

Multistabil Algının Elektrofizyolojisi: Necker Küp Paradigması

Doç. Dr. Ümmühan Alkaç-İşoğlu
İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi
Fizyoloji Anabilim Dalı

Prof. Dr. Canan Başar-Eroğlu
Bremen Üniversitesi Psikoloji Bölümü
Kognisyon Psikolojisi Araştırma Enstitüsü

İletişim:

Doç. Dr. Ümmühan İşoğlu-Alkaç
İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi
Fizyoloji Anabilim Dalı 34390 Çapa, İSTANBUL
Tel: + 90 212 635 1188+ 90 212 534 00 50 / 25 05
Fax: + 90 212 533 94 68
e-posta: alkac@istanbul.edu.tr

Çalışmanın daha önceden tebliğ edildiği kongreler:

1. Ü. Alkaç, C. Başar-Eroğlu, T. Demiralp, A. Ademoğlu, M. Stadler: Analysis of the EEG activity during the perception of Necker cube reversals by the Wavelet Transform (WT). 3rd European Congress of Psychophysiology, 28-31 May 1997, University of Konstanz, Germany. 2. İşoğlu-Alkaç, U. Başar-Eroğlu, C. Ademoğlu, A. Demiralp, T. Miener, M. Stadler M. Alpha Activity Decreases During the Perception of Necker Cube Reversals. 9th World congress of the International Organization of Psychophysiology (IOP) Taormina, Sicily, Italy, 14-19 September 1998. 3. Ü. İşoğlu-Alkaç, C. Başar-Eroğlu, M. Stadler: Multistabil algı sırasında EEG'deki değişimler. Türk Fizyolojik Bilimler Derneği 25. Ulusal Kongresi (Uluslararası katılımlı) Fırat Üniversitesi Atatürk Konferans Salonu, 6-10 Eylül 1999, Elazığ Türkiye, Bildiriler kitabı, sayfa: 46. 4. İşoğlu-Alkaç Ü. Başar-Eroğlu C. The behavioral properties of the Necker cube. 40th meeting of the Society for Psychophysiological Research, October 18-22, 2000, the US Grant Hotel in San Diego, California.

Bu çalışma Federal Almanya JULICH Araştırma Merkezi ve TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir (İşoğlu – Alkaç / C. Başar ortak projesi, Sayı: B. 2. AK. 6. 0. 0/ JULICH-944)

Multistabil Algının Elektrofizyolojisi: Necker Küp Paradigması

ÖZET Multistabil algıya yol açan, dinamik dönen (reversible) Necker küp şeklindeki görsel uyarıların izletildiği çalışmalarda, elektroensefalogramda (EEG) algısal dönme (perceptual switching) ile ilgili potansiyeller elde edilmektedir. Bu çalışmalarda, algısal dönmenin gerçekleştiği zaman dilimi deneklerin düğmeye basması ile belirlenmektedir. Deneklerin karar verme süreci ve reaksiyon zamanındaki değişkenliğe bağlı olarak da elde edilen yanıtın genliği düşmektedir. Çalışmamızda, elde edilen yanıtın

sinyal kalitesini artırmak amacıyla, homojen latanslı Olaya İlişkin Potansiyel (OİP) tek dilimlerinin seçimi ilkesine dayanan Dalgacık Dönüşümü (DD) yöntemi kullanıldı. Uyarı olarak Necker kübün uygulandığı çalışmamızda, algısal dönmenin gerçekleştiği zaman aralığında ortalama OİP'lerde en baskın özellik, düğmeye basma anından yaklaşık 250 ms önce DD delta katsayılarında elde edildi. Anıtın diğer frekans bileşenlerinin özellikleri incelendiğinde, algısal dönmenin gerçekleştiği zaman aralığında delta katsayılarında izlenen genlik artışı ile eş zamanlı olarak alfa frekans bandında baskılanma (desynchronization) gözlemlendi.

Anahtar kelimeler: Multistabil algı, Dalgacık Dönüşümü, alfa frekansı, Necker kübü

The electrophysiology of the multistable perception: The Necker cube paradigm

ABSTRACT In previous studies, a perceptual switching related potential was obtained during the observation of a multistable dynamic reversal pattern like the Necker cube, where the averaging of the single responses was triggered by the button press of the subjects. The present methodological study aims to increase the signal quality of perceptual switching related potentials considering the dependence of the measurement method on the decision processes and the reaction time of the subject,

which may vary significantly during a session, leading to a low amplitude waveform in the averaged ERP. To overcome this problem in measuring the electrophysiological correlate of an internal event, a pattern selection method based on the Wavelet Transform (WT) is proposed to choose a subset of single ERPs with more homogenous latencies. Subjects observed Necker cube as a stimulus. The most dominant feature representing the averaged ERP was delta coefficient occurring at 250 ms before the button press. In later step of the study, we found significantly increased delta power and decreased alpha power during the perceptual reversal related positivity.

