# Hafif Travmatik Beyin Hasarında Hilbert Dönüşümü ile Frontal Alfa Güç Analizi
# Frontal Alpha Power Analysis of Mild Traumatic Brain Injury with Hilbert Transform

Mehmet Akif OZCOBAN
Elektronik ve Otomasyon Bölümü
Gaziantep Üniversitesi
Gaziantep, Türkiye
mehmetakif@gantep.edu.tr, mehmetakifozcoban@gmail.com

***Özetçe*—Travmatik Beyin Hasarı (TBH) toplumda çok yaygın bulunan, çok sayıda insanın yaşamını olumsuz yönde etkileyen bir hastalıktır. Hastalık şiddeti Glasgow Koma Ölçeğine (GKÖ) göre; şiddetli, orta ve hafif olarak sınıflandırılmaktadır. Bu hastalık beyinde nöropatolojik bozukluklara ve bilişsel fonksiyon bozukluklarına neden olmaktadır. Hastalığın değerlendirilmesinde nörogörüntüleme sistemlerinin yanı sıra elektro fizyolojik işaretlerin analizleri de önemli bilgiler sağlamaktadır. Çalışmamızda adet 52 orta TBH hastası ve 32 adet sağlıklı gönüllüden dinlenme durumunda alınan EEG verileri kullanılmıştır. Frontal bölge kanallarının kullanıldığı araştırmada alfa bandına ait güç spektral değerleri, Hilbert dönüşümü yöntemi ile hesaplanmıştır. Hilbert dönüşümü, filtre tasarımı için kernel dalga şeklinin belirlenmesinde kullanıcıya kısıtlama getirmediği için tercih edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre hasta kişilere ait verilerin Fp1, F8 ve Fz kanallarında anlamlı güç azalışı tespit edilmiştir. Bu sonuç TBH'ın sınıflandırılmasının, takip edilmesinin yansıra biyobelirteç elde etmekte EEG'nin yararlı olabileceğini göstermektedir.**

***Anahtar Kelimeler*—*Hafif Travmatik Beyin Hasarı, Güç Spektrumu, Hilbert dönüşümü.***

***Abstract*—Traumatic Brain Injury (TBI) is a disease that is very common in society and negatively affects the lives of many people. Symptom severity is classified as severe, moderate and mild according to the Glasgow Coma Scale (GCS). The disease causes neuropathological disorders and cognitive dysfunctions in the brain. In addition to imaging systems, electroencephalographic signals also provide important information in the assessment of the disease. In our study, resting state EEG data from 52 moderate TBI patients and 32 healthy volunteers were used. In the study power, spectral values of frontal region channels in alpha frequency band were computed with Hilbert Transform method. Hilbert transform was preferred for filter design because it does not impose any restrictions on the user in determining the kernel waveform. According to the analysis results, a significant power decrease was detected in the Fp1, F8 and Fz channels of the patient data. This result shows that EEG may be useful in classifying and monitoring TBI as well as obtaining biomarker**
979-8-3315-2981-9/24/$31.00 ©2024 IEEE

