 kişiye dinletilerek veriler toplanmış. Revitalize ile yapılan deneyde sistolik kan basıncındaki düşme daha fazla olmuş (revitalizer 8mmHg, Mozart 6mmHg) aynı zamanda işitsel ritmik uyarılarla beyin dalga düzenlenmesinin sakinleştirici etkisi olduğu gözlemlenmiş (14).

11) Huang ve Cryton'un yaptığı A Comperasive Review Of The Psychological Effets Of Brainwave Entrainment adlı makalesinde OVID Medline (1950-2007) ve PshycoInfo (1806-2007) veritabanlarında yaptıkları tarama sonucu beyin dalga sürüklenmesinin klinik bulguları araştırılmış. Bulgular beyin dalga sürüklenmesinin etkili bir terapötik yöntem olduğunu doğrulamaktadır. Bilişsel bozukluk, stres, ağrı, başağrısı ve migren, PMS ve davranışsal bozuklukları

olan hastaların bundan fayda gördükleri bulunmuş. Bununla birlikte daha fazla kontrollü çalışmanın yapılması gerekmektedir (25).

Sonuç

Binaural Beat tonları, beyin dalgalarını istenen frekansa sürüklemek için kullanılarak bilinç durumu değiştirilebildiği gibi, bu duruma uygun olarak birçok bilişsel sürecin araştırılmasında noninvaziv uyarıcı olarak kullanılabilir. Bunun yanında etkilediği nörotransmitter sistemlerinin de frekans aralıkları bilimsel metodlarla tespit edilerek birçok nörotransmitter salınım bozukluklarında alternatif bir terapi metodu olarak kullanılabilceği de göz önünde bulundurulmalıdır. Nitekim yapılan çalışmalarda değişik frekanslardaki ses tonlarının farklı bilinç durumlarını teşvik ettiği (5), beyin dalgalarını sürüklediği (2,5,6,7,9,11,23), nöronların ateşleme frekansını değiştirdiği ve beyinde nörotransmitter salınımını değiştirdiği gösterilmiştir (7). Sonuç olarak alfa frekansında 10Hz beat oluşturan binaural tonlar insanda relaksasyon esnasında ortaya çıkan EEG'nin alfa frekansındaki bilinç durumuna sürüklenmektedir. Kan basıncı düşmekte (14), serotonin salınımı artmakta (7) ve anksiyete azalmaktadır (4,14,17,18,19,20,25). Beta frekansında ise alarm ve dikkat durumunda görülen bilinç durumuna sürüklenmekte öğrenme ve hafıza güçlenmektedir (22), aynı zamanda öğrenme gücü ve hiperaktivite bozukluğu olan çocuklarda da sonuç vermektedir (22). Anestezistlerin yaptığı inoperatif çalışmalarda ise analjezik ve anestezik madde kullanımı belirgin oranda azalmıştır (4,18,20). Bununla birlikte farklı frekansların farklı etkileri tam olarak belirlenmemiş ve hayvan deneyleri yapılmamıştır. Bulgular daha çok psikolojik testler ve EEG kayıtlarına dayanmakta, bu konuda yeni bilimsel çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Kaynaklar

1. W.Fritze. On binaural beats. Arch Otorhinolaryngol 1985; 242:301-303.
2. Gerald Oster. Auditory beats in the barain. Scientific American 1973;229:94-102
3. J.J.Goren. Super-and Subliminal Binaural Beats. Acta Oto-laryngologica 1964; 57: 224-230
4. Susan Dabu-Bondoc, Jacqueline Drummond-Lewis, Dorothy Gaal, Maryanne McGinn, Alison A. Caldwell-Andrews and Zeev N. Kain. Hemispheric Synchronized Sounds and Inoperative Anesthetic Requirements. Anesth Analg 2003;97:772-775.
5. F.Holmes Atwater. Accessing anomolous states of