Key words: Multistable perception, Wavelet Transform, alpha frequency, Necker cube

GİRİŞ

Dinamik dönen (reversible) veya belirsiz (ambiguous) şekiller olarak isimlendirilen "multistabil" şekillerde, uyarıda herhangi bir fiziksel değişim olmaksızın iki veya daha fazla farklı uyarı algılanmaktadır. İlk kez Necker tarafından geometrik şekillerde gözlemlenen multistabilite (çoklu kararlılık) kavramı, sadece psikologların değil aynı zamanda fizikçilerin, nöral ağ teorisyenlerinin, nörobilimcilerin ve sanatçıların da ilgisini çekmiştir.²⁷ Multistabil şekillerin izletilmesi ile gerçekleşen algısal dönüşümü açıklamaya yönelik pek çok teorik yaklaşım bulunmakla birlikte, bunların çoğu algısal değişimin nöral temelini doğrudan açıklamaya yönelik değildir.²⁶

Multistabil dinamik dönen şekillerin görsel uyarı olarak uygulandığı az sayıda çalışmada, algısal dönüşümün gerçekleştiği zaman aralığında EEG de yavaş pozitif bir dalga oluştuğu bildirilmiştir.^{9,10,11,12,16} Algısal dönüşümün oluşumu deneklerin düğmeye basma anı esas alınarak hesaplanan ortalama olaya ilişkin potansiyel (OİP) eğrilerinde izlenmeye çalışılmıştır. Bu tip çalışmalardaki temel zorluk, deneklerin karar verme süreci ve reaksiyon zamanının değişkenliğine bağlı olarak düğmeye basma latanslarındaki olası kayma ve bunun doğal sonucu olarak da yanıtın genliğindeki olası düşmedir. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için, çalışmamızda, Dalgacık Dönüşümü (DD) yöntemini temel alan bir patern sınıflandırma

metodu uygulanmıştır.^{1,4,31,32} DD, mühendisler, fizikçiler ve matematikçiler tarafından çoğunlukla işaretin zamana bağlı özelliklerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. DD, işareti herbir sıklık (frekans) aralığı için uygun bir zamansal çözümleme ile, farklı sıklık bileşenlerinin zamansal değişimlerinin katsayılarla ifade edildiği zaman-sıklık düzlemine taşır. Bu katsayılar ile, benzer dalga bileşenlerini içeren homojen tek OİP dilimi altgruplarının seçimi gerçekleştirilebilir.

EEG nin alfa sıklık bandı beyin araştırmalarının ilk yıllarından günümüze araştırmacıların ilgisini çekmiştir. Klasik görüşe göre, gözler kapalı, gevşek ve uyanık durumda iken en iyi arka bölgelerde gözleendiği bilinen alfa frekansı ile ilgili yeni görüşler, alt gruplarının olabileceği ve bu alt grupların da farklı fonksiyonel özelliklere sahip olup,^{17,18,19,20,21,22,23,24,25} EEG yi daha iyi anlayabilmek için anahtar bir rol üstlenebileceği yönündedir.^{2,3,4,5,6,7,8} EEG nin alfa frekans aktivitesinde görsel uyaran, istemli hareket ya da bilişsel aktivite sırasında görülen anlamlı bir genlik baskılanması, ilk kez Pfurtscheller ve Aranibar tarafından Olaya İlişkin Desenkronizasyon (ERD) olarak tanımlanmıştır.²⁹ Çalışmamızın amacı, algısal dönme ile oluşan pozitif dalganın sıklık bileşenlerini, DD yöntemi kullanılarak elde edilen tek OİP bileşenlerinin içerdiği bilgilerin ışığında analiz etmektir.

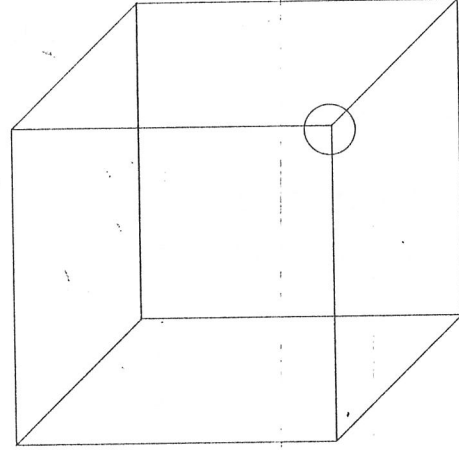
GEREÇ VE YÖNTEM

Denekler:

Çalışmaya, yaşları 21 ile 31 arasında değişen, altı erkek, yedi kadın, sağlıklı ve dominant olarak sağ elini kullanan denekler alındı. Deneklerin görme ve nörolojik sistem problemleri yoktu.