***Keywords — Mild Traumatic Brain Injury, Power Spectrum, Hilbert Transform***

## I. GİRİŞ

Travmatik beyin hasarı (TBH), dışardan alınan bir darbe sonucunda oluşan nörolojik ve bilişsel fonksiyon bozukluklarına neden olan bir hastalıktır [1]. Bir süreliğine bilişsel kayıp, hafıza kaybı, zihinsel değişimler, denge kaybı gibi belirtilere neden olabilmektedir [2]. Her yıl yaklaşık 50 milyon kişi çeşitli seviyelerde travmaya bağlı beyin hasarı yaşamaktadır [3] ve bu kadar yaygın olmasından ve ekonomik etkilerinden dolayı 'sessiz salgın' olarak ta adlandırılmaktadır [4]. Başlıca belirtileri; bilinç kaybı veya bozukluğu, yaralanma öncesi veya sonrası olaylara ilişkin hafıza kayıpları, denge kaybı ve görmede değişiklik gibi nörolojik bozukluklar, zihinsel yavaşlama vb. şeklinde olmaktadır. Hastalığın bu fonksiyonlarda neden olduğu değişimin, Parkinson ve Alzheimer gibi nörolojik hastalıkların da riskini yükselttiği değerlendirilmektedir [5, 6]. TBH hastalığının şiddet derecelendirilmesinde Glasgow Koma Ölçeği (GKÖ) kullanılmaktadır [7]. Bu ölçeğe göre TBH, hafif, orta ve şiddetli olarak 3 kategoride incelenebilmektedir. Orta beyin hasarlı kişiler genelde yaralanmayı takip eden haftalar boyunca belirti göstermezler. Görüntüleme cihazlarının bu noktada yardımları olsa da bazı sinirsel ve yapısal bozuklukları teşhis etmekte başarısız bulunmaktadırlar. Bu nedenle elektro fizyolojik izleme çalışmaları bu hastalığın değerlendirilmesinde önem kazanmaktadır [8]. TBH çalışmalarında hastalığın teşhis, değerlendirme ve biyobelirteç edinimi gibi konularda, EEG kullanımı oldukça önemli bilgiler vermektedir. Dinlenme durumunda çekilen EEG ile yapılan çalışmada alfa bandında TBH hastalarında güç düşüklüğü ve beta bandında ise koherans azalması tespit edilmiştir [9]. TBH'ın dinamik ve heterojen doğası, patfizyolojisinin anlaşılmasını sınırlamaktadır ve bu nedenle TBH için daha iyi tanısal yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır [10]. Bu amaçla yapılan çalışmalarda; dinlenme durumunda çekilen, TBH hastalarına ait EEG verilerinin, tüm bantlarda güç spektral analizi yapılmış ve kontrol grubu ile yapılan kıyaslamada teta bandında güç yükselmesi, alfa bandında güç düşüşü, tespit edilmiştir. Aynı çalışmada hemisferler arası koherans da

incelenmiş ve hastalarda anlamlı düşüş kaydedilmiştir [9]. Deney hayvanları ile yapılan başka bir EEG çalışmasında ise travma sonrası epilepsi gelişimi araştırılmış olup, travma sonrasında epileptik açıdan riskli bir dönem yaşanabileceği belirtilmiştir [11]. Görev ilişkili olarak veri kaydı yapılan bir çalışmada ise TBH'ın bağlantı gücü üzerindeki etkileri araştırılmış ve hemisfer içi bağlantı gücünde zayıflama ve hemisferlerarası bağlantıda güçlenme rapor edilmiştir [12].

Bu çalışma, EEG dalgalarının güç değerlerine göre TBH'lı hastalarının sınıflandırılabilmesine, düzelme takibinin yapılabilmesine ve bir biyobelirteç olarak bu değerlerin kullanılabilmesine olanak tanıyan bulgular sunmaktadır.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

### A. TBH Hastalarına ait EEG Verileri

Çalışmada 32 kontrol ve 52 TBH verisi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler bu çalışma sırasında toplanan ve araştırmacıların ortak kullanımına açılan TBH hastalarına ait dinlenme durumunda kaydedilen EEG verileridir [1]. Katılımcılar 18-55 yaş aralığındadır. Hastalık öncesi herhangi bir majör tıbbi, psikiyatrik durum veya madde bağımlılığı öyküsü bulunmamaktadır. Kayıtlar, Hafif Travmatik Beyin hasarlı hastalardan New Mexico Üniversitesi Sağlık Bilim Merkezi'ne, travmayı takip eden iki hafta sonrasında başvurmuş kişilerden alınmıştır. Hastaların GKÖ değerleri 13-15 arasındadır. EEG kayıtları Ag/AgCl elektrotlar ile 500 Hz örnekleme frekansında 64 kanallı Brain Vision EEG sistemleri ile alınmıştır. Artifaktlar, göz kırpma sırasında oluşan bozucu işaretler filtrelenmiştir.

