

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**TAM YÜZ LEZYONLU OLGULARDA BEYİN PLASTİSİTESİNİN EEG
TABANLI ANALİZİ**

Esra SÜZEN

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

HAZİRAN 2021

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**TAM YÜZ LEZYONLU OLGULARDA BEYİN PLASTİSİTESİNİN EEG
TABANLI ANALİZİ**

Esra SÜZEN

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

HAZİRAN 2021

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TAM YÜZ LEZYONLU OLGULARDA BEYİN PLASTİSİTESİNİN EEG
TABANLI ANALİZİ

Esra SÜZEN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

(Bu tez TÜBİTAK 1001 ARDEB tarafından 117E818 nolu proje ile desteklenmiştir.)

HAZİRAN 2021

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TAM YÜZ LEZYONLU OLGULARDA BEYİN PLASTİSİTESİNİN EEG
TABANLI ANALİZİ

Esra SÜZEN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 25/06/2021 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ömer Halil ÇOLAK

Prof. Dr. Şükrü ÖZEN

Prof. Dr. Selçuk ÇÖMLEKÇİ

ÖZET

TAM YÜZ LEZYONLU OLGULARDA BEYİN PLASTİSİTESİNİN EEG TABANLI ANALİZİ

Esra SÜZEN

Yüksek Lisans Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ömer Halil ÇOLAK

Haziran 2021; 61 Sayfa

Bu tez yüz nakil adayı dolayısıyla yüz lezyonlu olgularda lezyon karakteristiğinin korteks üzerinde yarattığı değişikliklerin EEG tabanlı analizine odaklanmıştır. Çalışmaya 10 sağlıklı gönüllü ve 4 yüz lezyonlu hasta katılmıştır. Sağ yüz, sağ el ve sol yüz, sol el uyaranları sonucunda kaydedilen EEG verileri dalgacık paket dönüşümü ile spektral olarak analiz edilmiş ve tanımlı EEG bantlarındaki enerji değerlerinin yüz lezyonuna özel değişim süreçleri değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sürecine uyaranların yarattığı korteks aktivasyonlarının lokasyonları geliştirilen EEG analiz arayüzü ile haritalanarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Ayrıca tasarlanan EEG arayüz sayesinde istenilen aralıklarda, yumuşatma değerinde incelenmiştir. Çalışma sonucunda EEG’de standart olarak tanımlanan bantların alt ve üst gruplar şeklinde iki frekans bölgesinde hesabı ve analizi ve bu alt frekans bölgelerinin enerji değeri oranlarının kontrol grubu, yüz lezyon hastaları ve yüz nakil hastalarında değişimi analiz edilmiş ve detaylı olarak tartışılmıştır. Yüz lezyon hastalarının özellikle beta bandı, üst betanın alt gama bandına oranı ve delta bandında farklılıklar gösterdiği tespit edilmiş ve bu farklılığın nedenleri yorumlanmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: EEG, Dalgacık Paket Dönüşümü, Topografik Haritalama, Yüz Lezyon

JÜRİ: Prof. Dr. Ömer Halil ÇOLAK

Prof. Dr. Şükrü ÖZEN

Prof. Dr. Selçuk ÇÖMLEKÇİ

ABSTRACT

EEG-BASED ANALYSIS OF BRAIN PLASTICITY IN PATIENTS WITH FULL FACIAL LESION

Esra SÜZEN

MSc Thesis in Department of Electrical and Electronics Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ömer Halil ÇOLAK

June 2021; 61 pages

This thesis focuses on the EEG-based analysis of the changes in the cortex caused by the lesion characteristics in patients with facial lesions that is to say facial transplantation candidates. 10 healthy volunteers and 4 facial lesion patients participated in the study. EEG data recorded as a result of right face, right hand, left face and left-hand stimuli were analyzed spectrally by wavelet packet transform and the change processes of the energy values in defined EEG bands specific to the facial lesion were evaluated. In this evaluation process, the locations of the cortex activations created by the stimuli were mapped with the developed EEG analysis interface and comparisons were made. Thanks to the designed EEG interface, examinations were made in the desired frequency range and smoothing value. In the study, besides the bands defined as standard in EEG, calculation and analysis were made in two frequency regions as lower and upper groups. In addition, the changes in the energy value ratios of these sub-frequency regions in the control group, facial lesion patients and face transplant patients were analysed and discussed in detail. It was determined that the patients with facial lesions showed differences especially in the beta band, the ratio of upper beta to lower gamma band and delta band, and the reasons for this difference were interpreted.

KEYWORDS: EEG, Facial Lesion, Topographic Mapping, Wavelet Packet Transform

COMMITTEE: Prof. Dr. Ömer Halil ÇOLAK

Prof. Dr. Şükrü ÖZEN

Prof. Dr. Selçuk ÇÖMLEKÇİ

ÖNSÖZ

Öncelikle değerli bilgi ve birikimiyle bana yol gösteren danışman hocam Prof. Dr. Ömer Halil ÇOLAK'a, bu özel hasta grubu ile çalışmamı sağlayan çok kıymetli hocalarım Prof. Dr. Ömer ÖZKAN, Prof. Dr. Özlenen ÖZKAN ve Prof. Dr. Hilmi UYSAL'a, çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen kıymetli çalışma arkadaşlarım Buket ŞİMŞEK ve Ayhan ŞAVKLIYILDIZ'a ve her daim yanımda olan aileme sonsuz teşekkür ederim. Ayrıca EEG kayıt aşaması için İnci BİLGE'ye de teşekkürlerimi borç bilirim.

Bilimsel ve teknolojik araştırma projelerini destekleyen TÜBİTAK-1001 proje programı ile gerçekleştirilen 'Tam Yüz Lezyonlu Olgularda Beyin Plastisitenin EEG Tabanlı Analizi' tezimin bilime katkı sağlamasını temenni ederim.



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
AKADEMİK BEYAN.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
2.1. Merkezi sinir sistemi.....	3
2.1.1. Nöron.....	3
2.1.2. Beyin.....	4
2.1.2.1. Brodmann alanları.....	5
2.1.2.2. Serebral korteks.....	6
2.1.2.3. Somatik duyu korteksi.....	7
2.2. Duyusal işleme.....	10
2.3. EEG.....	11
2.3.1. EEG frekans aralıkları.....	12
2.3.2. EEG Elektrotları.....	14
2.3.3. Elektrotların Montajı.....	15
2.3.4. EEG Sinyalleri Artefaktları.....	15
2.4. Yüz Nakli.....	16
2.5. Beyin Plastisitesi.....	17
3. MATERYAL VE METOT.....	18
3.1. Veri Tabanının Oluşturulması.....	18
3.1.1. Yüz lezyon grubu.....	18
3.1.2. Deney protokolleri ve kontrol grupları.....	19
3.2. EEG Verilerinin İşlenmesi ve Analizler.....	20
3.2.1. Dalgacık dönüşümü.....	21
3.2.1.1. Sürekli dalgacık dönüşümü.....	22
3.2.1.2. Ayrık dalgacık dönüşümü.....	22
3.2.1.3. Dalgacık paket dönüşümü.....	23
3.3. EEG analiz arayüzü.....	24
4. BULGULAR.....	26
4.1. Topografik sonuçlar.....	26

4.1.1. YL1 hastası topografik sonuçları.....	26
4.1.2. YL2 hastası topografik sonuçları.....	29
4.1.3. YL3 hastası topografik sonuçları.....	31
4.1.4. YL4 hastası topografik sonuçları.....	34
4.2. Alt ve üst bant maksimum genlik değerleri sonuçları.....	36
5. TARTIŞMA	39
5.1. Topografik sonuçların genel değerlendirmesi.....	39
5.2. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi.....	40
6. SONUÇLAR	42
7. KAYNAKLAR	47
8. EKLER.....	53
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Tam yüz lezyonlu olgularda beyin plastisitesinin EEG tabanlı analizi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

25/06/2021

Esra SÜZEN

,

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Hz : Hertz

μ V : Mikro Volt

α : Alfa dalgası

β : Beta dalgası

θ : Teta dalgası

δ : Delta dalgası

ψ : Dalgacık

Kısaltmalar

EEG : Elektroensefalogram

fMRI : Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntülemesi

A : Auriküler

Fp : Frontopolar

AF : Anterior-frontal

FC : Frontosantral

F : Frontal

CP : Santro-parietal

FT : Fronto-temporal

PO : Parieto oksipital

C : Santral

T : Temporal

IPSP	: İnhibitör Postsinaptik Potansiyel
EPSP	: Eksitatör Postsinaptik Potansiyel
Ayrık dalgacık dönüşümü	: ADD
Sürekli dalgacık dönüşümü	: SDD
Grafik arayüzü	: GUI
Birinci yüz lezyon hastası	: YL1
İkinci yüz lezyon hastası	: YL2
Üçüncü yüz lezyon hastası	: YL3
Dördüncü yüz lezyon hastası	: YL4
Birinci yüz nakil hastası	: YN1
İkinci yüz nakil hastası	: YN2
Üçüncü yüz nakil hastası	: YN3
Kontrol grubu	: K
MEG	: Magnetoensefalografi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Nöron	4
Şekil 2.2. Orta frontal girusun golgi ile boyanmış bölümleri	5
Şekil 2.3. Brodmann alanları	6
Şekil 2.4. Beyin lobları	7
Şekil 2.5. 3b ve 1 alanları.....	8
Şekil 2.6. İnsan birincil somatik duyu korteksindeki somatotopik düzen	9
Şekil 2.7. Mekanik duyuusal bilgilerin çoğunu işleyen 3b ve 1 alanları	10
Şekil 2.8. EEG.....	11
Şekil 2.9. Hücre dışı akımların basitleştirilmiş gösterimi.....	12
Şekil 2.10. Beyin dalgaları.....	13
Şekil 2.11. 10-10 sistemdeki elektrot pozisyonları.....	15
Şekil 2.12. a) Bipolar ölçüm; b) Unipolar ölçüm.....	15
Şekil 2.13. Yüz nakli.....	16
Şekil 3.1. a) YL1 yüz lezyon hastası; b) YL2 yüz lezyon hastası	18
Şekil 3.2. a) YL3 yüz lezyon hastası; b) YL4 yüz lezyon hastası	19
Şekil 3.3. a) Yüz lezyonlu hasta kaydı; b) Kullanılan elektrot yerleşimi	20
Şekil 3.4. Uyarım alanları	20
Şekil 3.5. a) Kısa süreli Fourier Dönüşümü; b) Dalgacık Dönüşümü	21
Şekil 3.6. Dalgacıklar.....	22
Şekil 3.7. Ayrık dalgacık dönüşümü ayrışımı.....	23
Şekil 3.8. Dalgacık paket dönüşümü ayrışımı	23
Şekil 3.9. Dalgacık paket dönüşüm ayrışım modeli	24
Şekil 3.10. EEG arayüzü.....	25