Uyaran şeması:

Uyaran olarak Necker kübü kullanıldı (Şekil 1). Necker kübü 400 saniyelik zaman dilimlerinde bilgisayar ekranında sürekli olarak gösterildi. Monitör denekten 150 cm mesafede ve görüş açısı 3. 1 derece olacak şekilde yerleştirildi.



Şekil 1. Uyaran düzeneği: Necker kübü. "0" deneğin fiksasyon yaptığı noktayı göstermektedir.

rildi. Deneklere Necker kübünün algısal olarak döndüğü bilgisi verildikten sonra, sürekli olarak fiksasyon noktasına bakmaları ve dönmeyi takiben hemen sağ işaret parmaklarını kullanarak düğmeye basmaları gerektiği söylendi. Motor potansiyellerin karışmasını önlemek için ense kaslarından EMG ve sağ göz üst mediyal ve orbito-lateral bölgeden EOG kaydı yapıldı.

Kayıt işlemi:

Uluslararası 10/20 sistemine göre F3, F4, Cz, C3, C4, P3, P4, O1 ve O2 bölgelerinden kayıt alındı. Referans elektrodlar her iki kulak memesine yerleştirildi. Tüm elektrodların direnci 50 kOhm'dan azdı. EEG, Nihon Kohden (EEG 4421 G) aleti kullanılarak 0. -70 Hz (24 dB/octave) arasında filtrelenerek yükseltildi. Düğmeye basma anından önce ve sonra 1000 ms süreli kayıt alındı. EEG işaretleri, örnekleme hızı 256 Hz olacak şekilde sayısallaştırıldı. Düğmeye basma hareketi de ayrı bir kanaldan kaydedildi.

Dalgacık Dönüşümü (DD) yöntemi ile dilimlerin seçimi:

Herbir deneğin tek dilim EEG'lerine DD uygulanarak, veriler zaman-sıklık düzlemine taşındı. Sıklık sınırları 0.5-4 Hz (delta), 4-8 Hz (teta), 8-16 Hz (alfa), 16-32 Hz (beta) ve 32-64 Hz

(gama) şeklinde idi. DD herbir sıklık aralığı için uygun zamansal çözümleme ile, işareti farklı sıklık bileşenlerinin zamansal özelliklerini ifade eden katsayılara ayırmaktadır. Çalışmamızda, algısal dönüşümün gerçekleştiği zaman diliminde baskın olan DD katsayısı saptanarak, tek EEG dilimlerinde, aynı polaritede baskın olan DD katsayısını içeren dilimler seçilerek ortalaması alındı. DD yöntemi uygulanarak elde edilen yanıtın genliği, sadece ortalama alınarak elde edilen yanıtta pozitif dalganın genliği ile kıyaslandı. Algısal dönmenin gerçekleştiği zaman aralığı (t2: 440-80 msn) ve öncesi (t1: 800-440 msn) zaman dilimleri esas alınarak EEG nin frekans bileşenlerinin özellikleri incelendi. İstatistiksel değerlendirme:

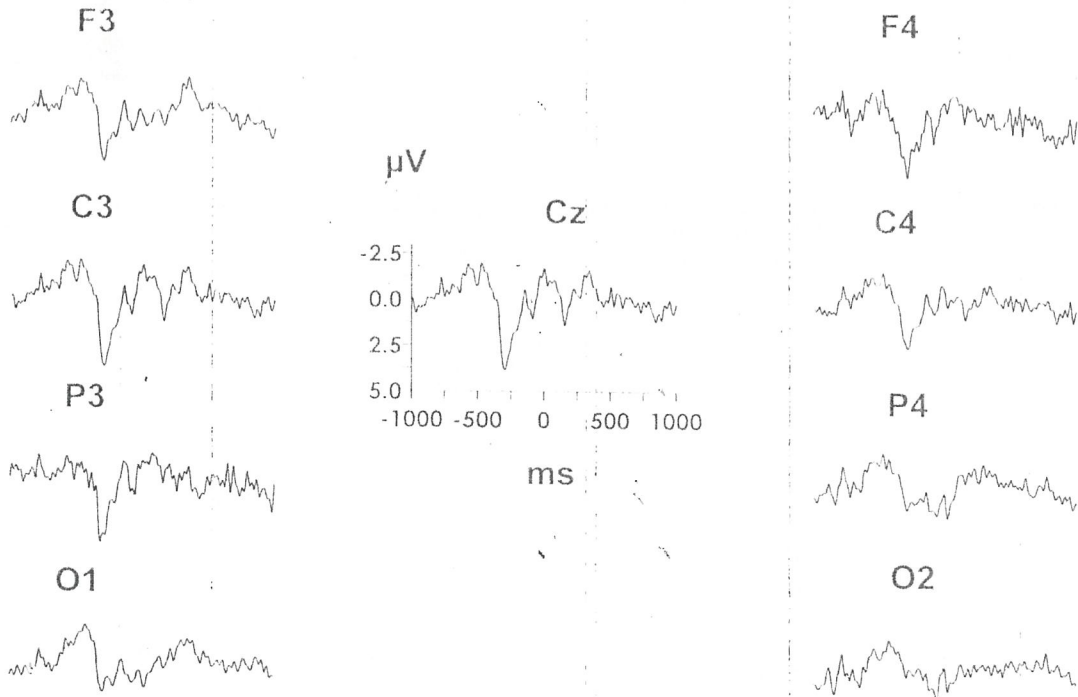
Algısal dönüşümün gerçekleştiği zaman aralığındaki baskın DD katsayısına göre seçim yapılan tek OİP dilimlerinin ortalaması, sadece artefakt ayıklaması yapılan tek OİP dilimlerinin ortalaması ile kanal ve seçim faktörlerini

