



Yüz Lezyonlu Olgularda EEG Beta Aktivitesinin Analizi ve Değerlendirilmesi

Analysis and Assessment of EEG Beta Activity in Patients with Facial Lesions

Esra SÜZEN¹, Hilmi UYSAL², Ayhan ŞAVKLIYILDIZ¹, Ömer ÖZKAN³, Özlenen ÖZKAN³,
Ebru APAYDIN DOĞAN², Buket ŞİMŞEK¹, Ümit Deniz ULUŞAR⁴, Övünç POLAT¹ ve Ömer Halil ÇOLAK¹

¹Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

²Tıp Fakültesi, Nöroloji Anabilim Dalı

³Tıp Fakültesi, Plastik ve Rekonstrüktif Cerrahi Anabilim Dalı

⁴Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Akdeniz Üniversitesi,
Antalya, Türkiye

{esrasuzen, uysalh, savkliyildiz, buketsimsek, umitulular, ovuncpolat, omercol}@akdeniz.edu.tr
{ozlenend, eapaydindogan}@yahoo.com, omozkan@hotmail.com

Özetçe— Bu çalışmada yüz lezyonu olan yüz nakil adayları olgularda EEG beta bandı incelemeleri yapılarak kontrol grubuyla karşılaştırılmıştır. Çalışmaya 10 sağlıklı gönüllü ve 4 yüz lezyonlu hasta katılmıştır. Sağ el duyu ve sağ alt yüz duyu EEG kayıtları dalgacık paket dönüşüm tabanlı analiz edilerek alt ve üst beta bant maksimum genlik değerleri ve oranları karşılaştırılmıştır. Sağ el uyarımında 2 hasta için sağ yüz uyarımında da 3 hasta için farklılıklar tespit edilmiştir. Korteks üzerinde 2 duyu için haritalama işlemi gerçekleştirilerek aktivite bölgelerindeki farklılıklar tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler — EEG, Dalgacık Paket Dönüşümü, Topografik Haritalama, Yüz Lezyon

Abstract— In this study, EEG beta band examinations were performed in patients with facial lesions and compared with the control group. 10 healthy volunteers and 4 patients with face lesions participated in this study. Right-hand sensory and right-lower face sensory EEG recordings were analyzed based on wavelet packet transformation, and lower and upper beta band maximum amplitude values and ratios were compared with control group. Significant differences were found in 2 patients for right hand stimulus and were found in 3 patients for right face stimulus. The mapping of the two senses on the cortex was performed and the differences in the activity areas were discussed.

Keywords — EEG, Wavelet Packet Transform, Topographic Mapping, Facial Lesions

I. Giriş

EEG (Elektroensefalogram) sinyali, beynin elektriksel aktivitesini göstermektedir. Frekans aralığına göre EEG beş çeşit dalga şekline ayrılmaktadır: Bunlar delta (1-4 Hz), teta (4-

8 Hz), alfa (8-13 Hz), beta (13-30 Hz) ve gama (> 30 Hz) bandı salınımlarıdır.

Beyin plastisitesi uzuv kayıpları sonucunda ortaya çıkan çevresel modifikasyonlara tepki olarak beynin yeniden adaptasyon süreci olarak tanımlanmaktadır [1]. Vücudun periferik uzuvlarında meydana gelen değişiklikler yetişkin insan beyninin kortikal organizasyonunu oldukça etkilemektedir [2]. Bu organizasyon farklı EEG ve rehabilitasyon çalışmalarında incelenmiştir.

Amputelerde yapılan EEG kortikal haritalama çalışmaları, olası yaralanmaların gelecekteki rehabilitasyonlar için potansiyel bir takip ve rehber olarak kullanılabilmesi göstermiştir [3]. Üst kol nakil adayları hastasına nakil öncesi uygulanan rehabilitasyon çalışmasından elde edilen EEG sonuçları, ampute kol ile yapılmaya çalışılan motor hareketlerde toplam EEG gücünün sağlıklı bireylere göre rehabilitasyon sonrası arttığını bildirmiştir [4].