- consciousness with a binaural beat Technology. *Journal of Scientific Explorution* 1997; 11(3): 263-274
6. Udo Will, Eric Berg. Brainwave synchronization and entrainment to periodic acoustic stimuli. *Neuroscience Letters* 2007; 424: 55-60
 7. James R. Evans. *Handbook of neurofeedback, Dynamics and clinical applications*. The Haworth Medical Press N.Y. 2007:155-177.
 8. Guyton & Hall. 11. Basım. Nobel tıp kitabevleri 2007:657-731
 9. M. Teplan, A. Krakovská, S. Štolc . Short-term effects of audio-visual stimulation on EEG. *Measurement Science Review*, 2006; 6(4):67-70.
 10. Robert, Hink, Kodera, Yamada, Kaga, Szuki. Binaural interaction of beting frequency following response. *Audiology* 1980; 19:36-43
 11. Ananthanarayan Krishnan, Yisheng Xu, Jackson T. Gandour, Peter A. Cariani. Human frequency-following response: representation of pitch contours in Chinese tones. *Hearing Research* 2004; 189:1-12
 12. Allan H. Ropper, Robert H. Brown. *Principles of Neurology*. Güneş Kitapevi 2006: 23-34.
 13. Josef PARVIZI, Antonio DAMATIO. Consciousness and the Brainstem. *Cognition* 2001;79: 135-159
 14. Hsin-Yi (Jean) Tang, Verna Harms, Sarah M Speck, Toni Vezeau, Jill T. Jesurum. Effects of audio relaxation programs for blood pressure reduction in older adults. *European Journal of Cardiovascular Nursing* 2009;8:329-336
 15. G. Bryan YOUNG MD. Susan E. PIGOTT. *Neurobiological Basis of Consciousness*. ARCH NEUROL 1999;56:153-157
 16. R. Padmanabhan, A.J. Hildreth and D. Lasws. A prospective, randomised, controlled study examining binaural beat audio and pre-operative anxiety in patients undergoing general anaesthesia for day case surgery. *Anaesthesia* 2005;60:874-877
 17. James D. LANE, Stefan J. KASIAN, Justine E. OWENS, Gail R. MARSH., Binaural Auditar Beats Affect Vigilance Performance and Mood., *Physiology and Behavior*. 1998;63(2):249-252.
 18. P. Kiempt, D. Ruta, S. Ogston, A. Landeck, K. Martay. Hemispheric-synchronisation during anaesthesia: a double-blind randomised trial using audiotapes for intra-operative nociception control. *Anesthesia* 1999; 54:796-773
 19. Hans C. Ossebaard. Stress reduction by Technology? An Experimental Study into the Effects of Brainmachines on Burnout and State Anxiety. *Applied Pshycophysiology and Biofeedback* 2000;25(2):93-101
 20. Ariane K. Lewis, Irene P. Osborn, Ram Roth. The Effect of Hemispheric Synchronisation on Inoperative Analgesia. *Anesth Analg* 2004;98:533-6
 21. Shotaro Karina, Masato Yumato, Kenji Itah, Akira Uno, Maki Matsuda, Keiko Yamakawa, Sataro Sekimoto, Yuu Koneko, Kimitaga Kaga. Magnetoencephalographic study of human auditory steady-state response to binaural beat. *International Congress Series* 2004; 1270: 169-17
 22. Ruth Olmstead. Use of Auditar and Visual Stimulation to Improve Cognitive Abilities in Learning-Disabled Children. *Journal f Neurotherapy*, 2005;9(2):49-61.
 23. Helane Wahbeh, Carlo Calabrese, Heather Zwickey, Dan Zajdel, Binaural Beat Technology in Humans: A Pilot Study to Assess Neurophysiologic, Physiologic and Electroencephalographic Effects. *The Journal Of Alternative and Complementary Medicine*. 2007; 13(2):199-206
 24. Helane Wahbeh, Carlo Calabrese, Heather Zwickey, Dan Zajdel. Binaural Beat Technology in Humans: A Pilot Study to Assess Neurophysiologic, Physiologic and Electroencephalographic Effects. *The Journal Of Alternative and Complementary Medicine*. 2007;13(1):25-32
 25. Tina I. Huang, Christine Charyton. A comperasive review of the psychological effects of brainwave entrainment, *Altenetive Therapies* 2008;14(5):38-49
 26. F. Holmes Atwater. *Proceeding of the 8'th International Symposium on New Science*. 1997:11-15.