içeren MANOVA testi ile kıyaslandı. Algısal dönüşümün gerçekleştiği zaman aralığı (t2) ve öncesindeki (t1) alfa RMS değerleri arasındaki farklar, kanal, algısal dönme ve seçim faktörlerini içeren bir MANOVA deseni ile istatistiksel olarak test edildi.

BULGULAR

Şekil 2'de artefaktsız dilimlerin ve ortalama yanıtta baskın olan DD katsayısına göre seçim yapılan dilimlerin kayıt alınan bütün kanalların tümüne ait büyük ortalama yanıtları izlenmektedir. Artefakt eliminasyonu yapılan dilimlerin ortalama yanıtlarında, deneğin parmak basma hareketinden 250 ms önceki zaman diliminde geniş pozitif dalga izlenmektedir.

Kaydedilen EEG verilerinin tek dilimleri DD metodu uygulanarak zaman-sıklık düzlemine aktarılmıştır. Herbir sıklık bandında elde edilen katsayıların dilimler arası ortalaması alınmıştır. Ortalama yanıtlarda algısal dönüşü-

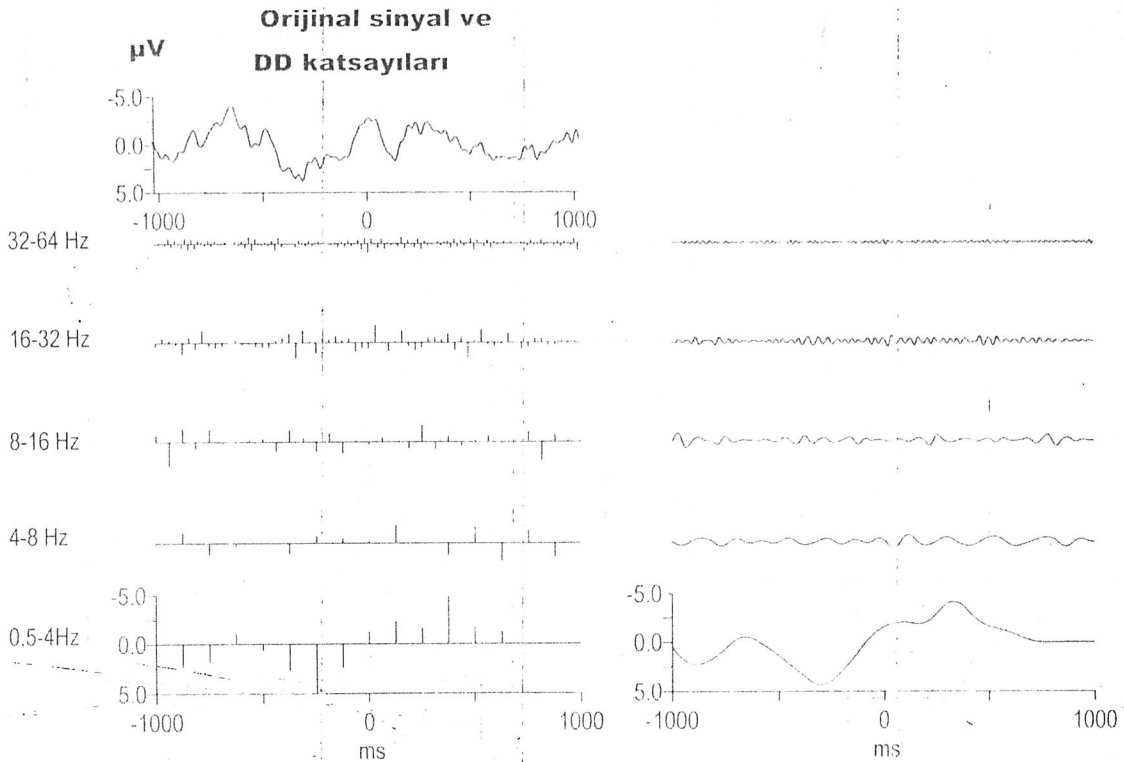


Şekil 2. Artefaktsız dilimlerin (ince çizgi) ve baskın DD delta katsayısına göre seçim yapılan dilimlerin (kalın çizgi) büyük ortalama yanıtları. Zaman skalasında 0 anı, deneğin düğmeye basma anını göstermektedir. Baskın DD delta katsayısına göre seçim yapılan yanıtlarda, düğmeye basma anından önceki yaklaşık 250 msn'de oluşan algısal dönme ile ilişkili pozitifitenin genliğindeki artış izlenmektedir.