Yüz nakil hastalarında kas aktivitelerinin normal grupla farklılıkların belirlendiği [5] ve bilişsel rehabilitasyon ile geliştirilen motor aktiviteleri içeren [6] çalışmalar nakil öncesi olgularda somatosensör kortekste meydana gelen değişimlerin de önemli olabileceğini ortaya koymuştur. Yüz nakil öncesi ve sonrası bir yüz nakil olgusunda EEG odaklı gerçekleştirilen tek çalışmada özellikle iyileşme sürecindeki beta bant aktivitesi üzerinde durulmaktadır. Vlodek Siemionow'un gerçekleştirdiği bu çalışmada bir yüz nakil olgusunun nakil öncesi ve sonrası duysal dokunsal stimülasyon EEG aktiviteleri karşılaştırılmıştır. Duyusal dokunsal stimülasyon sonucu oluşan kortikal cevaplar incelendiğinde ameliyattan sonraki ilk 3 aydan sonraki güç (38.8 nAm² / Hz) nakil öncesi (18.2 nAm² / Hz) ile

karşılaştırıldığında daha büyük çıkmıştır. Birkaç ay sonra ise, güç değeri kontrol değerlerine doğru düşmüştür, ancak yine de kontrol seviyelerinin 8-15 nAm² / Hz üzerinde tespit edilmiştir. Beta bandındaki değişiklikler iyileşme sürecini yansıtmıştır [7].

Bu noktalardan hareketle olası yüz lezyonlu hastalarda nakil öncesi rehabilitasyon seçeneklerinin değerlendirilmesi, uzuv kayıpları sonucu ortaya çıkan beyin plastisitesinin EEG alt frekanslarında yarattığı değişikliklerin güç ve korteks aktivasyon açısından tespiti önem arz etmektedir. Bu sebeple yüz lezyonlu hastaların 2 farklı uyarın bölgesinde beta bant aktivitelerinin güç değerlerinin ve kortekste aktif lokasyonlarının analizi gerçekleştirilmiştir.

II. MATERYAL VE METOT

A. Veri Tabanı Oluşturulması

Yüksek dansiteli EEG sinyalleri, Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroloji Anabilim dalında bulunan EEG laboratuvarında Nihon Kohden EEG cihazıyla, bireyin saçlı derisine yerleştirilebilen özel olarak tasarlanmış Ag/AgCl elektrotlardan oluşan 64 kanallı EEG kepi kullanılarak 200 Hz örnekleme frekansında unipolar olarak alınmıştır. 64 kanallı EEG kepi, bireyin saçlı derisine yerleştirildikten sonra deri empedansını düşürmek ve elektrot iletkenliğini arttırmak için elektrot jeli kullanılmıştır. Kafa derisi üzerinde nazion, inion ve preauriküler noktalar referans olarak alınmıştır. Nazion başın ön kısmında, inion arka kısmında, sol ve sağ preauriküler bölgeler ise tragusun önündedir. Elektrotlar önden arkaya anteroposterior, soldan sağa ise transvers ve simetrik olarak yerleştirilmiştir. EEG verileri alınırken kullanılan cihaz teknik verileri belirtildiği şekildedir: Elektrot empedansı 100-5000Ω Yüksek frekans (high pass) filtresi: 70 Hz Alçak frekans (low pass) filtresi: Beta bandında 25 Hz de oluşan harmonik MAV filtresi ile ortadan kaldırılmıştır.

B. Yüz Lezyonu olan hastalar, Kontrol Grupları ve Deney Protokolleri

1) Yüz Lezyon Grubu

YL1 (A.T.): 18 yaşındaki erkek hastanın 10 aylıkken ateş nedeniyle yüzünde yanıklar olmuştur (Şekil 1). 2019 şubat ayında hasta yüzde yanık sonrası oluşan skarların düzeltilmesi için Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Plastik Cerrahi kliniğine yatırılmıştır ve hasta operasyona alınmıştır. 2019 mart ayında da taburcu edilmiştir.

YL2 (İ.B.): 46 yaşındaki erkek hastanın ateşli silahlı yaralanma sonucunda yüz kemikleri ve dokusunda total defektler oluşmuştur. (Şekil 1) 2019 şubat ayında, ağız açıklığının artırılması için Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Plastik Cerrahi kliniğine yatırılmıştır ve hastaya, sağ oral komissürden, oral mukozadan laterale olacak şekilde V-Y ilerletme deri flebi yapıp ve taburcu edilmiştir.