Şekil 4.1. YL1'in alfa bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el;	
d) sol el uyaranlar için kontrol grup ile topografik	26
Şekil 4.2. YL1'in beta bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el;	
d) sol el uyaranlar için kontrol grup ile topografik	27
Şekil 4.3. YL1'in delta bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el;	
d) sol el uyaranlar için kontrol grup ile topografik	27
Şekil 4.4. YL1'in teta bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el;	
d) sol el uyaranlar için kontrol grup ile topografik	28
Şekil 4.5. YL1'in gama bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el;	
d) sol el uyaranlar için kontrol grup ile topografik	28
Şekil 4.6. YL2'in alfa bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el;	
d) sol el uyaranlar için kontrol grup ile topografik	29
Şekil 4.7. YL2'in beta bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el;	
d) sol el uyaranlar için kontrol grup ile topografik	29
Şekil 4.8. YL2'in delta bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el;	
d) sol el uyaranlar için kontrol grup ile topografik	30
Şekil 4.9. YL2'in teta bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el; d) sol	
el uyaranlar için kontrol grup ile topografik	30
Şekil 4.10. YL2'in gama bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el;	
d) sol el uyaranlar için kontrol grup ile topografik	31
Şekil 4.11. YL3'ün alfa bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el;	
d) sol el uyaranlar için kontrol grup ile topografik farkı.....	32
Şekil 4.12. YL3'ün beta bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el;	
d) sol el uyaranlar için kontrol	32

Şekil 4.13. YL3'ün delta bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el; d) sol el uyaranlar için kontrol grup ile topografik farkı.....	33
Şekil 4.14. YL3'ün teta bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el; d) sol el uyaranlar için kontrol	33
Şekil 4.15. YL3'ün gama bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el; d) sol el uyaranlar için kontrol	33
Şekil 4.16. YL4'ün alfa bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el; d) sol el uyaranlar için kontrol	34
Şekil 4.17. YL4'ün beta bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el; d) sol el uyaranlar için kontrol grup ile topografik farkı.....	34
Şekil 4.18. YL4'ün delta bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el; d) sol el uyaranlar için kontrol grup ile topografik farkı.....	35
Şekil 4.19. YL4'ün teta bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el; d) sol el uyaranlar için kontrol grup ile topografik farkı.....	35
Şekil 4.20. YL4'ün gama bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el; d) sol el uyaranlar için kontrol grup ile topografik farkı.....	36
Şekil 5.1. Sol Frontal ve sol Anterior Frontal'de baskın alfa EEG aktivitesi.....	39
Şekil 5.2. Sağ el ve sağ yüz duyu için YL2 hastasının kontrol grubu ile beta bandı enerji farklarının topografik haritası	40
Şekil 5.3. Sağ el duyu uyaranında dört yüz lezyon hastasının kontrol grubu ile arasındaki beta bandı enerji farklarının topografik haritası.....	40
Şekil 6.1. Üst betanın alt gama maksimum genlik değerlerine oranları	42
Şekil 6.2. Üst betanın alt beta maksimum genlik değerlerine oranları	43
Şekil 6.3. Üst betanın alt gama maksimum genlik değerleri oranları	43

Şekil 6.4. Üst delta maksimum genlik değerleri	44
Şekil 6.5. Üst gama maksimum genlik değerleri	44
Şekil 6.6. Üst delta bant maksimum genlik değerleri	45
Şekil 6.7. Üst delta bant maksimum genlik değeri	45
Şekil 6.8. Üst delta maksimum genlik değerleri	46



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. EEG frekans aralığı.....	14
Çizelge 2.2. EEG 10-10 sisteminde kullanılan elektrotların kısaltmaları.....	15
Çizelge 4.1. Sağ el alt beta ve üst beta maksimum genlik değerleri (μV^2).....	37
Çizelge 4.2. Sağ el alt gama ve üst gama maksimum genlik değerleri (μV^2).....	38
Çizelge 4.3. Sağ alt yüz alt beta ve üst beta maksimum genlik değerleri (μV^2).....	38
Çizelge 5.1. Üst beta /Alt gama ve Alt gama / Üst gama maksimum enerji oranları.....	41
Çizelge 8.1. Sağ el alt alfa ve üst alfa maksimum genlik değerleri (μV^2).....	53
Çizelge 8.2. Sol el alt alfa ve üst alfa maksimum genlik değerleri (μV^2)	53
Çizelge 8.3. Sol el beta alfa ve üst beta maksimum genlik değerleri (μV^2).....	54
Çizelge 8.4. Sağ el alt delta ve üst delta maksimum genlik değerleri (μV^2)	54
Çizelge 8.5. Sol el delta alfa ve üst delta maksimum genlik değerleri (μV^2).....	55
Çizelge 8.6. Sol el teta alfa ve üst teta maksimum genlik değerleri (μV^2).....	55
Çizelge 8.7. Sol el gama alfa ve üst gama maksimum genlik değerleri (μV^2).....	56
Çizelge 8.8. Sağ alt yüz alt alfa ve üst alfa maksimum genlik değerleri (μV^2).....	56
Çizelge 8.9. Sağ alt yüz alt delta ve üst delta maksimum genlik değerleri (μV^2)	57
Çizelge 8.10. Sağ alt yüz alt teta ve üst teta maksimum genlik değerleri (μV^2)	57
Çizelge 8.11. Sağ alt yüz alt gama ve üst gama maksimum genlik değerleri (μV^2)	58
Çizelge 8.12. Sol alt yüz alt alfa ve üst alfa maksimum genlik değerleri (μV^2)	58
Çizelge 8.13. Sol alt yüz alt beta ve üst beta maksimum genlik değerleri (μV^2)	59
Çizelge 8.14. Sol alt yüz alt delta ve üst delta maksimum genlik değerleri (μV^2).....	59
Çizelge 8.15. Sol alt yüz alt teta ve üst teta maksimum genlik değerleri (μV^2).....	60
Çizelge 8.16. Sol alt yüz alt gama ve üst gama maksimum genlik değerleri (μV^2)	60
Çizelge 8.17. Sağ el alt teta ve üst teta maksimum genlik değerleri (μV^2)	61

1. GİRİŞ

Yüz nakli bir insanın yüzünün tamamının ya da bir kısmının uyumlu donörden alınan yüz dokusuyla değiştirilmesi şeklinde tanımlanan cerrahi operasyondur. Ani ya da uzun süreli uzuv kayıplarında beyin çevresel değişimlere tepki olarak yeniden bir organizasyon içerisine girer ve bu durum beyin plastisitesi olarak tanımlanır. Yüz nakli gerçekleştirildikten sonra hastaya yapılan klinik muayenelerde hastada beyin plastisitesinin varlığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla yüz transplantasyonunda bu ilişkiyi tanımlayabilmek kompozit doku allograf transplantasyon alanındaki cerrahlar için oldukça önemli bir hale gelmiştir (Recanzone et al., 1992; Vargas and Sirigu, 2011). Bu konuda yapılan bir araştırmada trigeminal sinir gangliyonu (yüzdeki hissiyatı ve ısırma, çiğneme gibi hareketleri sağlayan) kesilen bir hastanın el duyusu uyarılmış ve yüzdeki sinirlerin kesilmesine rağmen hastanın yüzünde duyular hissettiğini tespit edilerek, yüz bölgesi kortikal alanın artık el bölgesi olarak yerini aldığı sonucuna varılmıştır (Ramachandran, 1994). Bir başka araştırmada ise; kol ampütasyondan sadece birkaç saat sonra hastalarda dokunma, fırça ile uyarma ve batma gibi duysal uyarıların yüz bölgesinde hissedildiği ve hayalet uzva yansıdığı gösterilmiştir. Kaybedilen kolun yerini beyinde yüz bölgesinin aldığı anlaşılmıştır (Borsook et al., 1998). Bu noktadan hareketle vücut kısımlarının kaybında somatik duyu korteksi haritasında yakın bölgelerle tekrar reorganizasyon içine girildiği sonucuna varılmıştır. El ve yüzün somatosensöri korteks alanları birbirine oldukça yakın olmasından dolayı bu iki duyu arasındaki araştırmalar sürdürülmektedir. Genel olarak periferik uzuvda meydana gelen değişiklikler yetişkin insan beyninin kortikal organizasyonunu etkilemektedir (Cavadas et al., 2009). Yüz nakli hastalarında Uysal ve arkadaşları tarafından el duyusunda yapılan uyarımlar sonucunda yüzün farklı alanlarında bölgesel his tanımlanmış ve el bölgesinde hayalet yüzün varlığı tespit edilmiştir (Uysal et al., 2016). Çoklu veri analizi ile gerçekleştirilen 215E012 nolu TÜBİTAK-1001 projesinde, hastalardan bazılarının operasyondan yıllar sonra hala güçlü plastisite etkisi altında olduğu, primer ve duysal hareketleri gerçekleştirmede plastisite sebebiyle büyük zorluk yaşadığı ve cerrahi başarının da beyin yarattığı plastisite etkisi ile bir ölçüde gölgelendiği görülmüştür. Ayrıca çocukluk çağında geçirdiği yanık sebebiyle göz kapakları dahil tam yüz nakli gerçekleştirilen bir hastada plastisite mevcut değilken erken bebeklikte geçirdiği yanık sebebiyle nakil operasyonu gerçekleştirilen ancak göz kapakları kendisine ait olan bir hastada operasyon sonrası 5 yıl geçmesine rağmen ciddi bir beyin plastisitesinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. Bu şaşırtıcı durum aslında lezyona bağlı doku kaybının gerçekleştiği nakil önceki süreçte beyin organizasyon yapısında henüz aydınlatılmamış bir karmaşıklıkla işaret etmektedir. Literatürdeki mevcut yüz plastisite çalışmaları da daha az veri grubuyla yapılmış daha gözlemsel çalışmalar olduğu için bu alandaki gizem devam etmektedir (Rijntjes et al., 1997).