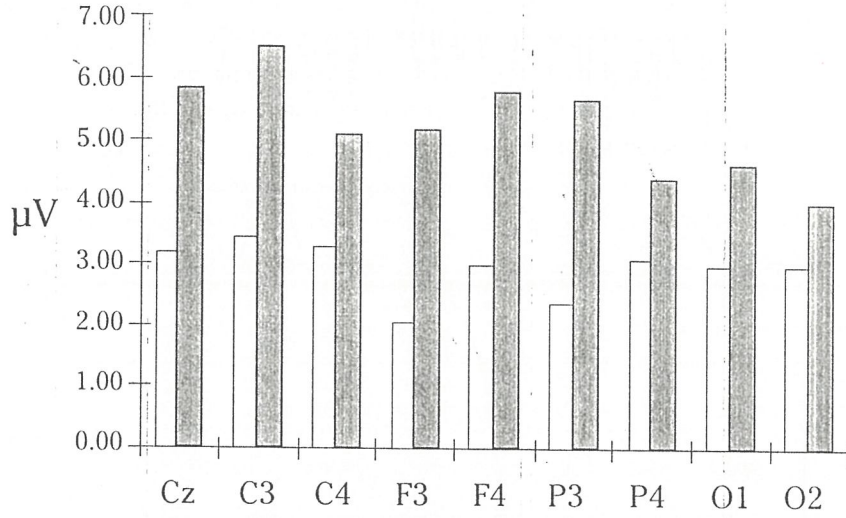
mün gerçekleştiği zaman aralığında en belirgin özellik deneklerin tümünde, deneğin düğmeye basma anından önceki 250 ve 125 ms arasındaki zaman diliminde, delta katsayısında gözlenmiştir (Şekil 3). Sonraki aşamada, aynı polaritede DD delta katsayılarını içeren tek dilimler seçilerek ortalamaları alınmıştır. DD delta katsayılarını içeren tek dilimlerin ortalama yanıtları, artefaktsız dilimlerin ortalama yanıtları ile kıyaslandığında, yanıtın genliğinde yaklaşık iki kat bir artış izlenmektedir (Şekil 2). DD delta katsayısına göre seçim yapılan ortalama yanıtlarda elde edilen genlik artışı istatistiksel olarak ileri derecede anlamlı bulunmuştur ($F(72,1)=161.7, p<0.01$) (Şekil 4). Algısal dönüşümün gerçekleştiği zaman dilimindeki yanıtın frekans özellikleri incelendiğinde, delta frekans bandında izlenen genlik artışı ile eş zamanlı olarak alfa frekans aktivitesinde genlik azalması izlenmiştir. Diğer frekans bandların-

da belirgin bir özellik saptanmadı. Alfa frekans aktivitesinde görülen genlik azalmasını daha detaylı incelemek amacıyla, tek dilim ve ortalama yanıtlar alfa frekans bandında filtrelenerek RMS (Root Mean Square) değerleri ölçüldü. Multistabil algılamının gerçekleştiği zaman dilimi ile öncesi kıyaslandığında alfaRMS değerlerinde, hem tek dilim ve ortalama yanıtlarda hem de tüm kanallarda, algısal dönmenin gerçekleştiği zaman aralığında (t_2) istatistiksel olarak ileri derecede anlamlı baskılanma elde edilmiştir ($F(12,1)=66.9; p<0.001; t_1>t_2$) (Şekil 5).