Şekil 1. Solda YL1 sağda YL2 kod isimli yüz lezyon hastası yer almaktadır.

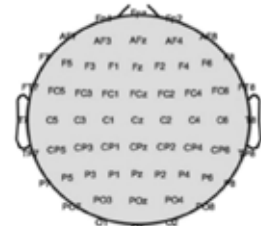
YL3 (M.D): 22 yaşındaki kadın hastanın 2,5 aylıkken evde yangın sonucunda yüzünde yanık skarları oluşmuştur (Şekil 2). 2019 şubat ayında ameliyat hazırlıkları amacı ile Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Plastik Cerrahi kliniğine yatırılan hasta daha sonra tüm tedaviyi reddederek klinikten ayrılmıştır.

YL4 (F.T): 14 yaşındaki kadın hastanın 9 aylıkken yanık sonucunda tüm yüzde skarlar oluşmuştur (Şekil 2). 2017 haziran ayından itibaren SCALP ve yüz bölgesine rekonstrüktif operasyonlar uygulanmıştır. Hasta Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Plastik Cerrahi kliniğinde incelenmektedir ve ayrıca hastada fantom benzeri algı mevcuttur.



Şekil 2. Solda YL3 sağda YL4 kod isimli yüz lezyon hastası yer almaktadır.

2) Kontrol Grupları ve Deney Protokolleri



Şekil 3. Potansiyel nakil adayının kayda hazırlanması ve kullanılan elektrot yerleşimi

Gerekli etik kurul onayı ve onam formu alınan 10 sağlıklı gönüllüden ve 4 yüz lezyonlu hastadan EEG kayıtları alınmıştır. Yüz lezyonlu hastanın kayda hazırlanması ve kullanılan elektrot yerleşimi Şekil 3'de gösterilmiştir.

Beynin istirahat halindeki EEG sinyalleri beş dakika boyunca Şekil.3'de belirtilen EEG prosedüründeki gibi kaydedilmiştir. EEG kaydı ekstremitelere hareketlerinin yapılmadığı süreler boyunca devam ettirilmiştir. Sağ el avuç içi ve sağ alt yüz bölgesi fırça ile uyarılmıştır. Gönüllü grup ve

hasta gruptan kayıt süresi boyunca gözlerini kapatmaları istenmiştir. Bir dakika uyarım 30 saniye dinlenme olmak üzere üç tekrardan oluşan kayıtlar alınmıştır. El ve yüz bölgesi uyarımı için de aynı EEG kayıt prosedürü uygulanmıştır. Duysal uyarımın toplam süresi yaklaşık 25 dakikadır.

C. EEG verilerinin işlenmesi ve analizler

EEG verilerini analiz etmek için dalgacık paket dönüşümü kullanılmıştır. Dalgacık paket dönüşümü ayrık dalgacık dönüşümünün genelleştirilmiş halidir. Dalgacık paket fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$W_{m,j,n}(t) = 2^{-\frac{m}{2}} W_j(2^{-m}t - n) \quad (1)$$

burada $j \in N$ her m seviyesi için düğüm indeksini belirtir.

Dalgacık paketinde enerji $W_{m,j,n}$ 'in yeniden oluşturulması ile oluşturulan w değerlerine bağlıdır [8].

$$W_{rms,m,j} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum |W_{m,j}(r)|^2} \quad (2)$$

Şebeke kaynaklı gürültülerin giderilmesi için 50 Hz çentik filtre kullanılmıştır. Dalgacık paket dönüşümü ile sinyaller 8 seviye 256 düğüme ayrıştırılmıştır. Beta frekans bandına ait 34-77. düğümler arasındaki enerji değerleri hesaplanmıştır. 13-21 Hz alt beta ve 21-30 Hz üst beta bandı olarak seçilmiştir.