EEG (Elektroansefalogram), diğer beyin görüntüleme tekniklerinden farklı olarak beyin gerçek zamanlı elektriksel aktivitesini gösterir (Assenza and Di Lazzaro, 2015). Durağan ve doğrusal olmayan EEG sinyali çok sayıda veri üretmektedir ve görsel olarak incelenmesi oldukça zordur. Ayrıca ufak değişiklikler bile önemli bilgi içerebileceği için sinyal işleme teknikleri ile bu sinyal analiz edilmelidir (Murray et al., 2008). EEG sinyali farklı spektrumlarda anlamlı bilgiler içerir. Bu frekans aralıkları; delta (1-4 Hz), teta (4-8 Hz), alfa (8-13 Hz), beta (13-30 Hz) ve gama (> 30 Hz) bandı salınımlarıdır. EEG işaretleri beyin plastisitesi analizlerinde de önemli bir role sahiptir.

Nöronal büyüme ve plastisitenin temel mekanizmasını anlamayı amaçlayan çalışmalar, kortikal hasar da başarılı tedaviler oluşturmak için hayati bir öneme sahip hale gelmiştir (Dobkin, 2007). Amputelerde yapılan EEG kortikal haritalama çalışmaları, olası yaralanmaların gelecekteki rehabilitasyonlar için potansiyel bir takip ve rehber olarak kullanılabileceği göstermiştir (Chen et al., 2013). Üst kol nakil aday 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 (Kurzynski et al., 2017). Yüz nakil hastalarında kas aktivitelerinin normal grupla farklılıkların belirlendiği ve bilişsel rehabilitasyon ile geliştirilen motor aktiviteleri içeren çalışmalar nakil öncesi olgularda somatosensor kortekste meydana gelen değişimlerin de önemli olabileceğini ortaya koymuştur (Topçu vd., 2018; Topçu vd., 2017). Sonuç olarak; yüz nakil aday hastalarının nörolojik olarak incelenerek varsa problemin yerinin anlaşılması için duyuşsal bir uyarımla bu sistemin analizi gerekmektedir. Dolayısıyla bu duyuşsal modalitelerin temsil ettiği bölgelerin ileride tedavi için de yarar sağlayacağı esastır. Bu tezde EEG analizi ile duyuşsal alanların yüz nakil aday hastalarda anlaşılması sağlanmıştır. Yüz nakil öncesi ve sonrası bir yüz nakil olgusunda EEG odaklı gerçekleştirilen tek çalışmada özellikle iyileşme sürecisindeki beta bant aktivitesi üzerinde durulmaktadır. Vlodex Siemionow'un gerçekleştirdiği bu çalışmada bir yüz nakil olgusunun nakil öncesi ve sonrası duyuşsal dokunsal stimülasyon EEG aktiviteleri karşılaştırılmıştır. Duyusal dokunsal stimülasyon sonucu oluşan kortikal cevaplar incelendiğinde ameliyattan sonraki ilk 3 aydan sonraki güç ($38.8 \text{ nAm}^2 / \text{Hz}$) nakil öncesi ($18.2 \text{ nAm}^2 / \text{Hz}$) ile karşılaştırıldığında daha büyük çıkmıştır. Birkaç ay sonra ise, güç değeri kontrol değerlerine doğru düşmüştür, ancak yine de kontrol seviyelerinin $8-15 \text{ nAm}^2 / \text{Hz}$ üzerinde tespit edilmiştir. Beta bandındaki değişiklikler iyileşme sürecini yansıtmıştır (Siemionow, 2011).

Bu noktadan hareketle, bu tez de beyin plastisitesi ile ilgili olarak transplantasyon sonrası yapılan çalışma da ortaya çıkan ve devam eden hayalet yüz kavramının, transplantasyon işlemi gerçekleşmeden EEG tabanlı analizi ve çözümlenmesi ve normal gruptan farklılıklarının anlaşılmasına odaklanılmıştır. Çalışmaya 10 sağlıklı gönüllü ve 4 yüz lezyonlu hasta katılmıştır. 64 kanal EEG kepi kullanılarak 200 Hz örnekleme frekansında el ve yüzün fırça yardımı ile uyarılması sonucunda EEG kayıtları alınmıştır. Dalgacık paket dönüşümü yöntemini kullanarak EEG sinyalleri 9 seviye 512 düğüme ayrıştırılarak ilgili frekans bantlarına karşılık gelen düğümler belirlenerek EEG sinyallerinin alt frekans bantları olan delta, teta, alfa, beta ve gama bantları elde edilmiştir (Bilgin et al., 2008a). Bu bantlar için enerji değeri hesaplanmıştır. EEG alt frekans bantlarına ait topografik haritaları karşılaştırmak amacıyla bir EEG analiz arayüzü tasarlanmıştır. Tasarlanan bu EEG analiz arayüzü aracılığıyla belirleyebildiğimiz frekans aralığında, yumuşatma değeri ve istenilen uyaran seçimiyle normalize ve normalize olmayan seçenekleri ile topografik harita ve 3D spektrum şeklinde EEG sinyalleri incelenmiş ve beyin korteks yanıtları karşılaştırılmıştır. Ayrıca literatürde standart olarak tanımlanan EEG bantları alt ve üst gruplara ayrılarak oluşan yeni alt bantların enerji değerleri üzerinden tekil ve oransal incelemesi gerçekleştirilmiş ve kontrol grubu ve hastalar arasında çıkan farklılıklar tartışılmıştır. Korteks üzerinde duyuşsal uyarmı için haritalama işlemi gerçekleştirilerek aktivite bölgelerindeki farklılıklarda bu çalışmada tartışılmıştır. Alt frekans bantlarına ayrıştırılan EEG sinyallerinin beyindeki enerji dağılımının gözlemlenebilmesi için topografik haritalama yapılmıştır ve korteks üzerindeki değişimler yorumlanmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Merkezi Sinir Sistemi

Merkezi sinir sistemi omurilik ve beyinden oluşur. Sinir sisteminin temel görev ve yapı birimi nöronlar, sinir sistemi içinde nöral bilginin geçmesini sağlayan özelleşmiş hücrelerdir. İnsan beyni trilyonlarca nörondan oluşur.