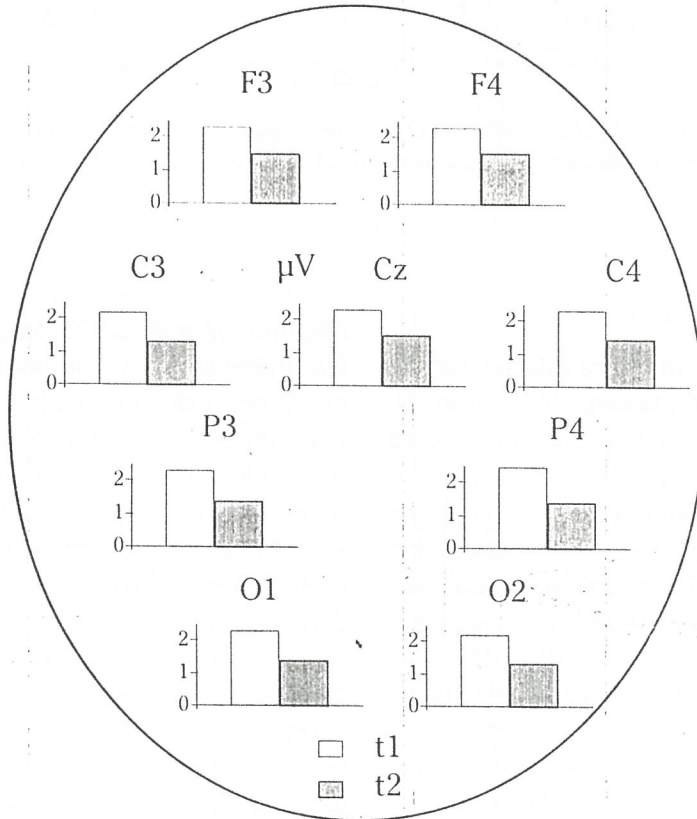
Şekil 6'da algısal dönüşüm sürecinde delta bandındaki genlik artışı ile eşzamanlı olarak alfa bandında genlik azalması bir deneğe ait veriteksten alınan ortalama yanıtta izlenmektedir. Alfa RMS değerleri, DD delta katsayısına göre yapılan seçim ve algısal dönüşümün etkisi yönünden kanal bazında anlamlı bulunmamıştır.



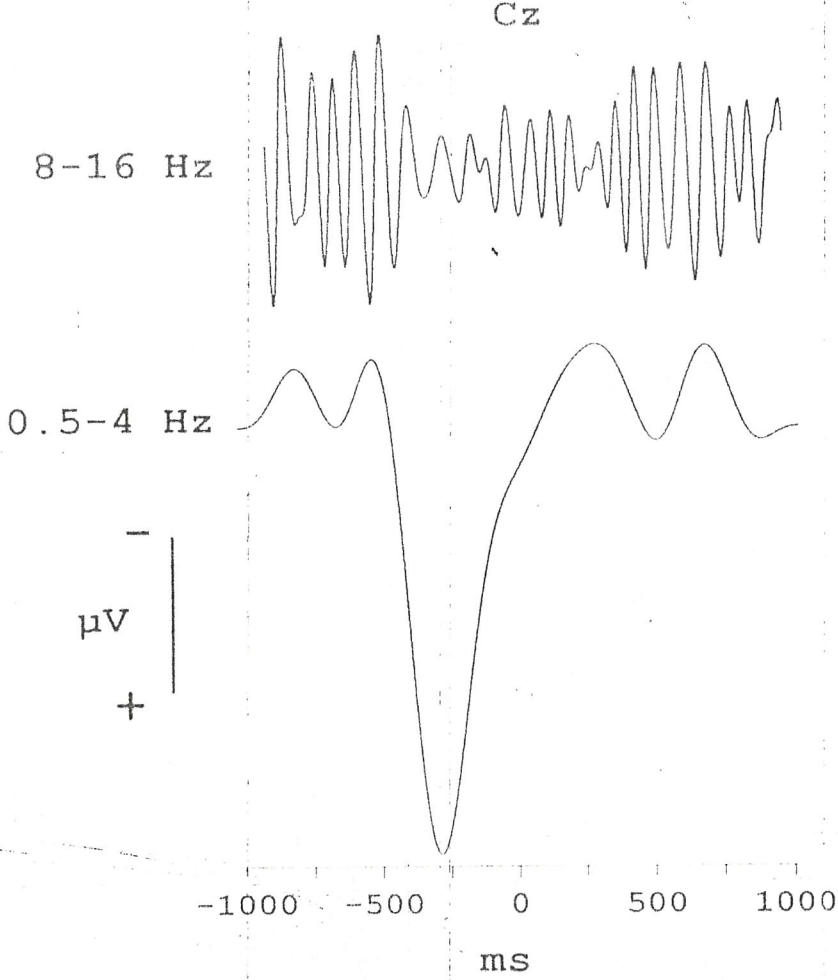
Şekil 3. Dalgacık Dönüşümü yöntemiyle tek dilim sinyalin 5 oktav DD katsayılarına ayrıştırılması. Sol üstte orijinal tek dilim sinyal ve altta 5 frekans bandına ait DD katsayıları ve interpolate şekli görülmektedir.



Şekil 4. Artefakt eliminasyonu yapılmış ve delta bandındaki baskın dalgacık katsayısına göre seçim yapılmış ortalama yanıtların topografik dağılımı.



