



## KOMPLEKS MOTOR HAREKET EĞİTİMİNİN SPORCULARDAKİ NÖRONEL AKTİVASYONLARA ETKİSİ VE BU AKTİVASYONLARIN NEDENSELLİK İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ

### EFFECTS OF MOTOR MOVEMENT TRAINING ON ATHLETES' NEURAL ACTIVITY AND CAUSAL RELATIONSHIP OF THESE ACTIVITIES

Seray Şenyar<sup>1</sup>, Cansın Özgör<sup>1,3</sup>, İbrahim Cansu<sup>4</sup>, Ertuğrul Ahmet Özbay<sup>2</sup>, Adil Deniz Duru<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Sinirbilim Anabilim Dalı İstanbul Üniversitesi  
[cozgor@gmail.com](mailto:cozgor@gmail.com)

<sup>2</sup> Sporda Sinirbilim ve Psikoloji Araştırmaları Laboratuvarı  
Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu  
Marmara Üniversitesi  
[ertugrulozbay@marun.edu.tr](mailto:ertugrulozbay@marun.edu.tr)  
[deniz.duru@marmara.edu.tr](mailto:deniz.duru@marmara.edu.tr)

<sup>3</sup> CASE Danışmanlık  
[info@casedanismanlik.com](mailto:info@casedanismanlik.com)  
[cozgor@gmail.com](mailto:cozgor@gmail.com)

<sup>4</sup> Elektrik Elektronik Mühendisliği  
İstanbul Şehir Üniversitesi  
[ibrahimcansu@std.sehir.edu.tr](mailto:ibrahimcansu@std.sehir.edu.tr)

#### Özetçe

Beyin bölgelerindeki elektriksel aktivasyonların birbirleri ile olan nedensel ilişkisini anlamak adına son dönemlerde pek çok çalışma yürütülmekte; daha detaylı ve doğru bilgilerin elde edilebileceği yeni yöntemler geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bu bağlantısallık çalışmalarında, 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 hem yöntem hem de elde edilen bulgular çerçevesinde henüz yeterli değildir. Bugüne kadar, yapılan çalışmalarda, kişilerden gözler açık ve kapalı, dinlenme durumunda veya uyurken EEG kaydı alınmış ve elde edilen aktivasyon verileri koherans ölçümleri ile analiz edilerek aralarındaki nedensel ilişki bulunmaya çalışılmıştır. Bu çalışmada da benzer bir yöntem uygulanmış ve kompleks motor hareket eğitimine tabi tutulan deney gurubu ile kontrol grubunun beyin aktivasyonları gözler açık ve kapalı koşullarında EEG ile kaydedilerek elde aralarındaki bağlantısallık incelenmiştir. Ayrıca, kayıtlar eğitim öncesi ve

sonrasında ön test ve son test olarak alınmış ve iki testten elde edilen veriler birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda deney gurubundaki bireylerin ön test ve son testte oluşan beyin aktivasyonları arasında fark görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler** – Kompleks Motor Hareket Eğitimi, Nedensellik ilişkisi, Koherans, Spor.

#### Abstract

Recently, there are lots of studies that perform research on causal relationship between electrical activations of different brain regions. Coherence studies, also provides new methods for deep understanding of those relationships. Strength, direction and origin of activation between two or more electrodes are assessed in coherence studies. However, these studies are not sufficient in terms of both their methodology and results. In many of coherence studies, EEG recordings were performed during resting conditions with eyes open and closed, or during sleep. Results were analyzed to investigate causal relationships between electrode activations in these states. Based on those studies, same procedure was used in



## Beyinde Bağlantısallık 2

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

*the current study. Oscillatory activations of football players who were recruited for complex motor movement training, and of control group were measured during eyes open and closed conditions with EEG. Furthermore EEG recordings were taken before and after training from both experimental and control group. The results were analyzed to find differences in electrode activations in pre and post tests, and to understand causal relationships between activations of different electrodes. It is found that there are differences in brain activations of experiment group between pre and post tests.*