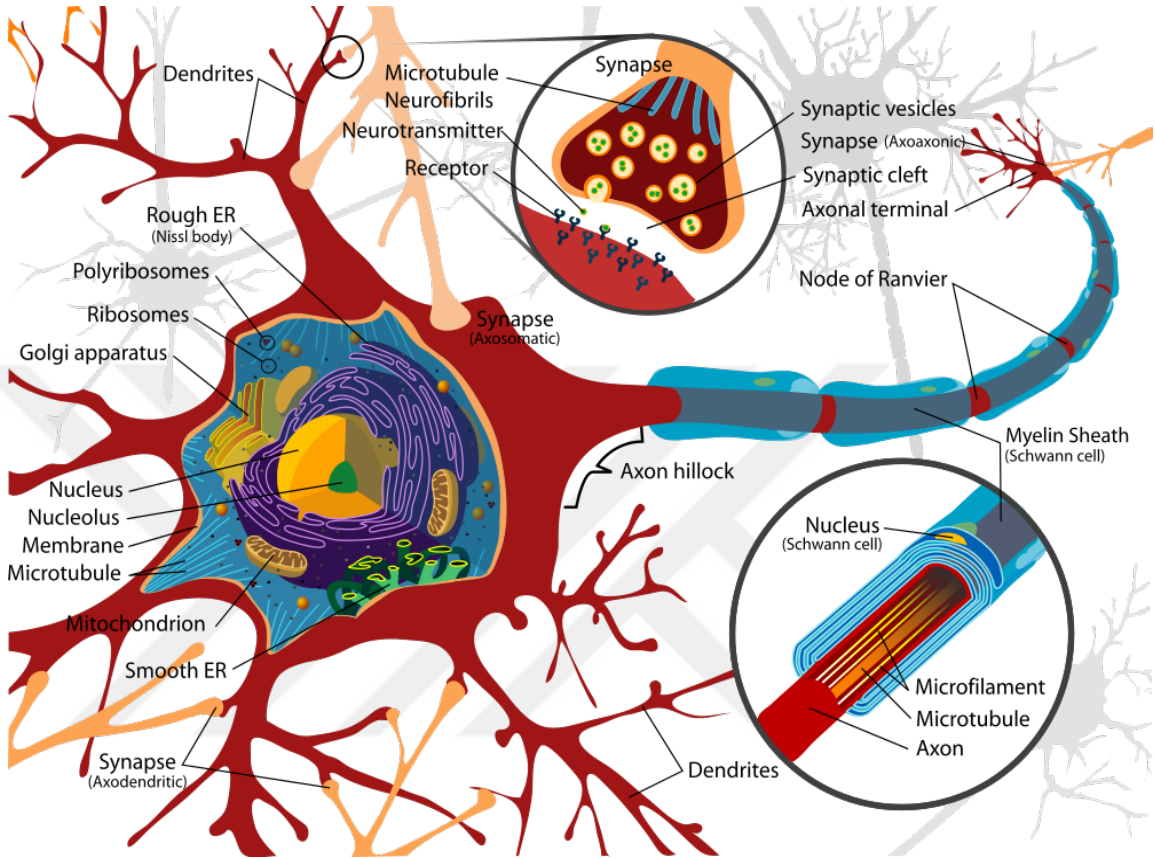
2.1.1. Nöron

Nöronlar vücuttaki elektrik sinyallerini alan ve ileten özelleşmiş hücrelerdir. Sahip oldukları uzantılar sayesinde iç ve dış çevreden gelen bilgileri sinirsel uyarılar halinde iletirler (Eppler, 2010).

Nöron Şekil 2.1’de görüldüğü gibi; hücre gövdesi, dentrit, akson, akson terminallerinden oluşur. Diğer nörondan nöral uyarımları, sinyalleri toplayan dentritler dallanmıştır. Dentritler ve hücre gövdesi diğer nöronlardan gelen girdilerin çoğunu alırlar. Bazı nöronlar 400.000 kadar dendrite sahip olabilir. Dendrit dallanmaları hücrenin yüzey alanını genişleterek diğer nörondan sinyal alma kapasitesini artırır. Akson, hücre gövdesinden hedef hücrelerine uzanan ve çıktıyı taşıyan uzantılardır. Aksonun ana gövdesi kollateral denilen dallanmalara sahip olabilir. Akson ve kollateralleri ne kadar fazla dallanır ise hücrenin etki alanı da o kadar büyük olur. Geniş aksonlar, nöron için bir çeşit izolasyon görevi yapan miyelin kılıf tarafından yağlı bir madde ile çevrelenmiştir. Miyelin kılıfı akson boyunca elektrik sinyalin iletimini hızlandırır ve enerjinin korunmasını sağlar. Bir nöronun diğerinin elektriksel ve kimyasal etkinliğini değiştirdiği, iki nöron arasındaki özelleşmiş anatomik bağlantılara sinaps denir. Çoğu sinapsta sinyal, bir nörondan diğer nörona nörotransmitterler tarafından taşınır. Nörotransmitterler, beyin ve vücuttaki bilgileri ileten beyin kimyasallarıdır. Bir nörondan salgılanan nörotransmitter, diğer nöronun membranı üzerinde bulunan özel bir protein reseptöre bağlanarak onun elektriksel etkinliğini değiştirir. Çoğu sinaps bir nöronun akson terminali ile ikinci bir nöronun hücre gövdesi veya dendriti arasında olur. Bununla beraber bazen iki dendrit arasında veya bir hücre gövdesi ve dendrit arasında veya bir akson terminali ile diğer bir akson terminali arasında da sinaps olabilir. Sinapsa sinyali getiren nörona presinaptik nöron, sinyali sinapstan alıp uzaklaştıran nörona ise postsinaptik nöron denir. Postsinaptik nöronun membran potansiyeli eksitator (uyarıcı), inhibitör (baskılayıcı), ya da mevcut düzeyinde sabittir. Herhangi bir anda postsinaptik hücrenin uyarılabilirlik düzeyi o anda aktif olan sinaps sayısına ve bunların eksitator ya da inhibitör olmalarına ve sayılarına bağlıdır. Uyarıcı postsinaptik potansiyel (EPSP) hücre zarını depolarize eder eder. İnhibe edici postsinaptik potansiyel (IPSP) ise hücre zarını hiperpolarize eder. Bu değişiklik hücre içi ve hücre dışı arasında gerilim farkına neden olur. Gerilim farkı hücre zarı üzerindeki iyon kanallarının açılıp ve kapanmasını sağlar. Kanalların açılıp kapanmasıyla, potansiyeldeki değişiklik belirli bir eşik değerine ulaşırsa nöron boyunca aksiyon potansiyeli iletimi gerçekleşir. Beyin hücrelerinde meydana gelen bu elektriksel uyarı nöral doku boyunca bilginin iletimini sağlar. Bu mekanizmalar milisaniyeler içinde çalışır. Bu sayede diğer hücrelerden gelen sinyallere bağlı olarak, her saniye milyonlarca elektrik akımı üretilmektedir.

Afferent nöron (sensorik), efferent nöron (motorik), internöron (ara nöron) olmak üzere üç tip nöron vardır. Afferent nöronlar reseptörden alınan uyarımı merkeze iletir.

Eferent nöronlar merkezde değerlendirilen bilgiyi ilgili organa götürürler. Vücutta bulunan nöronların çoğu inter nöronlardır. Merkezi sinir sisteminden dışarı çıkmazlar ve yüksek fonksiyonlarla (düşünce, his, irade, bellek, öğrenme, konuşma) ilgilidirler. Dolayısıyla ara nöron sayısı sinirsel aktivitenin kompleksliğini artırır.



Şekil 2.1. Nöron

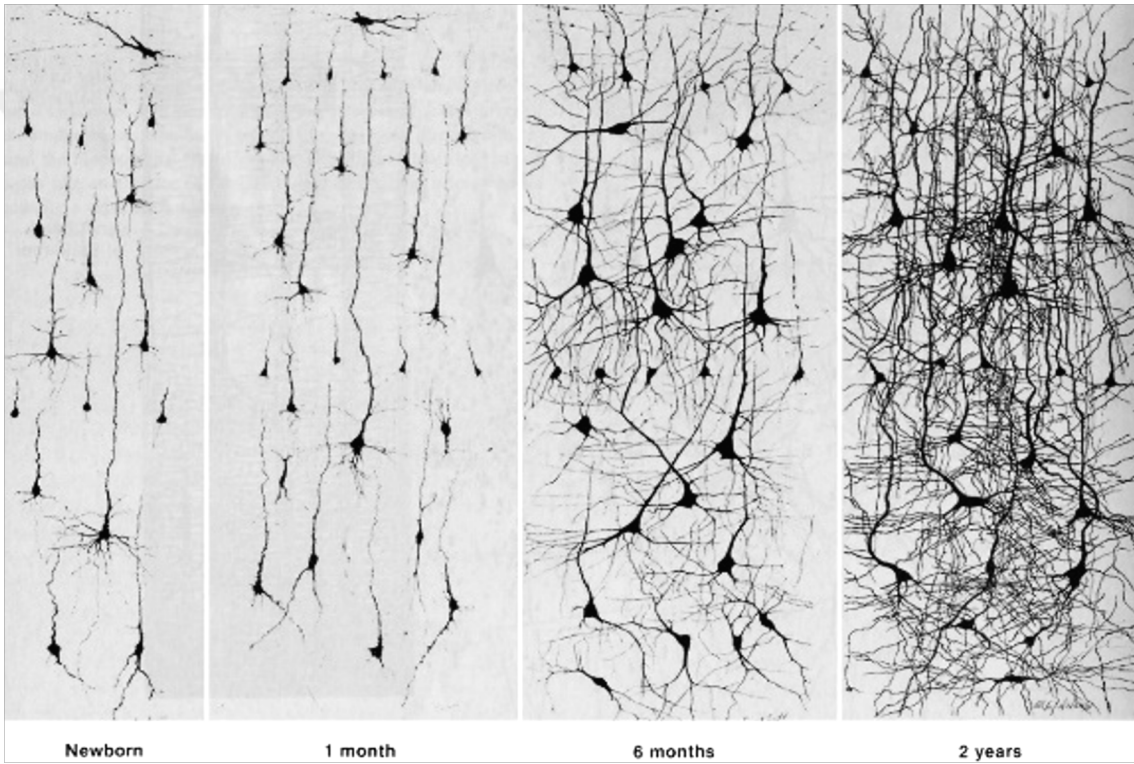
2.1.2. Beyin

İnsan beyni, kranial sinirler ve omurilik sayesinde merkezi sinir sistemini kontrol eden, çevresel sinir sistemini yöneten ve hemen hemen insanın tüm işlevlerini düzenleyen karmaşık bir organdır. Kafatası boşluğunun ön ve üst bölgesinde bulunur. İki beyin yarım küresinden oluşur. Her yarım kürenin beyaz maddeden oluşan bir iç çekirdeği ve gri maddeden oluşan bir dış yüzeyi (serebral korteks) vardır. Korteksin bir dış tabakası neokorteksi ve bir iç allokorteksi vardır. Neokorteks altı nöronal katmandan oluşurken, allokorteks üç veya dört katmandan oluşur.

