



EMOSYONEL UYARANLARA KARŞI OLUŞAN ELEKTRİKSEL AKTİVASYONLARIN NEDENSELLİK İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ

ANALYSIS ON CAUSAL RELATIONSHIP OF ELECTRICAL ACTIVATIONS IN RESPONSE TO EMOTIONAL STIMULUS

Seray Şenyar¹, Cansın Özgör^{1,3}, İbrahim Cansu⁴, Ertuğrul Ahmet Özbay², Adil Deniz Duru²

¹ CASE Danışmanlık
info@casedanismanlik.com
cozgor@gmail.com

² Sporda Sinirbilim ve Psikoloji Araştırmaları Laboratuvarı
Marmara Üniversitesi
ertugrulozbay@marun.edu.tr
deniz.duru@marmara.edu.tr

³ Sinirbilim Anabilim Dalı
İstanbul Üniversitesi
cozgor@gmail.com

⁴ Elektrik Elektronik Mühendisliği
İstanbul Şehir Üniversitesi
ibrahimcansu@std.sehir.edu.tr

Özetçe

Beynin farklı bölgelerindeki aktivasyonların birbirleri ile olan nedensellik ilişkisini araştırmak adına son dönemlerde pek çok çalışma yapılmakta ve yeni ölçüm teknikleri geliştirilmektedir. Bu çalışmalarda, iki ve daha fazla elektrottaki aktivasyonun zamansal olarak nereden başlayıp, hangi yönde ilerlediği ve gücü tespit edilmeye çalışılmaktadır. Bununla birlikte, literatürde bu bağlamda yapılan çalışmalar henüz oldukça kısıtlıdır. Özellikle, yapılan çalışmalarda, kişilerden yalnızca gözler açık ve kapalı, dinlenme durumunda veya uyurken veri toplanmış olması bu çalışmaların önemli bir sınırlılığıdır. Bu bağlamda, yapılan çalışmada, emosyonel uyarılara karşı oluşan beyin aktivasyonlarındaki nedensellik ilişkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Katılımcılara 3 farklı (pozitif, negatif ve nötr) emosyonel içeriğe sahip uyarılar gösterilmiş ve elde edilen EEG verileri ile koherans hesaplamaları yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler - Nedensellik ilişkisi, Koherans, Emosyon, EEG.

Abstract

Most of the recent researchs mainly have considered causal relationships between activation of different brain regions, and concentrated on development of new techniques for this purpose. Strength, direction and origin of activation between two or more electrodes were assessed in these studies. However, methodological limitations cause lack of sufficient results for understanding of these causal relationships between activated electrodes. Coherence computations were generally performed with EEG recordings during resting state with eyes open and closed, or during sleep in many studies. On the other hand, there are lack of information about the coherence of neural activations as a response to emotional stimuli. Thus, the main aim of this study is to investigate causal relationship between activations of different electrodes during presentation of an emotional stimuli. In this context, three sets of emotional videos (positive, negative, and neutral) were used as stimuli, and the data were used in computation of coherence.

Keywords - Causal relationship, Coherence, Emotion, EEG.