**Keywords** – Complex Motor Movement Training, Causal relationship, Coherence, Sports.

### 1. Giriş

Futbol, çok fazla dikkat dağıtıcı unsurun bulunduğu bir spor dalıdır. Bu nedenle dikkatin uzun süreli olması futbolcuların başarısını artıran bir unsur olarak görülmektedir. Dikkatin uzun süre sürdürülebilmesi gerekliliğinin yanı sıra, bilginin sürekli değişen ortamda nasıl işlendiğinin de, özellikle futbol gibi top sporlarında başarı için önemli bir kriter olduğu görülmüştür [1]. Bu bağlamda, sporcuların bilişsel süreçlerini geliştirecek çalışmalar yapmaları onların spordaki performansları üzerinde de etkili olması beklenmektedir. Bu tarz fiziksel egzersizlerin bilişsel süreçleri ve beyindeki elektriksel aktivasyonları etkilediğini araştırmak adına literatürde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Lardon ve Polich [5] yaptıkları araştırmada düzenli olarak fiziksel egzersiz yapan deney gurubu ile herhangi bir egzersiz yapmayan kontrol gurubunun beyin dalgalarındaki değişimi incelemişlerdir. Göz açık ve kapalı koşullarında deneklerden rutin EEG kaydı alınmış ve deney gurubunun spektral gücünün delta bandında azaldığını, ancak diğer bantlarda yükseldiğini gözlemlemişlerdir. Bununla birlikte deney gurubunun delta, theta ve beta ortalama bant frekansları kontrol gurubundan daha yüksek olarak bulunmuştur. 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. Bu bağlamda yapılan çalışmada, farklı beyin dalgaları frekansına sahip iki gurubun aktif nöronları arasındaki nedensel ilişkinin incelenmesi amaçlanmaktadır.

### 2. Gereç ve Yöntem

Çalışmaya, 18-25 yaşları arasında profesyonel olarak futbol oynamamış, ancak 5 yıl amatör lisanslı olarak müsabakalarda yer almış 6 (3 denek, 3 kontrol) kişi katılmıştır. Bireyler çalışmaya gönüllülük esasına dayalı olarak katılmışlardır. Çalışmaya katılan bireylerde herhangi bir patolojik rahatsızlığına sahip olmama ön koşulu aranmıştır. Bu çalışma Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Etik Kurulu tarafından 23.02.2015-14 onay tarihi ve onay sayısı ile onanmıştır. Katılımcılar deneyler öncesi, onam formunu okumuşlar, onam formu ayrıca kendilerine okunmuş ve onam formları katılımcılar tarafından imzalanarak onaylanmıştır. Çalışma sırasında BrainProducts firmasının 16 kanallı V-Amp güçlendiricisi ve Acti-cap kullanılmıştır. Ölçülen veriler üzerinde göz artefaktları giderilme işlemi uygulanmıştır. Göz açık ve kapalı koşullarında bireylerden rutin EEG kaydı alınmıştır. Elde edilen veriler, elektrotlar arasındaki nedensellik ilişkisini bulmak amacıyla Matlab ortamında hazırlanan kodlarla analiz edilmiştir. Örneklem frekansı olarak 1kHz seçilmiştir. 10-20 uluslararası elektrot yerleştirme standartına göre 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. Fit Beyin Antrenman Programı

1 ay haftada 3 gün 40 dakika toplam 12 antrenman Fit Beyin (Patent no: 2014-89109) antrenmanları uygulanmıştır. Antrenmanlarda renkli yumuşak toplar, renkli ipler, renkli bezler, tenis topları, futbol topları ve renkli kartlarla eğlenceli eğitimler olacak şekilde dizayn edilmiştir. Fit Beyin antrenman içeriği baskı altındayken hızlı algılama, çabuk düşünme, hızlı karar verme ve doğru uygulama imkanı sağlamak amacıyla. Karmaşık hareketlerle beyinin bir bütün olarak kullanılmasına olanak sağlaması sinir kas bağlantısının hızlanmasına ve

## Beyinde Bağlantısallık 2

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

reaksiyon süratinin hızlanmasını hedeflemektedir. Antrenman alanları, şu şekilde hazırlanmıştır:

- Birey dış dünyadan gelen uyarılara karşı hazır olmayı ve en uygun biçimde tepki gösterebilmeyi öğrenerek yapma.
- Birbirinden farklı en az iki hareketi birleştirerek yapma.
- Vücudun bir bölümü ile durmaksızın hareket yaparken, diğer bölümü ile başka bir hareket yapma.
- Bir hareketten başka bir harekete hızlı bir şekilde geçiş.