Göz kapalı alınan EEG kayıtlarında alfa osilasyonları gözlemlenmektedir. Bununla birlikte alfa osilasyonlarına benzer ve bu osilasyonlardan kaynaklanan çeşitli tepeler frekans spektrumunda gözlemlenebilir [9]. Bu tepe enerjileri, etkilediği tüm kanallarda, birbirine eş frekans aralıklarında ise benzer-harmonikler (near harmonic) olarak adlandırılır. Benzer-harmonik etkisini [9] azaltmak için filtre katsayısı en yüksek olan Daubechies tipi db32 ana dalgacık olarak seçilmiştir [10].

Tasarlanan EEG analiz arayüzü sayesinde istenilen frekans aralığında, yumuşatma değerinde, istenilen uyarım tipinde normalize ve normalize olmayan seçenekleri ile topografik harita ve 3D spektrum şeklinde EEG sinyalleri incelenmiş ve analiz edilmiştir. Yumuşatmalar kanal bazlı olup alt bant ve üst bantların tepe noktalarını belirginleştirmek için ve aynı zamanda SNR değerlerini arttırmak amaçlanarak yapılmıştır. Burada 1.5 Hz yumuşatma işlemi gerçekleştirilmiştir. Beta için alt ve üst beta bandı maksimum enerji değerleri tespit edilmiş ve gönüllü ve yüz lezyonlu hastalar için bu değerler hem kişi bazlı hem de ortalama bazlı karşılaştırılmıştır.

İkinci aşama olarak farklılıklar korteks haritalama üzerinden değerlendirilerek uyarana bağlı beta bandı somatosensoriyel korteks aktivasyon lokasyonu değerlendirilmiştir.

EEG verilerinden elde edilen sonuçların istatistiksel hesaplamaları SPSS (v.18) programı ile yapılmıştır. Yüz nakil adayları ve kontrol grubu alt beta maksimum genlik, üst beta maksimum genlik ve alt beta maksimum genliğin üst beta maksimum genliğe oranının değerleri arasında farklılığı hesaplamak için Mann Whitney U testi kullanılmıştır.

III. Sonuç

A. Sağ El Duyu

Yapılan analizler sonucunda sağ el uyarımı için Tablo 1 incelendiğinde üst beta kontrol grubu ortalama değeri $0.585 \pm 0.437 \mu V^2$ aralığında olduğu, YL1 ve YL2 hastalarının bu sınır değerlerin üstünde olduğu tespit edilmiştir.

Kontrol grubundan K4 hariç 9 gönüllüde alt beta maksimum genlik ve üst beta maksimum genlik oranı 1'den büyüktür. YL3 ve fantom benzeri algı olan yüz lezyonlu hasta YL4 hariç diğer yüz nakil adaylarının alt beta maksimum genlik ve üst beta maksimum genlik oranı 0.5 'den küçüktür.

Alt beta ve üst beta maksimum genlik oranları ortalama değeri kontrol grubunda $1.676 \pm 1 \mu V^2$ aralığında olup YL1 ve YL2 hastalarında değerler bu aralığın altında kalmıştır ve normal gruptan farklıdır.

Yüz lezyonlu hastalarda sağ el duyu alt beta maksimum genlikleri kontrol grubunun maksimum genlik ortalamasına benzer sonuç vermiştir. İstatistiksel açıdan $\alpha \leq 0.05$ payı ile $p=0.777$ düzeyinde anlamlı bir farklılık olmadığı gözlemlenmiştir.

B. Sağ Yüz Duyu

Sağ yüz duyu uyarımı üst beta maksimum enerji değerleri ortalaması $1.05 \pm 1.41 \mu V^2$ aralığında olup 10. Kontrol deneği grup dışında bırakılmıştır. Hastalar için ortalama değer $1.10 \pm 0.57 \mu V^2$ aralığındadır ve YL3 hastası bu grup dışında olduğundan istatistiksel analizde değerlendirmeye alınamamıştır. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda YL1, YL2 ve YL4 hastalarında $p=0.033$ düzeyindedir ve anlamlı farklılık tespit edilmiştir.