Beyin hayati fonksiyonların kontrolü (Vücut ısısı, kan basıncı, kalp atış hızı, nefes alma, uyuma, yemek yeme, vb. gibi), duyarlar aracılığı ile alınan bilgilerin işlenmesi, entegre edilmesi ve yorumlanması, hareket ve duruşumuzun kontrolü, duyarlarımız ve davranışlarımız, düşünme ve bilişsel fonksiyonların kontrol edilmesinden sorumludur. Fizyolojik olarak, beyin fonksiyonu vücudun diğer organlarının merkezi kontrolünü sağlamaktır. Hormon olarak adlandırılan kimyasalların salgılanmasının işletimi

ve kas aktivitesinin oluşumu vücudun diğer organları üzerindeki işlevlerindendir. Bu merkezi kontrol çevredeki ufak değişimler dahil hızlı ve koordine bir tepki vermeyi sağlar.

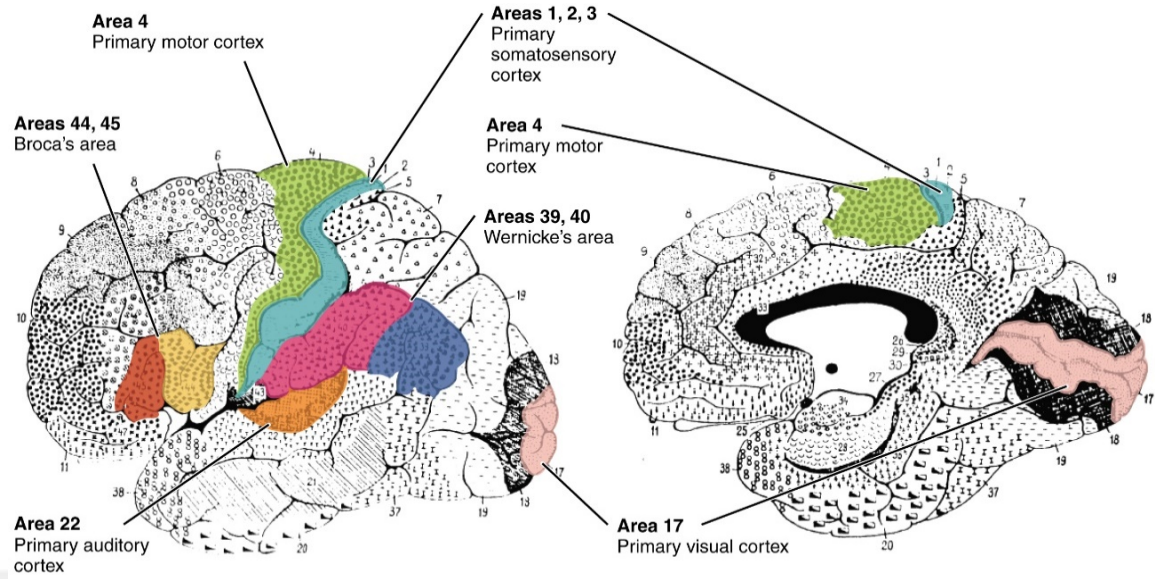
Yeni doğan bir bebek beyni doğumda sahip olduğu nöron sayısının neredeyse tamamını edinmiştir. Fakat nöronlar arası bağlantılar gelişmeye devam ederek astronomik sayılara ulaşır. İlk iki yıl boyunca bu bağlantılar genetik bir içerik aracılığıyla oluşur ancak daha çok çevreyle etkileşim ve aldıkları uyarıcılardan meydana gelirler. Miyelinleşme süreci bunun yapılmasını kolaylaştırır ve beynin boyutunun büyümesinden sorumludurlar. Şekil 2.2’de görüldüğü gibi doğumdan 2 yıla kadar dendritik ağların büyük artışıyla gösterilen sinirsel yapının karmaşıklığında büyük bir artış olur (Conel, 1939; Courchesne and Pierce, 2005; “NOTICES OF RECENT PUBLICATIONS,” 1942).



Şekil 2.2. Orta frontal girusun golgi ile boyanmış bölümleri

2.1.2.1. Brodmann alanları

Alman anatomist Korbinian Brodmann, Nissl hücre boyama yöntemi kullanılarak insanların ve primatların beyin korteksinde nöronların sito-mimari organizasyonunu temel olarak tanımlanmış ve numaralandırılmıştır. İlk kortikal haritayı 1909 yılında yayınlamıştır (Brodmann, 1909). Brodmann; hastalıkların tanınmasında, insan beyin özelliklerinin anlaşılmasında büyük fayda sağlayan Şekil 2.3.’de belirtilen 52 farklı korteks bölgesi belirlemiştir. Bu alanların bazıları tamamen bağımsız ve tekil görevlere sahipken, bazıları birbirleriyle oldukça koordineli bir şekilde çalışmaktadır.



Şekil 2.3. Brodmann alanları

2.1.2.2. Serebral korteks

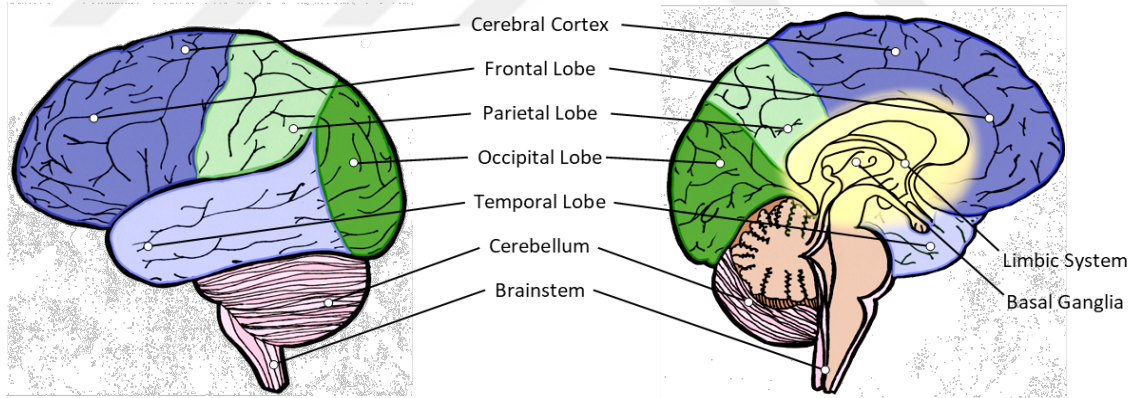
Serebral korteks beynin beyincik dışında kalan kısmı olan serebrumun en dış tabakasıdır ve beynin en gelişmiş kısmıdır. Beynin ağırlığının üçte ikisini kapsayarak tüm yapıların üzerini örter. Beyin sağ ve sol serebral hemisfer olmak üzere iki yapıya bölünmüştür. Beynin bu iki yarısı korpus kallosum adı verilen bir lif demetiyle birbirine bağlıdır. Hemisferler ince, gri, yoğun bir şekilde nöronların hücre yapılarıyla kaplanmış serebral korteksle kuşatılmıştır. Bu serebral korteksin kalınlığı sadece 1.5 milimetreden 5 milimetreye kadardır. Serebral korteks oldukça derinlerde kıvrılmış, büzülmüş olduğu için korteksin yüzeyel alanı görüldüğünden daha büyüktür. Tepeler arasındaki kıvrımlar gayri olarak, oluklarda sulki olarak isimlendirilir. Derinde ve göze çarpan sulkiler, yarıklar olarak isimlendirilir.

Beyin bilgiyi çapraz yönde işler. Yani omurilikten gelen duygusal bilgi vücudun sol kısmına girer ve karşı tarafa aktarılır ve ilk olarak sağ hemisferde işlenir. Aynı zamanda her hemisferdeki motor alanlar vücudun karşı tarafındaki hareketleri kontrol eder. Primatlar ve insanlarda yapılan davranışsal ve bilişsel testlerle ile çeşitli durumlar incelenmiş ve insan serebral korteksi görevlere ayrılmıştır (Goldman-Rakic, 1987; Milner and Petrides, 1984).

Her hemisferin yüzeyi Şekil 2.4' de görüldüğü gibi evrimsel olarak farklı ve önemli işlevleri olan yapısal olarak dört ana kısma bölünür ("Brain Anatomy | Better Brains for Babies," n.d.). Bunlar frontal, temporal, parietal ve oksipital loblardır. Bu dört lobdan en büyüğü olan frontal lob, insan beyninin ön kısmıdır ve diğer memelilere oranla daha büyüktür. Temel olarak, bu bölüm bilişsel kontrolden sorumludur (Miller, 2000; Miller and Cohen, 2001). Akıl yürüterek problem çözebilme, dikkat, karar verme, plan yapabilme, yaratıcılık, özellikle motor hareketlerin performansı, soyut düşünme, sosyal uygunluğu sürdürme gibi fonksiyonları vardır. Zarar görmesi durumunda öğrenme

güçlüğü, dikkatsizlik gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır (El-Baba and Schury, 2021). Parietal lob; çeşitli duyu organlarından gelen bilgileri birleştirme, renkleri algılama, uzaysal algı yeteneklerini kontrolünden sorumludur. Ayrıca nesnelerin kullanılması ve bazı mekansal görüş işlemelerinde parietal lobun kimi bölümleri rol almaktadır. Tatları algılama, acı ve dokunma hisleri gibi işlevlerden sorumludur. Eklem ve kaslardan gelen bilgileri işler ve var olan bilgilerle birleştirir. Bozukluğunda tanımada zorluk, nesnelerin konumunu belirleyememe gibi sorunlar ortaya çıkar ("Parietal lob," 2021). Oksipital lob, serebral yarım kürenin dört lobunun en küçüğüdür. Parietal ve temporal lobların arkasında bulunur. Görme duyusuyla ilgili bilgilerin işlenmesi, okuma, mesafe derinlik algısı, nesne yüz tanıma ve hafıza, renk belirleme de bu lob kontrolü altında gerçekleşir. Retinadan gelen uyarıyı algılar ve yorumlar. Hafif zarar görmesi halüsinasyonlara sebep olur (Rehman and Al Khalili, 2021). Beynin iki yan tarafında, oksipital lobun önünde ve frontal lobun arkasında da temporal lob bulunmaktadır. Temporal lob ses ve kokunun algılanması, aynı zamanda da yüzler, mekanlar gibi karmaşık uyarıların işlenmesini sağlar. Konuşma, hafıza ve işitme gibi işlevlerden sorumludur. Süreli bellek, işitsel öğrenme, müzik farkındalığı, kelimeleri yeniden düzenleme, dili anlama burada kontrol edilir (Patel et al., 2021).