Beyinde Bağlantısallık 2

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

1. Giriş

Beynin farklı bölgelerindeki aktivasyonların birbiriyle koheransını araştıran çalışmalar son dönemde ortaya çıkmış ve henüz pek çok soru işareti barındıran bir alandır. Koherans çalışmaları beyindeki aktivasyonların birbirleriyle nasıl etkileşim içinde olduklarını inceleyerek, aktivasyonun başlangıç noktasından bitiş noktasına kadar giden süreci sıralı bir şekilde belirlemeyi amaçlar. Bu sayede, bir davranış veya düşüncenin oluşumunda görülen ilk aktivasyonun tespiti ile bu davranış ve düşüncelerin kökeni bulunmaya çalışılmaktadır [1]. Bu alanda yapılan çalışmalar özellikle epileptik atak gibi patolojik rahatsızlıkları tetikleyen beyin bölgesinin bulunması ve böylece hastalığın kaynağının belirlenmesi için bilim adamlarına yeni bir yöntem sunmaktadır [2]. Bununla birlikte koherans ile ilgili yapılan ilk çalışmalarda elde edilen sonuçlar, yalnızca senkronize şekilde gerçekleşen aktivasyonları göstermekte ve bu aktivasyonların aralarındaki nedensellik ile ilgili olarak yeterli bilgi verememektedir. Beyin aktivasyonlarının birbirleri ile sıralı ilişkisini göstermek adına çalışma yapan ve bu anlamdaki ilk metodu ortaya koyan araştırmacılar Baccala ve Sameshima'dır. Baccala ve Sameshima [1] yönlendirilmiş koheransın iki beyin bölgesinin birbirine fonksiyonel olarak bağlı olup olmadığını ve bu bağlantının nasıl gerçekleştiğini anlamada yardımcı olacağını ileri sürmüşlerdir. Buna göre yönlendirilmiş koherans, iki beyin bölgesi arasındaki ileri ve geri beslemeyi ayırıştırarak bu beyin bölgelerinin birbiriyle fonksiyonel ilişkisini ortaya koymaktadır. İlerleyen çalışmalarda ise frekans alanlarının yapısal analizini daha iyi ortaya koyan ve direkt yapısal bilgi veren kısmi yönlendirilmiş koherans analizini geliştirmişlerdir [1]. Pascual-Marqui ve arkadaşları [3], Baccala ve Sameshima'nın ortaya koyduğu yönlendirilmiş koheransın, aktivasyonun gücü ve spektral karakteristiği ile ilgili yanlış bilgi verdiğini ileri sürmüşlerdir. Ayrıca, yönlendirilmiş koherans modeli, ilgisiz bağlantıları ayırştırmak konusunda da yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle yaptıkları çalışmalarda, beyindeki aktivasyon ağının kuvvetini, yönünü ve spektral karakteristiklerini daha iyi ortaya koyan yeni bir model geliştirmişlerdir. İzole efektif koherans olarak adlandırılan bu modelde beyindeki elektriksel aktivasyonu analiz etmek amacıyla çoklu zaman dizisi kullanılmaktadır [4]. Buna göre, beyinin belirli bir bölgesi ile diğer bölgesi arasında kurulan nedensel ilişki sırasında ölçülebilir bir zaman boşluğu meydana gelmektedir. Bütün bu çalışmalar, beyin aktivasyonlarındaki koheransın anlaşılması için yeni yöntemler ortaya koysalar da, henüz koherans konusunda pek çok soru işareti bulunmaktadır. Bununla birlikte bu alanda yapılan pek çok çalışmada elektrofizyolojik kayıtlar, kişiler gözleri açık veya kapalı dinlenme durumundayken veya uyku halindeyken alınmıştır. Yapılan literatür araştırmasında ise hareketli uyarılara karşı beyinde görülen beyin aktivasyonlarının koheransına yönelik çalışmaların yeterli sayıda olmadığı görülmüştür. Bu bağlamda yapılan çalışma, hareketli ve görsel bir uyarana karşı oluşan beyin aktivasyonlarının koheransını inceleyerek literatüre katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bugüne kadar, emosyonel uyarılar karşısında beyinin hangi bölgelerinde aktivasyon olduğunu gösteren pek çok beyin görüntüleme çalışması yapılmıştır. Bu çalışmalara göre beyinin çeşitli bölgeleri emosyonel bir uyarının işlenmesi sırasında farklı görevlere sahiptir. Bununla birlikte, limbik sistem ve kortikal alanlar emosyonel veriye karşı beyinde oluşan aktivasyonların görüldüğü başlıca bölgelerdir [8]. Limbik

sistem, daha ilkel bir süreç olan ve emosyonel uyarana karşı verilen uyarılma tepkisinin kontrolünde görev alırken [9]; prefrontal korteks emosyonel uyarın karşısında gerçekleştirilen ve daha karmaşık süreçler olan kara verme süreci gibi işlevlerin yürütülmesinde görev almaktadır [8]. Phan ve arkadaşları yaptıkları çalışmada genel olarak beyinin medial prefrontal korteksinde aktivasyon gözlemlenmiştir [5]. Medial prefrontal korteks özellikle emosyonel uyarana ait karar verme süreci ve kendini kontrol etme becerilerini gerçekleştirmeyi sağlamaktadır [6]. Bir diğer çalışma da ise iki temel nöral sistemin aktivasyonundan bahsedilmiştir [7]. Bunlar ventral ve dorsal sistemlerdir. Amigdala, insula, ventral striyatım ve prefrontal korteksin, emosyonel verinin ayırt edilmesi ve uyarana uygun duygusal tepkinin verilmesi sırasında aktive olan bölgeler olduğu belirlenmiştir. Bütün bu bilgiler ışığında, yapılan çalışmada özellikle santral bölge frontal korteksteki elektrotlarda ve çevrelerinde aktivasyon ve fonksiyonel ilişki görülmesi beklenmektedir. Yapılan literatür araştırmasında emosyonel çalışmalarda EEG ile gerçekleştirilen koherans analizleri kısıtlıdır. Bu bağlamda çalışmamızın amacı, 3 farklı kategorideki (60, olumlu, 60 olumsuz ve 60 nötr) emosyonel uyarılardan elde edilen EEG verileri üzerinden bağlantısallık analizi gerçekleştirilerek elektrotlar arasındaki nedensellik ilişkisinin bulunmasıdır.