TABLO I Sağ el duyu beta aktivitesi maksimum genlik değerleri (μV^2)

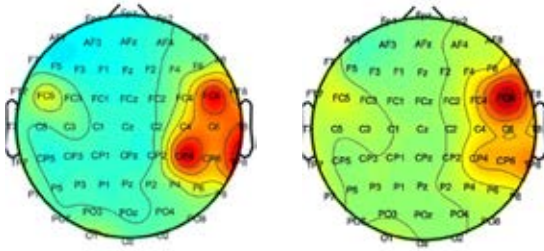
Kişiler	Alt Beta Maksimum Genlik	Üst Beta Maksimum Genlik	Alt Beta Maksimum Genlik/Üst Beta Maksimum Genlik	
Kontrol Grubu	K1	0.72	0.66	1,090
	K2	0.81	0.57	1,421
	K3	0.17	0.16	1,062
	K4	0.21	0.32	0,656
	K5	0.5	0.27	1,851
	K6	2.39	0.94	2,542
	K7	1.38	0.32	4,312
	K8	0.3	0.23	1,304
	K9	0.86	0.69	1,246
	K10	2.16	1.69	1,278
Yüz Lezyon Grubu	YL1	0.68	2.87	0.236
	YL2	0.61	2.1	0.290
	YL3	0.63	0.39	1.615
	YL4	0.83	0.64	1.296

YL1'in sağ el duyu ve sağ alt yüz bölgesi duysal uyarılarına ait beta (13-30 Hz) bandı EEG aktivitesi CP4, C6, T8, CP6, T7 bölgelerinde kontrol grubuna göre daha yüksek değerlidir. YL2'nin sağ el duyu beta (13-30 Hz) bandı EEG aktivitesi; FC5, FC6, CP4, CP6, TP8, T8, FT8 bölgelerinde kontrol grubuna göre daha yüksek değerlidir (Şekil 4). Sağ alt yüz bölgesinin beta bandı EEG aktivitesi ise; FC6, F8, FT8, C6, CP4, CP6, TP8 de bölgelerinde kontrol grubuna göre yüksek değerdedir. Genel olarak beta (13-30 Hz) bandı EEG artışının santro-parietal bölgede baskın olduğu görülmüştür (Şekil 4).

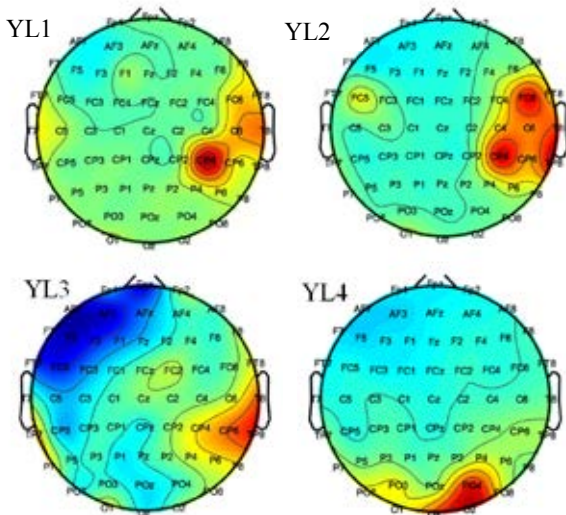
YL3'ün sağ el duyu beta (13-30 Hz) bandı EEG aktivitesi; CP6, TP8, T8, CP4 bölgelerinde kontrol grubuna göre daha yüksek değerlidir. YL3'ün sağ alt yüz bölgesinde ise CP6, TP8, CP4, T8, P8 beta bandı EEG aktivitesi yüksektir. Genel olarak beta bandı EEG aktivitesinin sağ serebral hemisferde baskın olduğu gözlemlenmiştir.

Sağ el duyu

Sağ yüz duyu



Şekil 4. Sağ el ve sağ yüz duyu için YL2 hastasının kontrol grubu ile beta bandı enerji farklarının topografik haritası



Şekil 5. Sağ el duyu uyarımında dört yüz lezyon hastasının kontrol grubu ile arasındaki beta bandı enerji farklarının topografik haritası

YL4'ün sağ el duyu ve sağ alt yüz bölgesi duysal uyarılarına ait beta (13-30 Hz) bandı EEG aktivitesi PO4, O2,

OZ bölgelerinde kontrol grubuna göre daha yüksektir. Ancak istatistiksel olarak anlamlı bir fark ifade etmemektedir. YL1, YL2, YL3, YL4 yüz lezyon hastalarının kontrol grubu ile arasındaki beta bandı enerji farklarının topografik haritası Şekil 5'de gösterilmiştir.