### B. Hilbert Dönüşümü ile Güç Spektral Çıkarımı

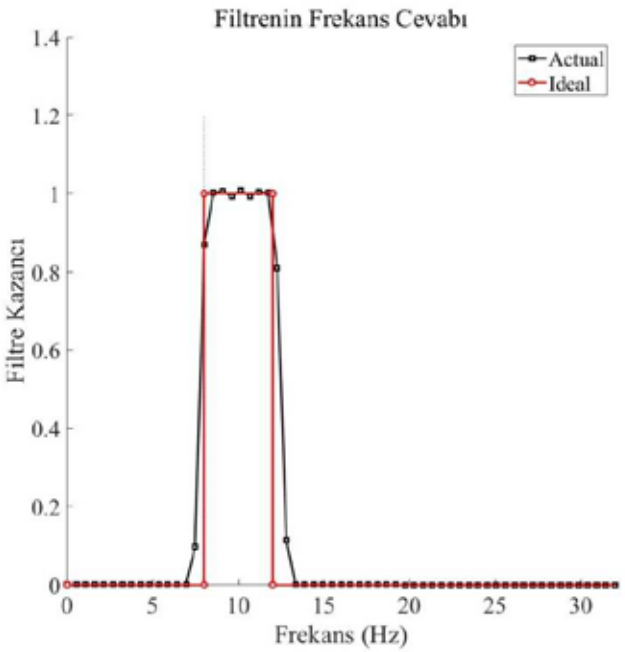
Hilbert dönüşümü sadece gerçek kısmı bilinen işaretlerden komplex işaret oluşturmayı amaçlayan bir yöntemdir. Komplex bileşen elde edildikten sonra ise güç ve faz bilgileri rahatlıkla hesaplanabilmektedir. Hilbert dönüşümü literatürde bulunan çok sayıda güç spektral hesaplama yöntemine alternatif teşkil etse de hızlı fourier dönüşümü temelli bir yöntemdir [13]. Hilbert dönüşümü uygulanmadan önce istenen EEG frekans bandına özel bir çıkarım yapılabilmesi amacıyla işarete filtreleme uygulanmaktadır. Bu uygulama Hilbert dönüşümünün diğer yöntemlere göre en önemli avantıjıdır ki bu sayede filtrenin karakteristikleri daha fazla kontrol edilebilmektedir. Bilindiği üzere, Morlet dalgacıklarında dalgacık şekli, frekans düzleminde her zaman Gaussian şeklinde olmaktadır. Bant geçiren filtre ise tamamen araştırmacının kontrolünde olmaktadır. Çalışma alfa bandı bölgesinde gerçekleştirildiği için alfa frekans bölgesi (8-12 Hz) sınırlarını geçiren bir filtre oluşturulmaktadır [14]. Hilbert dönüşümü literatürde $H|g(t)|$ notasyonu ile tanımlanmaktadır.

$$H[g(t)] = g(t) * \frac{1}{\pi t} = \frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{g(\tau)}{t-\tau}d\tau = \frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{g(t-\tau)}{\tau}d\tau \quad [15]$$

$g(t)$ nin Hilbert dönüşümü, $\frac{1}{\pi t}$ sinyali ile konvolüsyon işlemine tabi tutulması ile hesaplanabilmektedir. Bu $\frac{1}{\pi t}$ nin dürtü tepkisine sahip bir filtrenin $g(t)$ fonksiyonuna verdiği cevaptır. Bu filtreye hilbert transformatörü de denilmektedir.

### C. Filtre Oluşturulması

Analizlerin gerçekleştirilmesinde, kernel şekli belirlenmesinde sağladığı avantaj nedeniyle sonlu darbe cevaplı filtre oluşturulmuş ve kullanılmıştır. Bunu oluştururken 8 Hz'in altındaki ve 12 Hz'in üzerindeki işaretleri bastıran, vagon şeklinde bir kernel dalgacığı oluşturulmaktadır. Köşe artifaktlarından kurtulmak için ise yüzde 15'lik geçiş bölgesi tanımlanmıştır. Şekil1'de alfa bandı için oluşturulan ve filtreleme için işaretin üzerinde konvolüsyon işlemine tabi tutulan kernel işareti ve uygulamanın yapıldığı örnek veri gösterilmektedir. Filtreden geçirilen işaretin komplex bileşenlerinin elde edilebilmesi amacıyla hilbert dönüşümü uygulanmaktadır ve güç spektral değerleri elde edilebilmektedir.




Şekil 1: Çalışma için oluşturulan filtrenin kernel şekli ve uygulanması

Çalışmada analizler için oluşturulan filtrenin başarısı Şekil 1'de gösterilmektedir.

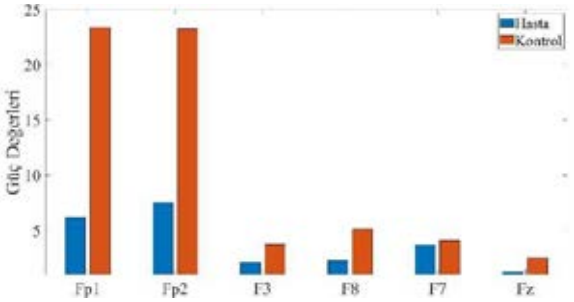
## III. SONUÇLAR

Çalışmamızda 52 TBH tanısı almış hasta ve 32 adet sağlıklı gönüllüden elde edilen veriler kullanılmıştır. Frontal bölgede alfa frekans bandı için analizler gerçeklestirilmiştir. Hesaplanan değerler ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 1' de gösterilmektedir.