2. Gereç ve Yöntem

Çalışmaya 18-28 yaşları arasında 4 katılımcı (1 erkek, 3 kadın) gönüllülük esasına dayalı olarak katılmıştır. Çalışmada uyarılara karşı elde edilecek yanıtların sağlıklı olması adına katılımcılarda herhangi bir patolojinin bulunmaması ön şartı aranmaktadır. Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Fizyoloji Anabilim Dalı Etik Kurulu tarafından 14.11.2014-19 onay tarihi ve onay sayısı ile onanmıştır. EEG kaydı V-Amp cihazının BrainAmp yazılımıyla 1000 Hz örneklem frekansıyla gerçekleştirilmiştir. Matlab ortamında hazırlanan uyarın sunum yazılımı ile emosyonel uyarılarda eş zamanlı olarak, aktif elektrotlar ile 16 kanaldan EEG kaydı alınmıştır. FP1, FP2, F3, Fz, F4, FCz, T3, C3, Cz, C4, T4, CPz, P3, Pz, P4 ve Oz elektrotlarından ölçümler gerçekleştirilmiştir. Kulağa yerleştirilen elektrotlar referans ve toprak elektrotu olarak belirlenmiştir.

2.1. Uyarılar

Çalışmada filmlerden kesilmiş 180 adet video, uyarın olarak kullanılmıştır. Bu videolardan 60 tanesi pozitif emosyonel içeriğe, 60 tanesi negatif emosyonel içeriğe ve 60 tanesi de nötr içeriğe sahiptir. Videolar iki set halinde ve her bir sette 3 kategoriden de uyarın bulunacak şekilde gösterilmiştir. Her bir sette, kişilere 90 adet video (30 pozitif, 30 negatif ve 30 nötr içerikli) gösterilmiştir. Her bir videodan sonra ise o videoya ait bir ekran görüntüsü ekranda belirmiştir.

3. Sonuçlar

Çalışmadan elde edilen veriler ilk olarak Brain Products paketi ile analiz edilmiştir. Bu program ile veri üzerinde temel filtreleme analizleri yapılmış 16 elektrottan yalnızca 10'u asıl analizlere dahil edilmek üzere belirlenmiştir. Belirlenen elektrotlar Oz, Pz, Cz, Fz, C4, F4, F3, C3, P4, P3 şeklinde sıralanmaktadır. Bu elektrotlar kullanılarak her bir katılımcının iki video setinden elde edilen verilerin ortalama verileri

Beyinde Bağlıntısallık 2

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

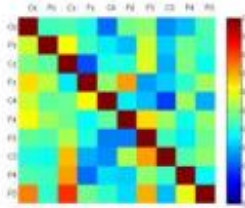
üzerinde MATLAB ortamında geliştirdiğimiz araçlarla koherans hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, elde edilen koherans ölçümlerinin denekler üzerinden ortalaması alınarak genel bir şema ortaya çıkarılmıştır.

3.1. Elektrotlar Arası Bağlıntısallık

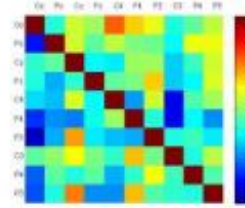
Elektrotlarda meydana gelen aktivasyonlar arasındaki ilişki 3 uyaran tipi (pozitif, negatif ve nötr) için de delta, teta, alfa ve beta bantlarında incelenmiştir. Sonuçlar, en yüksek aktivasyon değerlerinin delta ve teta bantlarında oluştuğunu göstermektedir.