IV. TARTIŞMA

Çalışma sonucunda sağ el uyarımında YL1 ve YL2 hastalarında özellikle 22-30 Hz üst beta aktivitesinin kontrol grubundan farklı olduğu tespit edilmiştir. Sağ yüz uyarımında yine üst beta bandında YL1, YL2 ve YL4 hastalarında normal gruba göre anlamlı farklılık bulunmuştur. Bu farklılıklar gönüllü grup ve yüz lezyonlu grup arasında sağ el duyu ve sağ yüz duyu beta bandı korteks haritalarında sağ dominant fronto-santral ve santro-parietal aktivite artışları şeklinde gözlemlenmiştir. Tüm beta bandı haritaları ile anlamlı farklılık tespit edilen üst beta bandı haritaları birbirine benzer olmakla birlikte üst beta bant haritaları lokasyonları minimize ederek baskın lokasyonu daha ortaya çıkaran yapıdadır.

Konuya ilişkin EEG'nin diğer frekans bantları ve fMRG alanındaki çalışmalarımız devam etmektedir.

BİLGİLENDİRME

Bu çalışma TÜBİTAK 117E818 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir. EEG kayıtlarının alınması sürecindeki katkılarından dolayı İnci BİLGE'ye ve çalışmaya katılan tüm gönüllülere ve hastalara teşekkür ediyoruz.

KAYNAKLAR

- [1] C. D. Vargas ve A. Sirigu, "Brain Plasticity After Hand and Face Allotransplantation", içinde *The Know-How of Face Transplantation*, M. Z. Siemionow, Ed. London: Springer London, 2011, ss. 207-212.
- [2] P. C. Cavadas, L. Landin, ve J. Ibanez, "Bilateral Hand Transplantation: Result at 20 Months", *J. Hand Surg. Eur. Vol.*, c. 34, sy 4, ss. 434-443, Nis. 2009.
- [3] A. Chen, J. Yao, T. Kuiken, ve J. P. A. Dewald, "Cortical motor activity and reorganization following upper-limb amputation and subsequent targeted reinnervation", *NeuroImage Clin.*, c. 3, ss. 498-506, Oca. 2013.
- [4] M. Kurzynski vd., "Computer-aided training sensorimotor cortex functions in humans before the upper limb transplantation using virtual reality and sensory feedback", *Comput. Biol. Med.*, c. 87, ss. 311-321, Ağu. 2017.
- [5] Ç. Topçu vd., "Assessment of Emotional Expressions after Full-Face Transplantation", *Neural Plast.*, c. 2017, ss. 1-7, 2017.
- [6] Ç. Topçu vd., "Recovery of facial expressions using functional electrical stimulation after full-face transplantation", *J. NeuroEngineering Rehabil.*, c. 15, sy 1, s. 15, Mar. 2018.
- [7] V. Siemionow, "Functional EEG Assessment of Face Transplantation", içinde *The Know-How of Face Transplantation*, M. Z. Siemionow, Ed. London: Springer London, 2011, ss. 213-223.
- [8] S. Bilgin, O. H. Çolak, E. Koklukaya, ve N. Arı, "Efficient solution for frequency band decomposition problem using wavelet packet in HRV", *Digit. Signal Process.*, c. 18, sy 6, ss. 892-899, Kas. 2008.
- [9] S. J. van Albada ve P. A. Robinson, "Relationships between Electroencephalographic Spectral Peaks Across Frequency Bands", *Front. Hum. Neurosci.*, c. 7, ss. 56-56, Mar. 2013.
- [10] I. Bilge, A. Şavklıyıldız, H. Uysal, E. A. Dogan, B. Simsek, ve Ö. H. Çolak, "Effects of Wavelet Families and Filter Coefficients on EEG Frequency Spectrum", program adı: MICOPAM 2018, 2018.