### 3. Sonuçlar

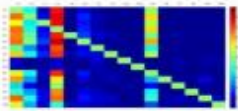
Süregiden EEG verisi 0.1 Hz – 30 Hz band aralığında filtrelenmiş ve geleneksel delta (0.1-4Hz), teta (5-8 Hz), alfa (9-14 Hz), beta (15-30Hz) bantları analiz edilmiştir. Her bir katılımcının gözü açık ve kapalı, ön ve son test koherans hesapları yapılmıştır. Daha sonra, elde edilen koherans ölçütlerinin ortalaması alınarak genel bir şema ortaya çıkarılmıştır.

#### 3.1. Elektrotlar Arası Bağlantısallık

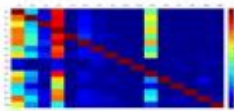
Elektrotlarda meydana gelen aktivasyonlar arasındaki ilişki, hem deney hem de kontrol guruplarının ilk ve son testlerindeki göz açık ve göz kapalı durumları için delta, teta, alfa ve beta bantlarında incelenmiştir. Sonuçlar, en yüksek aktivasyon değerlerinin delta ve teta bantları ile beynin frontal, oksipital ve paryetal korteks alanlarında oluştuğunu göstermektedir. 3.1.1. Deney Gurubu Göz Açık Koşulu Deney gurubunun göz açık olduğu koşulda alınan EEG kaydından elde edilen verilerde elektrotlardaki aktivasyonun en güçlü alfa, delta ve teta bantlarında ortaya çıktığı görülmüştür. En yüksek aktivasyonların görüldüğü alanların frontal, oksipital ve paryetal alanlar olduğu ve frontal alandaki aktivasyonun, diğer elektrotlardaki aktivasyonların üreticisi olduğu tespit edilmiştir. Ön ve son testlerdeki elektrotlarda meydana gelen aktivasyonlar karşılaştırıldığında ise özellikle, son test sırasında oluşan aktivasyon gücü, ön testteki aktivasyon gücüne oranla görece daha fazladır.

##### 3.1.1. Deney Gurubu Göz Açık Koşulu

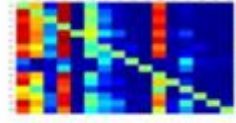
Deney gurubunun göz açık olduğu koşulda alınan EEG kaydından elde edilen verilerde elektrotlardaki aktivasyonun en güçlü alfa, delta ve teta bantlarında ortaya çıktığı görülmüştür. En yüksek aktivasyonların görüldüğü alanların frontal, oksipital ve paryetal alanlar olduğu ve frontal alandaki aktivasyonun, diğer elektrotlardaki aktivasyonların üreticisi olduğu tespit edilmiştir. Ön ve son testlerdeki elektrotlarda meydana gelen aktivasyonlar karşılaştırıldığında ise özellikle, son test sırasında oluşan aktivasyon gücü, ön testteki aktivasyon gücüne oranla görece daha fazladır.