3.1.1. Pozitif Uyarılarda Elektrotlar Arası Koherans

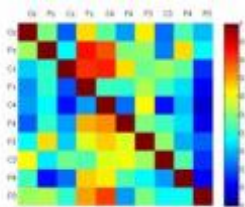
Elde edilen bulgularda, santral bölgenin delta ve teta bantlarında, pozitif uyarılara karşı diğer elektrotlarda meydana gelen aktivasyonların üreticisi olduğu tespit edilmiştir. Delta bandında santral bölgedeki aktivasyon daha kuvvetliken, teta bandında bu aktivasyonun gücünde belirli oranda azalma görülmektedir.



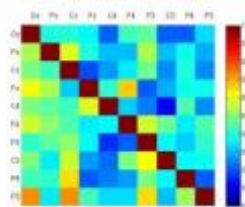
Şekil 1. Pozitif Uyarılara Karşı Delta Bandı Aktivasyonları, 0-200 ms



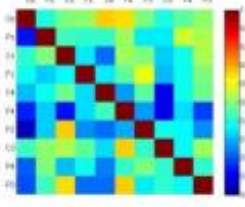
Şekil 2. Pozitif Uyarılara Karşı Delta Bandı Aktivasyonları, 200-400 ms



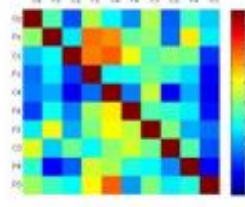
Şekil 3. Pozitif Uyarılara Karşı Delta Bandı Aktivasyonları, 400-600 ms



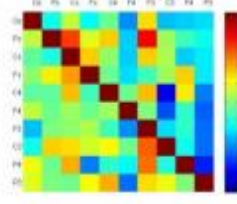
Şekil 4. Pozitif Uyarılara Karşı Teta Bandı Aktivasyonları, 0-200 ms



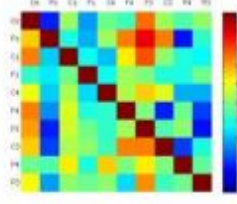
Şekil 5. Pozitif Uyarılara Karşı Teta Bandı Aktivasyonları, 200-400 ms



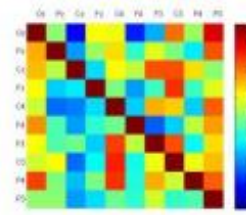
Şekil 6. Pozitif Uyarılara Karşı Teta Bandı Aktivasyonları, 400-600 ms



Şekil 7. Negatif Uyarılara Karşı Delta Bandı Aktivasyonları, 0-200 ms



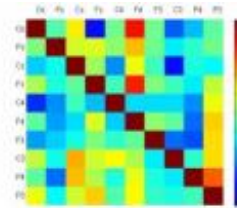
Şekil 8. Negatif Uyarılara Karşı Delta Bandı Aktivasyonları, 200-400 ms



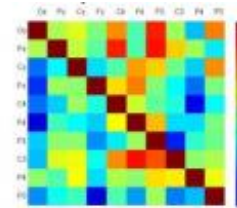
Şekil 9. Negatif Uyarılara Karşı Delta Bandı Aktivasyonları, 400-600 ms

3.1.3. Nötr Uyarılarda Elektrotlar Arası Koherans

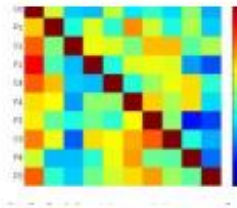
Nötr uyarılara karşı elektrotlarda oluşan aktivasyonun en güçlü delta ve teta bantlarında ortaya çıktığı görülmüştür. Bununla birlikte, elde edilen bulgularda, iki bantta da 0-400 milisaniyeler arasında frontal bölgedeki aktivasyonun diğer bölgelere göre daha güçlü ve diğer elektrotlardaki aktivasyonların üreticisi olduğu tespit edilmiştir. 400-600 milisaniyeler arasında ise bu aktivasyonun gücünün azaldığı, oksipital bölgedeki aktivasyonun gücünün artarak diğer elektrotlardaki aktivasyonu tetiklediği tespit edilmiştir.