Şekil 5. Algısal dönmenin gerçekleştiği zaman dilimi (t2:440-80 msn; siyah-sütun) ve öncesi (t1:800-440 msn; beyaz sütun) alfa RMS değerlerinin istatistiksel olarak kayıt alınan bölgelerde karşılaştırılması. Tüm kanallarda t1 alfa RMS değerleri t2 ye göre anlamlı olarak farklı bulunmuştur ($p < 0.001$; $t_1 > t_2$).



Şekil 6. Algısal dönmenin gerçekleştiği zaman diliminde alfa ve delta frekans bantları arasındaki ilişki izlenmektedir. Alfa frekansında genlik azalması ile eş zamanlı olarak delta bandında genlik artışı bir deneğin ortalama yanıtında gösterilmiştir

TARTIŞMA

Gestalt psikologlarına göre multistabil dönen şekillerin araştırılmasının, algının nöro-bilişsel dinamiklerinin açıklanmasında önemli bir metodolojik pencere olduğu öne sürülmüştür.²⁶ Nörofizyoloji alanında multistabil görsel algılamayı anlamada yeni açılımlar getiren, beyin elektriksel özelliklerini açıklayan az sayıda çalışma bulunmaktadır. Algısal dönmenin gerçekleştiği zaman diliminin deneğin düğmeye basması ile belirlendiği bu çalışmalarda ve düğmeye basma anından önceki yaklaşık 250 ms de geniş pozitif bir dalganın olduğu gösterilmiştir.^{9,10,11,12,16} Çalışmamızda da, algısal dö-

nüşümün gerçekleştiği zaman diliminde deneğin düğmeye basma anından yaklaşık 250-125 ms önce pozitif bir dalga elde edilmiştir. DD yöntemi ile, pozitif dalganın olduğu zaman diliminde baskın DD katsayısı delta frekans bandında bulunmuştur. Oluşan yanıtın frekans bileşenlerinin özellikleri incelendiğinde, delta frekans aktivitesinde görülen genlik artışı ile eş zamanlı olarak alfa frekans bandında bir baskılanma elde edilmiştir. Alfa frekans bandı ile ilgili en eski görüş, uyarılma ya da bilişsel aktivite sürecinde alfa aktivitesinde baskılanma olduğu yönündedir.^{13,30} Birçok araştırmacının ilgini çeken EEG'nin alfa aktivitesinin

farklı fonksiyonel özelliklere sahip olduğu öne sürülmüştür.^{7,15} Endojen veya dışarıdan uygulanan herhangi bir uyaran ile ortaya çıkan alfa aktivitesinde genlik azalması ilk kez Pfurtscheller ve Aranibar tarafından olayla ilişkili desenkronizasyon (ERD; Event-Related Desynchronization) olarak isimlendirilmiştir.²⁹ Olayla ilişkili desenkronizasyon bulgusunun bilişsel süreçlerle olan bağlantısı son yıllarda ilgi çeken bir konudur. Bu konuda yapılan çok sayıda çalışmada, alfa frekans bandını alt gruplara bölmek gibi farklı yaklaşımlar vardır.^{18,19,20,21,22,23,24,25}

Çalışmamızda, endojen bir süreç olduğunu bildiğimiz algısal dönüşümün gerçekleştiği zaman diliminde eş zamanlı olarak EEG'nin alfa frekans aktivitesinde baskılanma ve delta frekans bandında genlik artışının elde edilmesi, multistabil şekillerle gerçekleşen algısal dönüşümün bilişsel bir süreç olduğunu düşündürmektedir.