*TABLO 1: ANALİZ SONUÇLARI*

| Kanal | TBH/Kontrol | Ortalama | Std. Sapma | p degeri |
|---|---|---|---|---|
| Fp1 | TBH | 6,21 | 4,45 | 0,001 |
| | Kontrol | 23,38 | 15,85 | |
| Fp2 | TBH | 7,52 | 7,60 | 0,160 |
| | Kontrol | 23,28 | 17,71 | |
| F3 | TBH | 2,13 | 2,16 | 0,156 |
| | Kontrol | 3,76 | 3,40 | |
| F8 | TBH | 2,26 | 1,69 | 0,046 |
| | Kontrol | 5,09 | 4,48 | |
| F7 | TBH | 3,71 | 3,37 | 0,813 |
| | Kontrol | 4,06 | 3,51 | |
| Fz | TBH | 1,23 | 0,77 | 0,011 |
| | Kontrol | 2,49 | 1,45 | |

Sonuçlar Şekil2'de görselleştirilerek grafik halinde sunulmaktadır.




Şekil2: Analiz Sonuçlarının Grafik Gösterimi

TBH tanısı alan veriler ile kontrol verilerinin karsılaştırılmasına ait istatistiki veriler Tablo 1 ve Şekil 2'de yer almaktadır. Sağlıklı ve hasta veriler için bulunan güç değerleri SPSS 22 yazılımı kullanılarak Independent Sample t-test uygulanarak istatistiksel olarak test edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, Fp1, F8 ve Fz kanallarında istatistiksel olarak sağlıklı gönüllü katılımcı verileri lehine anlamlı sonuç ($p<0,005$) sonuç bulunmuştur.

## IV. TARTIŞMA VE BULGULAR

Bu çalışmada güç spektral bileşenlerinin elde edilmesi için Hilbert dönüşümü kullanılmıştır. Hilbert dönüşümün en önemli aşamalarından olan sonlu filtre tasarımı başarıyla gerçekleştirilmiş ve hesaplamalar yapılmıştır. Analiz sonuçları frontal bölge kanallarından alınan işaretlerde alfa frekans bandı için gerçekleştirilmiştir. Üç kanal da (Fp1, F8 ve Fz) hastalarda anlamlı güç azalışı tespit edilmiştir. Alfa frekans gücü, bilişsel fonksiyonlardan hafıza performansı, beyin hacmi [16] ve nörolojik hastalıkların araştırmalarında önemli bilgiler vermektedir [17]. TBH vakalarında alfa gücü değişimini araştıran bir çalışmada, alfa gücünde yüksek varyasyonlar bulunmuş ve beyin hasarının yönetici işlevler, davranış kontrolünde eksikliklere neden olduğu belirtilmiştir [18]. Travmatik beyin hasarının bilişsel sistem üzerinde en bilinen etkisi hafıza bozulmalarıdır [19]. Bunu takiben öğrenme güçlükleri de görülebilmektedir [20]. Elektrofizyolojik olarak analizlerin gerçekleştirildiği EEG tekniği de TBH vakalarında beyin hasarını incelemelerinde etkili ve önemli sonuçlar vermektedir. Spektral analiz, mutlak ve bağıl güç, koherans ve elektrot çiftleri arasında simetri hesaplaması, hesaplaması yapılan parametlerdendir [21]. EEG bantlarına göre yapılan bir analizde TBH verilerinde kontrol grubuna göre, delta bandında yüksek güç, alfa bandında ise düşük güç bulunmuştur [22] ancak henüz Hafif Travmatik beyin hasarına özgü net bir EEG parametresi bulunmamaktadır [21] ve bu nedenle çalışmamızın sonuçlarının literatüre katkıları önemlidir.

Çalışmamızın sonuçları, EEG analizinin travmanın beyinde yarattığı hasarın araştırılmasında başarılı bir araç olduğunu göstermektedir. Bulgularımız önceki sonuçları doğrulamaktadır ve özellikle beyinde zihinsel işlemlerin yönetildiği frontal bölgede anlamlı bir sonuç vermesi beyindeki hasarın zihinsel yansımalarını ortaya çıkarması açısından önemlidir. Gelecekte yapılması muhtemel çalışmalarla, EEG'nin TBH'ın beyin üzerinde etkilerinin değerlendirilmesinde daha fazla bilgi sağlamasına ve kullanımını yaygınlaştıracağına inanılmaktadır.

## KAYNAKLAR

[1] R. Eme, "Neurobehavioral outcomes of mild traumatic brain injury: a mini review," *Brain sciences,* vol. 7, no. 5, p. 46, 2017.