Ayrıca beynin başka bir bölgesi olan serebellum bölgesi ya da beyincik sinir sisteminin sensorik ve motorik yolları arasında yerleşmiş kontrol sistemidir. Doğrudan hiçbir kasa emir vermemekle birlikte duyu organlarından gelen bilgilerle hareketi ilişkilendirir. Bu bölge özellikle dengenin sağlanması, kasların düzenli çalışması, kol ve bacaklardaki kasların uyumlu çalışmasından sorumludur.

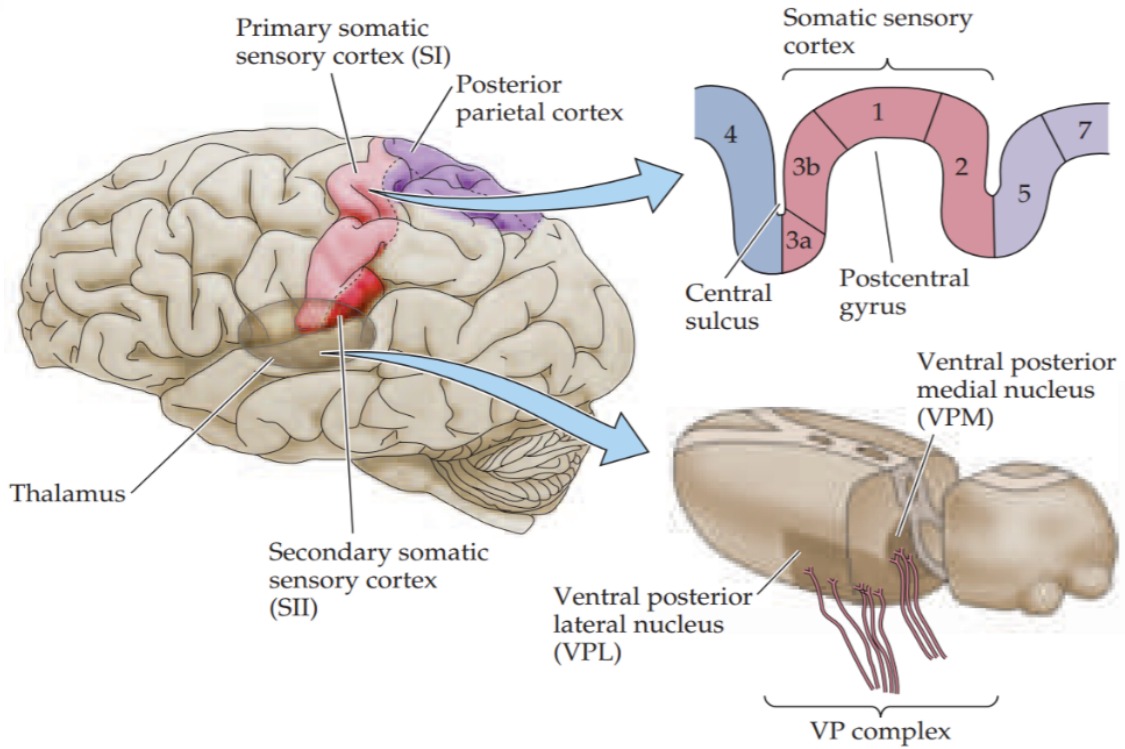


Şekil 2.4. Beyin lobları

2.1.2.3.Somatik duyu korteksi

Somatik duyu korteksi, serebral korteksin bir parçasıdır ve beynin ortasında yer alır. Somatik duyu duvarın işlenmesinden sorumludur. Deri ve deri altı dokularındaki özel duyu alıcıları oldukça çeşitlidir. Çeşitliliklerine rağmen, tüm somatik duyu reseptörleri temelde aynı şekilde çalışır. Cilde uygulanan uyarılar sinir uçlarını değiştirir, bu da alıcı hücre zarının iyonik geçirgenliğini etkileyerek sinir ucunda depolarize edici bir akım oluşturur. Eşik değeri aşıldığında ise aksiyon potansiyeli oluşur. Sonuç olarak; bilgiyi analiz ederek, uyarıların algılanmasına ve motor alanlara yönlendirilerek koordineli hareketin planlanmasını, yürütülmesini ve dinamik modülasyonunu sağlamaktadır (Ferezou et al., 2007; Johansson and Cole, 1992). Kaslardan, eklemlerden, deriden ve

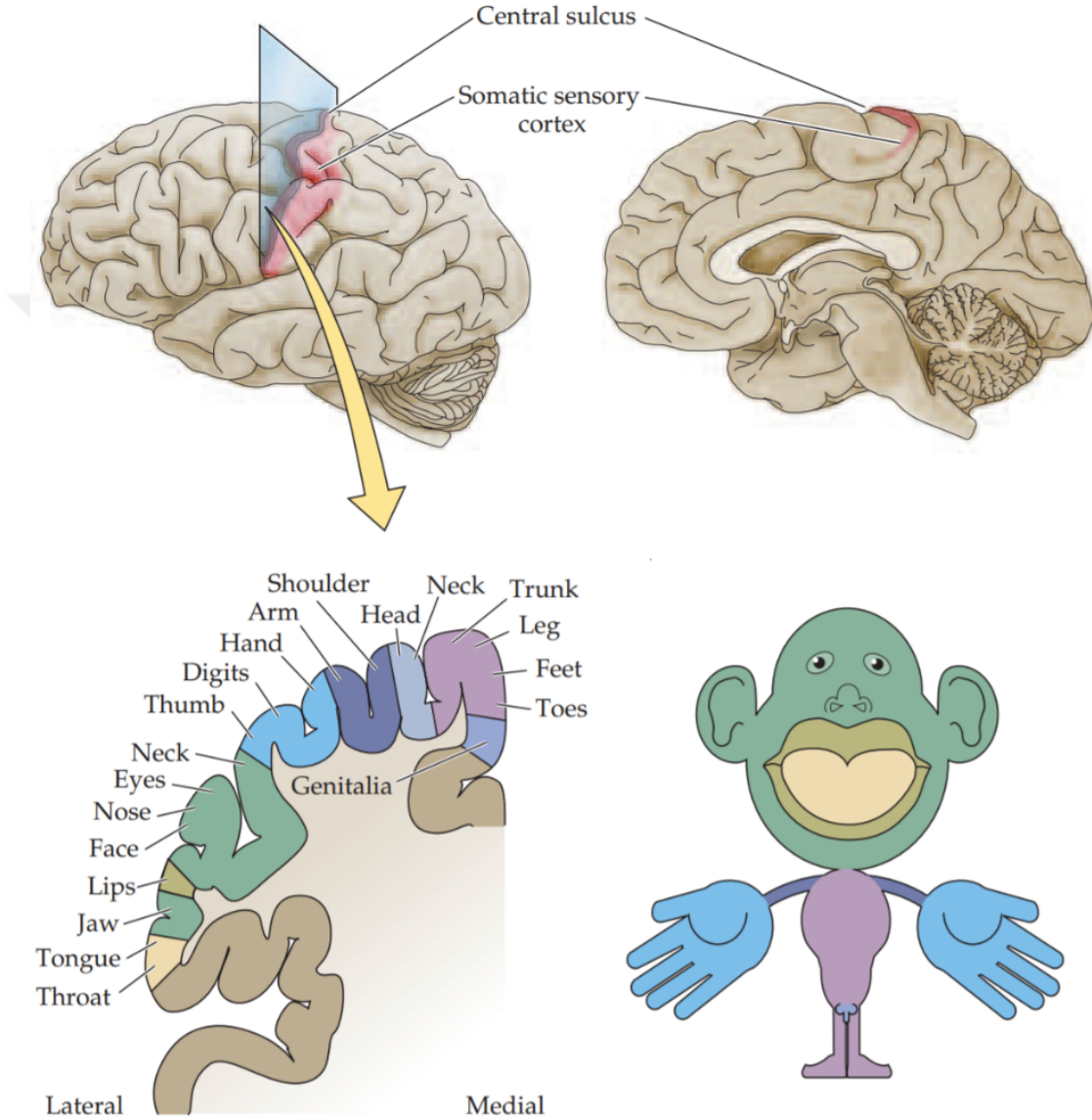
fasyadan kaynaklanan bilinçli dokunma, basınç, ağrı, sıcaklık, pozisyon, hareket ve titreşim algısıyla ilgili duyu sisteminin bir parçasıdır. Talamusun ventral arka kompleksindeki nöronların aksonları, somatik duyu korteksinin IV. katmanında bulunan kortikal nöronlara yansır. İnsanlarda parietal lobun postcentral girusunda yer alan birincil somatik duyu korteksi (SI), Brodmann'ın alanları 3a, 3b, 1 ve 2 olarak bilinen dört ayrı bölge içerir. Primatlarda yapılan deneyler sonucunda, 3b ve 1 bölgelerindeki nöronların birincil olarak deri uyarılarını işler. İnsanlarda ve diğer primatlarda yapılan haritalama çalışmaları bu dört kortikal bölgenin her birinin ayrı vücut temsili içerdiğini göstermektedir. Bu somatotopik haritalarda, ayak, bacak, gövde, ön ayaklar ve yüz, Şekiller 2.5 ve Şekil 2.6'da gösterildiği gibi, medialden laterale bir düzenlemede temsil edilir. Şekil 2.5'te büyütme, kutanöz mekanik duysal bilgilerin çoğunu işleyen 3b ve 1 alanları gösterilmiştir. Şekil 2.6 insan korteksinin, vücudun farklı bölümlerinin mekanik duysal uyarılmasının ardından elektriksel aktivitenin kaydedildiği bölgesini gösteren diyagram ve gösterilen alan boyunca vücut parçalarının medialden laterale somatotopik temsili gösteren diyagram gösterilmiştir. Ayrıca Homunculus'un bu tür haritalamaya dayanarak oluşturulmuş karikatürü de gösterilmiştir.