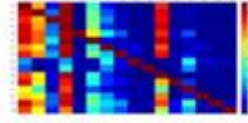
Şekil 1. Gözler Açık, Ön Test Test Alfa Bandı Aktivasyonları



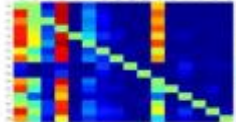
Şekil 2. Gözler Açık, Son Test Alfa Bandı Aktivasyonları



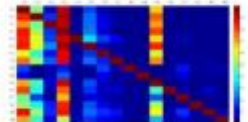
Şekil 3. Gözler Açık, Ön Test Test Delta Bandı Aktivasyonları



Şekil 4. Gözler Açık, Son Test Delta Bandı Aktivasyonları



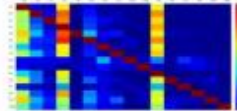
Şekil 5. Gözler Açık, Ön Test Test Teta Bandı Aktivasyonları



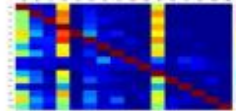
Şekil 6. Gözler Açık, Son Test Teta Bandı Aktivasyonları

##### 3.1.2. Deney Gurubu Göz Açık Koşulu

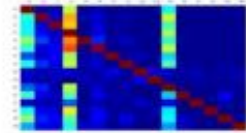
Deney gurubunun göz kapalı olduğu koşulda beyin bölgelerinde oluşan aktivasyon gücünün, göz açık koşulda oluşan aktivasyon gücüne oranla oldukça düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, görece en güçlü aktivasyonlar delta ve teta bantlarında ortaya çıkmıştır. Ayrıca, en yüksek elektrot aktivasyonlarının frontal, oksipital ve paryetal alanlarda ortaya çıktığı ve frontal alandaki aktivasyonun diğer elektrotlardaki aktivasyonun üreticisi olduğu bulunmuştur. Ön ve son testlerdeki elektrot aktivasyonları karşılaştırıldığında ise elde edilen veriler arasında aktivasyon bölgeleri, gücü ve yönü açısından herhangi bir farka rastlanılmamıştır.



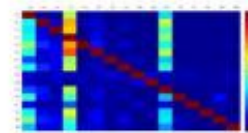
Şekil 7. Gözler Kapalı, Ön Test Delta Bandı Aktivasyonları



Şekil 8. Gözler Kapalı, Son Test Delta Bandı Aktivasyonları



Şekil 9. Gözler Kapalı, Ön Test Teta Bandı Aktivasyonları



Şekil 10. Gözler Kapalı, Son Test Teta Bandı Aktivasyonları

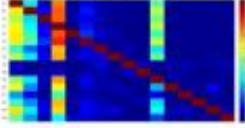
##### 3.1.3. Kontrol Gurubu Göz Açık Koşulu

Kontrol gurubundan göz açık koşulda elde edilen verilerde elektrotlardaki aktivasyonun en güçlü alfa, delta ve teta bantlarında ortaya çıktığı görülmüştür. En yüksek aktivasyonların görüldüğü alanların frontal, oksipital ve paryetal alanlar olduğu ve frontal alandaki aktivasyonun, diğer elektrotlardaki aktivasyonların üreticisi olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte bütün bant frekans aralıklarında ön ve son testlerdeki elektrot aktivasyonları karşılaştırıldığında

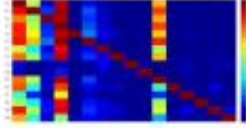
## Beyinde Bağlantısallık 2

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

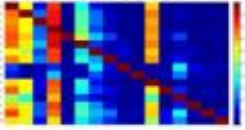
son testteki aktivasyon güçlerinin ön testteki aktivasyon gücüne göre yüksek olduğu görülmektedir.



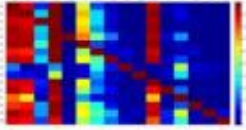
Şekil 11. Gözler Açık, Ön Test Alfa Bandı Aktivasyonları



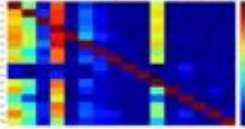
Şekil 12. Gözler Açık, Son Test Alfa Bandı Aktivasyonları



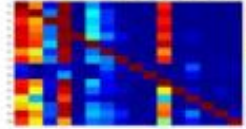
Şekil 13. Gözler Açık, Ön Test Delta Bandı Aktivasyonları



Şekil 14. Gözler Açık, Son Test Delta Bandı Aktivasyonları



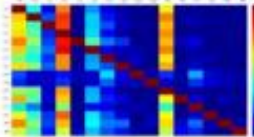
Şekil 15. Gözler Açık, Ön Test Teta Bandı Aktivasyonları