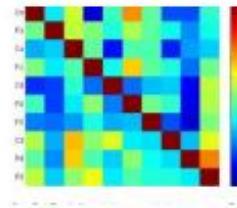
Şekil 10. Nötr Uyarılara Karşı Delta Bandı Aktivasyonları, 0-200 ms



Şekil 11. Nötr Uyarılara Karşı Delta Bandı Aktivasyonları, 200-400 ms



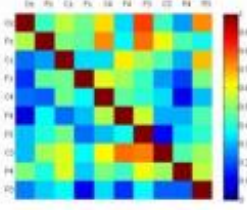
Şekil 12. Nötr Uyarılara Karşı Delta Bandı Aktivasyonları, 400-600 ms



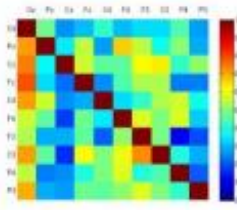
Şekil 13. Nötr Uyarılara Karşı Teta Bandı Aktivasyonları, 0-200 ms

Beyinde Bağlantısallık 2

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma



Şekil 14. Nötr Uyarılara Karşı Teta Bandı Aktivasyonları, 200-400 ms



Şekil 15. Nötr Uyarılara Karşı Teta Bandı Aktivasyonları, 400-600 ms

4. Tartışma

Bu çalışma kapsamında elde edilen veriler, emosyonel görsel uyarılara karşı beyinde oluşan aktivasyonların en çok hangi bantlarda gerçekleştiği ve gücüne dair bir bilgi vermekte, ancak denek sayısının oldukça sınırlı olmasından dolayı bu sonuçlar belirleyici olamamaktadır. Bununla birlikte çalışmada, elektrot uzayında gerçekleştirilen koherans hesaplamalarından yola çıkılarak emosyonel görsel uyarılara karşı oluşan beyin elektriksel potansiyellerinin nedensellik bilgisi araştırılmasına çalışılmıştır. Hangi elektrotun hangi frekansta hangi elektrot ile uyumlu olduğu bilgisinin ortaya konması, uyarana karşı üretilen cevabın dinamikleri hakkında bilgi sahibi olmamıza yardımcı olmaktadır. EEG sinyallerinden yola çıkılarak geri yön probleminin çözümü ile, kaynak uzayındaki koherans bilgisi hesaplanabilir ve beyin dokusu içerisindeki bağlantısallık ortaya konabilir. Fakat, ölçümde kullandığımız az sayıda elektrot ile EEG geri yön probleminin hassas çözümü mümkün olmamaktadır.

5. Kaynakça

- [1] Baccala, L.A. ve Sameshima, K., "Partial Directed Coherence: A New Concept in Neural Structure Determination", *Biological Cybernetics*, 84, 463-474.
- [2] Duckrow, R.B. ve Spencer, S.S., "Regional Coherence, and the Transfer of Ictal Activity During Seizure Onset in the Medial Temporal Lobe", *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 82, 415-422, 1992.
- [3] Pascual-Marqui, R.D., Biscay, R.J., Bosch-Bayard, J., Kochi, K., Yamada, N., Kinoshita, T. ve Sadato, N., "Isolated Effective Coherence (iCoh): Causal Information Flow Excluding Indirect Paths", *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 1-15, 2014.
- [4] Pascual-Marqui, R.D., Biscay, R.J., Bosch-Bayard, J., Lehmann, D., Kochi, K., Kinoshita, T., Yamada, N. ve Sadato, N., "Assessing Direct Paths of Intracortical Causal Information Flow of Oscillatory Activity with the Isolated Effective Coherence (iCoh)", *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 448, 1-12, 2014.
- [5] Phan, K.L., Wager, T., Taylor, S.F. ve Liberzon, I., "Functional Neuroanatomy of Emotion: A Meta Analysis of Emotion Activation Studies in PET and FMRI", *NeuroImage*, 16,331-348, 2001.
- [6] Damasio, A.R., *Descartes' Error: Emotion, Reason and the Human Brain*, Avon Books, New York, 1994.
- [7] Phillips, M.L., Drevets, W.C., Rauch, S.L. ve Lane, R., "Neurobiology of Emotion Perception 1: The Neural Basis of Normal Emotion Perception", *Biological Psychiatry*, 54, 5, 504-514, 2003.

- [8] Gur, R.C., Schroeder, L., Turner, T., McGrath, C., Chan, R.M., Turetsky, B.I., Alsop, D., Maldjian, J. ve Gur, R.E., "Brain Activation During Facial Emotion Processing" *NeuroImage*, 16, 651-66, 2002. Rountenberg, A. "The Two-Arousal Hypothesis: Reticular Formation and Limbic System", *Psychological Review*, 75, 1, 51-80, 1968.