Şekil 2.5. 3b ve 1 alanları

Kortikal haritalar incelendiğinde; bedenin gerçek orantıları ile kortikal temsil alanının boyut oranının farklı olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 2.6 görüldüğü üzere; birincil duysal (ve motor) kortekste haritalama prosedürleri ile tanımlanan homunkulusun gövde ve proksimal uzuvlara kıyasla yüz ve el bölgesi büyük ölçüde geniş görülmektedir. Bu farklılık yüz ifadesi ve konuşmanın insanlar için olağanüstü derecede öneminden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle insanlarda el ve dudak gibi bölgelerde reseptörlerin yoğunluğunun kaynaklı olarak büyük çizilmektedir.

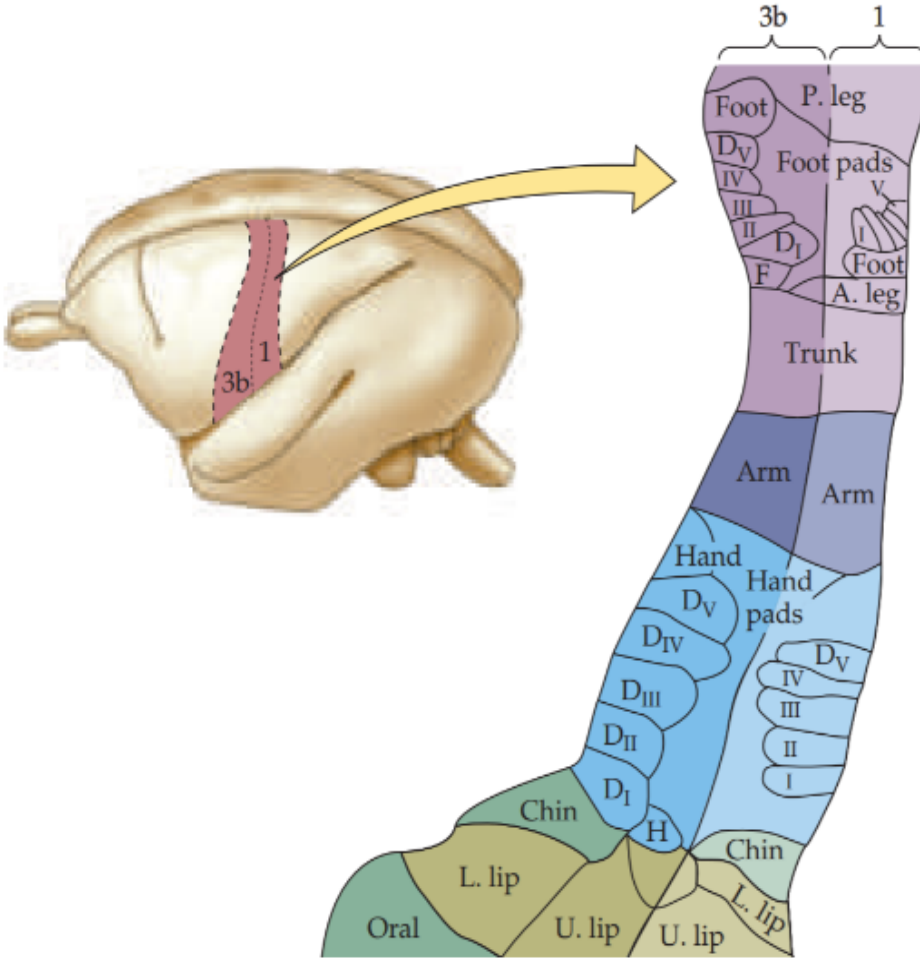
Her bölgedeki nöronların fonksiyonel özellikleri ve organizasyonları farklıdır. Örneğin, 3b'de bölgesinde ortaya çıkan tepkiler genellikle tek bir parmağın uyarılmasına yöneliktir. Bununla birlikte, 1. ve 2. bölgelerde, alıcı alanların çoğu, birden çok parmağın uyarılmasına yanıt verir (Becker, 1953; Kaas, 1993; KILOH et al., 1972; Penfield and Rasmussen, 1950; Pons et al., 1991; Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, 2001)



Şekil 2.6. İnsan birincil somatik duyu korteksindeki somatotopik düzen

Somatik duyu sistemi, vücut yüzeyine etki eden veya vücudun kendi içinde üretilen mekanik uyarılarla iletilen bilgileri işler. Bu işlem hem yükselen hem de alçalan yollarla birbirine bağlanan birkaç beyin yapısına dağılmış nöronlar tarafından gerçekleştirilir. Çevreden beyne afferent mekanik duysal bilginin iletimi, aksiyon potansiyellerini başlatan çeşitli reseptör türleriyle başlar. Bu aktivite, birinci, ikinci ve üçüncü derece hücreler olarak adlandırılan bir nöron zinciri aracılığıyla merkezi olarak

taşınır. Birinci dereceden nöronlar, dorsal kök ve kraniyal sinir ganglionlarında bulunur. İkinci derece nöronlar beyin sapı çekirdeklerinde bulunur. Üçüncü derece nöronlar talamusta bulunur ve buradan serebral kortekse çıkıntı yaparlar. Bu yollar, sistem boyunca topografik olarak düzenlenmiştir, çeşitli vücut kısımlarına tahsis edilen kortikal ve subkortikal alan miktarı, periferik reseptörlerin yoğunluğu ile orantılıdır. Bu karmaşık sistemin nihai sonucu, bedenin birleşik algısal temsili ve çevre ile devam eden etkileşimidir.



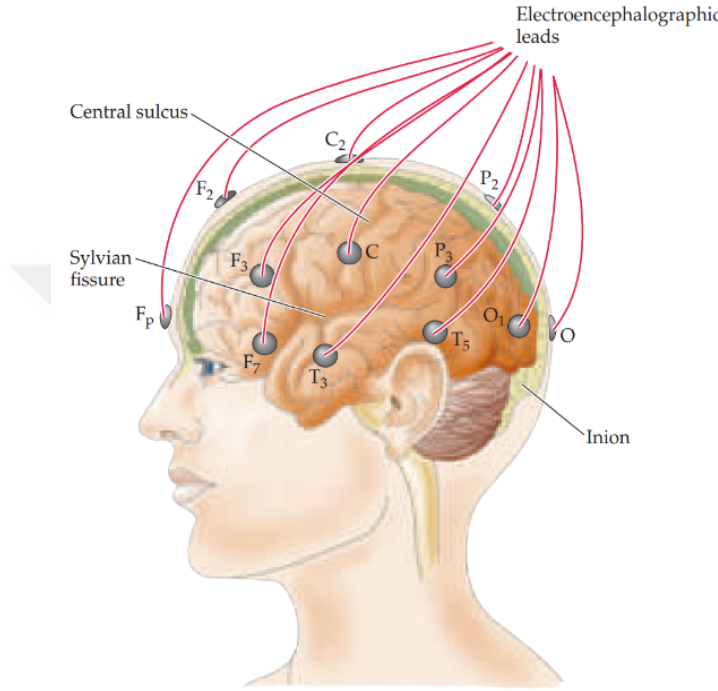
Şekil 2.7. Mekanik duyu bilgilerin çoğunu işleyen 3b ve 1 alanları

2.2. Duyusal İşleme

Deriden duyuları alan kas hareketlerini sağlayan ve organların çalışmasını kontrol eden periferik sinirlerin ucunda, reseptör hücre bulunur. Yüksek düzeyde özelleşmiş reseptör sinir hücreleri duyarlı oldukları enerji formuna göre (görme, duyma, koklama, tat alma, dokunma) ilgili bilgileri beyne ileten duyuşal sinyallere dönüştürür. Bu reseptörler iç ve dış ortamdaki değişiklikleri algırlarlar. Reseptörlerden alınan uyarımlar merkeze yani beyin ve omuriliğe iletilir. Bu duyunun nörobiyolojisi alanları hastalıkları anlamak ve tedavi etmek için önemlidir. Sonraki kısımlarda sinir sisteminin hastalıkları anlamak ve tedavi etmek için önemlidir. Sonraki kısımlarda sinir sisteminin bileşenlerindeki bazı temel yapı ve işlevler incelenecektir.

2.3. EEG

Bir maymunun serebral korteksinden 1875 yılında EEG kaydı yapılsa da EEG'nin insanlarda ortaya çıkışı, 1929'da Hans Berger'in insan deneklerinde kafatasına elektrotlar yerleştirerek tekrarlayan akım dalgalarının elde edilebileceğini bulması ve alfa ritmini keşfetmesiyle başladı (ADRIAN and MATTHEWS, 1934; Berger, 1929; Jung and Berger, 1979).