KAYNAKLAR

1. Ademoğlu A, Micheli-Tzanakou E, I Stefanopoulos Y. Analysis of pattern reversals visual evoked potentials by spline wavelets. IEEE Trans Biomed Engin -1997; 44:881.
2. Basar E. EEG-Brain dynamics. Relation between EEG and brain evoked potentials. Elsevier, Amsterdam-1980.
3. Basar E, Basar-Eroglu C, Roschke J, et al. The EEG is a quasi-deterministic signal anticipating sensory-cognitive tasks. In: Brain Dynamics ed by E Basar & TH Bullock. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York-1989; 43-71.
4. Basar E, Basar-Eroglu C, Rahn E, et al. Sensory and cognitive components of brain resonance responses: an analysis of responsiveness in human and cat brain upon visual and auditory stimulation. Acta Otolaryngol-1991; 491: 25-35.
5. Basar E. Brain natural frequencies are causal factors for resonances and induced rhythms. In: Induced Rhythms in the Brain ed by E Basar & TH Bullock. Birkhauser, Boston, Basel, Berlin-1992.
6. Basar E, Basar-Eroglu C, Parnefjord R, et al. Evoked potentials: ensembles of brain induced rhythmicities in the alpha, theta and gamma ranges. In: Induced Rhythms in the Brain ed by E Basar & TH Bullock. Birkhauser-1992;155-181.
7. Basar E, Schurmann M, Basar-Eroglu C, et al. Alpha oscillations in brain functioning: an integrative theory. Int J Psychophysiol-1997; 26: 5-29.
8. Basar E. Functional alphas selectively distributed in the brain-A theory. In: Brain Function and Oscillations II. Integrative Brain Function. Neurophysiology and Cognitive Processes ed by E Basar. Springer-1999; 331-351.
9. Basar-Eroglu C, Basar E, Demiralp T, et al. P300 response: possible psychophysiological correlates in delta and theta frequency channels. Int J Psychophysiol-1992;13: 161-179.
10. Basar-Eroglu C, Struber D, Stadler M, et al. Multistable visual perception induces a slow positive EEG wave. Int J Neurosci-1993; 73: 139-151.
11. Basar-Eroglu C, Struber D, Stadler M, et al. Slow positive potentials in the EEG during multistable visual perception. In: Ambiguity in Mind and Nature. Multistable Cognitive Phenomena ed by P Kruse & M Stadler, Springer-Verlag, Berlin-1995; 391-408.
12. Basar-Eroglu C, Struber D, Kruse P, et al. Frontal gamma band enhancement during multistable visual perception. Int J Psychophysiol-1996; 24: 113-125.
13. Berger H. Über das Elektroenkephalogramm des Menschen. I. Mitt Arch Psychiatr Nervenkr-1929; 87:285-298.
14. Demiralp T, Ademoğlu A, Schurmann M, et al. Wavelet analysis of brain waves. In: Brain Function and Oscillations, I: Brain Oscillations. Principles and Approaches ed by E Basar. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York-1998; 107-121.
15. Galambos R. A comparison of certain gamma band (40 Hz) brain rhythms in cat and man. In: Induced rhythms in the brain eds by E Basar & TH Bullock. Birkhauser, Boston-1992; 201-216.
16. Işoğlu-Alkaç Ü, Başar-Eroğlu C, Ademoğlu A, et al. Analysis of the electroencephalographic activity during the Necker cube reversals by means of the wavelet transform. Biol Cybern-1998;79: 437-442.
17. Işoğlu-Alkaç Ü, Başar-Eroğlu C, Ademoğlu A, et al. Alpha activity decreases during the perception of Necker cube reversals: an application of wavelet transform. Biol Cybern-2000; 82:313-320.
18. Klimesch W, Schimke H, Ladurner G, et al. Alpha frequency and memory performance. J Psychophysiol-1990; 4: 381-390.
19. Klimesch W, Pfurtscheller G, Schimke H. Pre and poststimulus processes in category judgement tasks as measured by event-related desynchronization (ERD). J Psychophysiol-1992; 6: 86-203.
20. Klimesch W, Doppelmayr M, Pachinger T, et al. Event-related desynchronization in the alpha band and the processing of semantic information. Brain Res Cogn Brain Res-1997a; 6(2): 83-94.

21. Klimesch W, Doppelmayr M, Schimke H, et al. Theta synchronization and alpha desynchronization in a memory task. *Psychophysiology*-1997b; 34(2):169-176.
22. Klimesch W, Doppelmayr M, Pachinger T, et al. Event-related desynchronization in the alpha band and the processing of semantic information. *Brain Res Cogn Brain Res*-1997c; 6(2): 83-94.
23. Klimesch W (1997) EEG alpha rhythms and memory processes. In: *Brain Alpha Activity-New Aspects and Functional Correlates* eds by E Başar, R Hari, FH Lopes da Silva, M Schürmann. M Int J Psychophysiol-1997; 26: 319-340.
24. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Res Cogn Brain Res*-1999; 29(2-3):169-195.
25. Klimesch W, Vogt F, Doppelmayr M. Interindividual differences in alpha and theta power reflect memory performance. *Intelligence*-2000;27(4): 347-362.
26. Kohler W. *Dynamics in Psychology*. New York-1940.
27. Necker LA. Observation on some remarkable phenomenon which occurs on viewing a figure of a crystal or geometrical solid. *The London and Edinburgh Philosophical Magazine and Journal of Science*-1832; 3: 329.
28. Pfurtscheller G, Klimesch W. Event-related desynchronization and desynchronization of alpha and beta waves in a cognitive task. In: Başar E, Bullock TH (eds) *Induced Rhythms in the Brain* eds by E Başar & TH Bullock. Berlin-1992.
29. Pfurtscheller G, Aranibar A. Event-related cortical desynchronization detected by power measurements of scalp EEG. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*-1977; 42: 817-826.
30. Regan D. Same characteristic of average steady-state and transient responses evoked by modulated light. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*-1966; 20:238-248.
31. Spekrijse H. Analysis of EEG responses in man evoked by sinewave-modulated light. Thesis, Univ Amsterdam, Junk, The Hague-1966.
32. Van der Tweel LH, Verduyn Lunel HFE. Human visual response to sinusoidally modulated light. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*-1965; 18: 587-598.