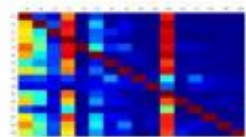
Şekil 16. Gözler Açık, Son Test Teta Bandı Aktivasyonları

### 3.1.4. Kontrol Gurubu Göz Kapalı Koşulu

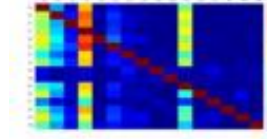
Kontrol gurubunun göz kapalı olduğu koşulda beyin bölgelerinde oluşan aktivasyon gücünün, göz açık koşulda oluşan aktivasyon gücüne oranla oldukça düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, görece en güçlü aktivasyonlar delta ve teta bantlarında ortaya çıkmıştır. Ayrıca, en yüksek elektrot aktivasyonlarının frontal, oksipital ve paryetal alanlarda ortaya çıktığı görülürken; ön testteki delta bandında ve ön ve son testlerdeki teta bandına frontal bölgedeki aktivasyon diğer elektrotlardaki aktivasyonların üreticisidir. Son test delta bandında ise en güçlü aktivasyon paryetal alandadır ve buradaki aktivasyonun diğer bölgelerdeki aktivasyonların üretici olduğu görülmektedir. Ayrıca; ön ve son testler karşılaştırıldığında, son testte elektrotlarda meydana gelen aktivasyon gücünün ön testteki aktivasyon gücünden daha yüksek olduğu bulunmuştur.



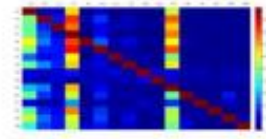
Şekil 17. Gözler Kapalı, Ön Test Delta Bandı Aktivasyonları



Şekil 18. Gözler Kapalı, Son Test Delta Bandı Aktivasyonları



Şekil 19. Gözler Kapalı, Ön Test Teta Bandı Aktivasyonları



Şekil 20. Gözler Kapalı, Son Test Teta Bandı Aktivasyonları

## 4. Teşekkür

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi, 51581 numaralı BAP projesi tarafından desteklenmektedir

## 5. Kaynakça

- [1] Vestberg, T., Gustafson, R., Maurex, L., Ingvar, M. ve Petrovic, P., "Executive Functions Predict the Success of Top-Soccer Players", *PLOS ONE*, 7, 4, 1-5, 2012.
- [2] Anderson, C.W., Devulapall, S.V. ve Soltz, E.A., "Determining Mental State from EEG Signals Using Neural Networks", *Department of Computer Science Colorado State University*, 4, 171-183, 1995.
- [3] Medina, J.A., Netto, T.L.B., Muszkat, M., Medina, A.C., Botter, D., Ortbetelli, R., Scaramuzza, L.F.C., Sinnes, E.G., Vilela, M. ve Miranda, M.C., "Exercise Impact on Sustained Attention of ADHD Children, Methylphenidate Effects", *ADHD Attention Deficit Hyperactivity Disorder*, 2, 49-58, 2010.
- [4] Roberts, A.C., Robinns, T.W. ve Weiskrantz, L. (Ed.), *The Prefrontal Cortex: Executive and Cognitive Functions* Oxford University Press, New York, 1998.
- [5] Iversen, S.D. ve Mishkin, M. "Preservative Interference in Monkeys Following Selective Lesions of the Inferior Prefrontal Convexity", *Experimental Brain Research*, 11, 376-386, 1970.
- [6] Menom, V., Adleman, N. E., White, C. D., Glover, G. H. ve Reiss, A. L., "Error-Related Activation during a Go/NoGo response inhibition task", *Human Brain Mapping*, 12., 131-143, 2001.
- [7] Roberts, L.E., Rau, H., Lutzenberg, W. ve Birbaumer, N., "Mapping P-300 Waves onto Inhibition: Go/NoGo Discrimination", *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/ Evoked Potentials Section*, 92,1, 44-55, 1994.