[2] K. Blennow *et al.*, "Traumatic brain injury," *Nat. Rev. Dis. Primer,* vol. 17, pp. 1-20, 2016.

[3] A. I. Maas *et al.*, "Traumatic brain injury: integrated approaches to improve prevention, clinical care, and research," *The Lancet Neurology,* vol. 16, no. 12, pp. 987-1048, 2017.

[4] J.-Y. Jiang *et al.*, "Traumatic brain injury in China," *The Lancet Neurology,* vol. 18, no. 3, pp. 286-295, 2019.

[5] D. Titus, C. Furones, Y. Kang, and C. Atkins, "Age-dependent alterations in cAMP signaling contribute to synaptic plasticity deficits following traumatic brain injury," *Neuroscience,* vol. 231, pp. 182-194, 2013.

[6] M. Gilbert, C. Snyder, C. Corcoran, M. C. Norton, C. G. Lyketsos, and J. T. Tschanz, "The association of traumatic brain injury with rate of progression of cognitive and functional impairment in a population-based cohort of Alzheimer's disease: the Cache County Dementia Progression Study," *International psychogeriatrics,* vol. 26, no. 10, pp. 1593-1601, 2014.

[7] A. Dadas, J. Washington, R. Diaz-Arrastia, and D. Janigro, "Biomarkers in traumatic brain injury (TBI): a review," *Neuropsychiatric disease and treatment,* pp. 2989-3000, 2018.

[8] S. S. Shin, J. W. Bales, C. Edward Dixon, and M. Hwang, "Structural imaging of mild traumatic brain injury may not be enough: overview of functional and

metabolic imaging of mild traumatic brain injury," *Brain imaging and behavior,* vol. 11, pp. 591-610, 2017.

[9] J. D. Lewine *et al.*, "Quantitative EEG biomarkers for mild traumatic brain injury," *Journal of Clinical Neurophysiology,* vol. 36, no. 4, pp. 298-305, 2019.

[10] M. A. Vella, M. L. Crandall, and M. B. Patel, "Acute management of traumatic brain injury," *Surgical Clinics,* vol. 97, no. 5, pp. 1015-1030, 2017.

[11] P. Perucca, G. Smith, C. Santana-Gomez, A. Bragin, and R. Staba, "Electrophysiological biomarkers of epileptogenicity after traumatic brain injury," *Neurobiology of disease,* vol. 123, pp. 69-74, 2019.

[12] S. Liu, C. Shi, X. Ma, B. Zhao, X. Chen, and L. Tao, "Cognitive deficits and rehabilitation mechanisms in mild traumatic brain injury patients revealed by EEG connectivity markers," *Clinical Neurophysiology,* vol. 132, no. 2, pp. 554-567, 2021.

[13] M. Cohen, "Complete neural signal processing and analysis: Zero to hero," M. Cohen, Ed., ed, 2021.

[14] M. Cohen, *Analyzing neural time series data: theory and practice*. MIT press, 2014.

[15] F. R. Kschischang, "The hilbert transform," *University of Toronto,* vol. 83, p. 277, 2006.

[16] P. L. Nunez, "Towards a physics of neocortex," *Advanced Methods of Physiological System Modeling: Volume 2,* pp. 241-259, 1989.

[17] W. Klimesch, "EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis," *Brain research reviews,* vol. 29, no. 2-3, pp. 169-195, 1999.

[18] R. A. Roche, P. M. Dockree, H. Garavan, J. J. Foxe, I. H. Robertson, and S. M. O'Mara, "EEG alpha power changes reflect response inhibition deficits after traumatic brain injury (TBI) in humans," *Neuroscience letters,* vol. 362, no. 1, pp. 1-5, 2004.

[19] M. G. de Freitas Cardoso *et al.*, "Cognitive impairment following acute mild traumatic brain injury," *Frontiers in neurology,* vol. 10, p. 198, 2019.

[20] E. Vakil, "The effect of moderate to severe traumatic brain injury (TBI) on different aspects of memory: a selective review," *Journal of clinical and experimental neuropsychology,* vol. 27, no. 8, pp. 977-1021, 2005.

[21] J. N. Ianof and R. Anghinah, "Traumatic brain injury: An EEG point of view," *Dementia & neuropsychologia,* vol. 11, pp. 3-5, 2017.

[22] J. D. Lewine *et al.*, "Objective documentation of traumatic brain injury subsequent to mild head trauma: multimodal brain imaging with MEG, SPECT, and MRI," *The Journal of head trauma rehabilitation,* vol. 22, no. 3, pp. 141-155, 2007.