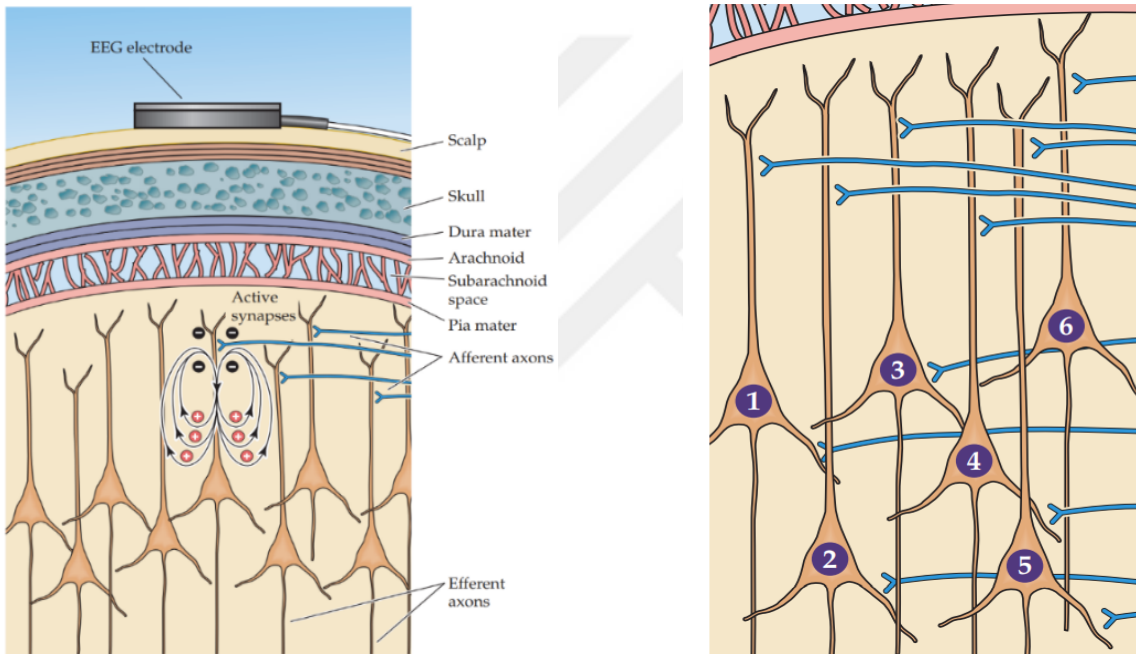
Şekil 2.8. EEG

Beyin kabuğunu oluşturan tabakalardan biri olan piramidal hücre tabakası piramit biçiminde gövdeleri olan nöronlardan meydana gelir. Bu nöronların dendritleri beyin kabuğunun dışına doğru yayılarak beyin en üst kısmında karmaşık bir örtü oluşturmaktadır. Aksiyon potansiyellerinin ateşlenmesi, beyin dokuları içindeki yüklerin akışını etkiler. Bu nedenle, doğrudan beyin aktivitesiyle ilişkili ölçülebilen sinyaller üretir. Pirimidal hücre tabakasındaki meydana gelen bu anlık değişimlerin oluşturduğu voltaj farkına elektroensefalogram (EEG) denir.

Büyük senkronize sinaptik sonrası aktivite oluşumu, kafa derisi yüzeyinde ölçülebilen elektrik alanlarına neden olmaktadır (Nunez and Harth, 1982). Yani EEG elektrotu binlerce hücrenin senkronize olarak oluşturduğu bir sinyali ölçer. Başka bir deyişle, saçlı deriden ölçülebilen EEG sinyali beyin korteksinde piramidal hücrelerin ürettiği inhibitör ve eksitator postsinaptik potansiyellerin senkronizasyonundan oluşan biyoelektriksel aktivite olarak tanımlanır. Bu postsinaptik potansiyeller kortekste toplanarak saçlı deri yüzeyine uzanır ve buradan EEG olarak kaydedilir. EPSP ve IPSP'lerin toplamı skalp üzerindeki EEG aktivitelerinin çoğundan sorumludurlar. Şekil 2.9'da hizalanmış piramidal nöronların dendritlerindeki post-sinaptik aktiviteden

kaynaklanan hücre dışı basitleştirilmiş gösterimi verilmiştir (Strobbe, 2015). Elektrotlar aracılığı ile kafa derisi üzerinde iki farklı nokta arasındaki voltaj farkı ölçülür. Aktifleşen nöron ile kaydedilen elektrot arasında deri, kafatası ve diğer tabakalardan kaynaklı olarak EEG sinyali düşük genlikli elde edildiği için bilgileri elde etmede zorluklar ortaya çıkmaktadır. EEG sinyali yaklaşık olarak $10 \mu V$ ile $100 \mu V$ arasında genlik değerindedir. EEG cihazları, kaydedilen düşük genlikli sinyali saklamak ve işlemek için yükseltmektedirler (Sanei and Chambers, 2013).

EEG sinyal aralığı ise; 1 Hz ile yaklaşık 100 Hz frekans aralığındadır. Fakat akademik çalışmaların çoğunluğu 0.5-70 Hz aralığında gerçekleşmektedir. Elektroensefalogram cihazı kullanılarak ölçülen EEG sinyali analog bir şekilde kaydedilir ve bilgisayarda işlenmesi için dijitale çevrilir. EEG sinyali teşhis ve tanımlama için sinyal işleme teknikleriyle incelenmektedir (Subha et al., 2010).



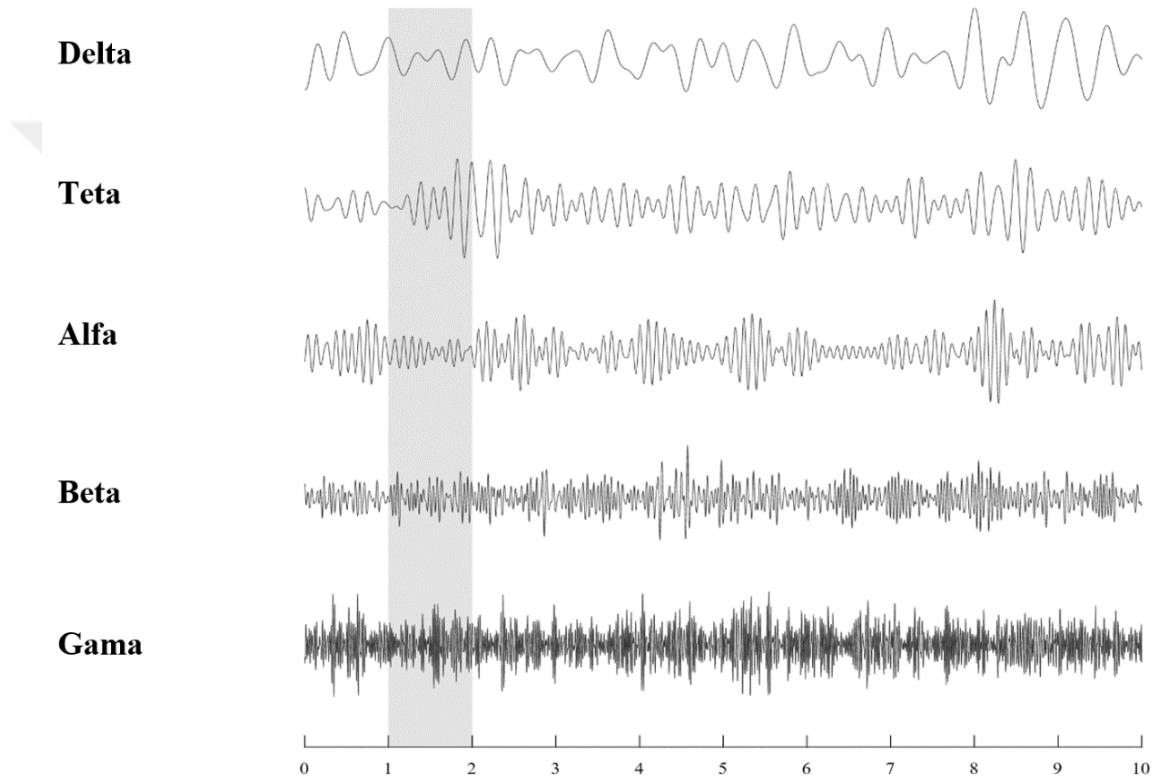
Şekil 2.9. Hücre dışı akımların basitleştirilmiş gösterimi

2.3.1. EEG frekans aralıkları

Normal beyin fonksiyonu sürekli elektriksel aktiviteyi içermektedir. Kaydedilen nöronal elektriksel aktivite kalıplarına beyin dalgaları denir. Beyin dalgaları bireyin mental durumuna, yaşına, duyuşal uyarılara, beyin hastalığına, uyku durumuna ve vücudun kimyasal durumuna göre değişmektedir (Acharya U. et al., 2005; Landolt and Borbély, 2001). Beynin normal elektriksel faaliyeti pek çok durumda bozulmaktadır. Bu sebeple EEG'ler beyin lezyonlarını, tümörleri, enfeksiyonları, apseleri ve epileptik lezyonları teşhis etmek ve lokalize etmek için kullanılabilir. EEG'yi oluşturan beyin dalgalarının değerlendirilmesi ile bu bozukluğun yeri ve şekli hakkında bilgi edinilebilir. Dolayısıyla sağlık durumunun düzgün anlaşılması için EEG'nin normal durumunu bilmek büyük öneme sahiptir (Tatum et al., 2006).

Genel olarak frontal ve parietal bölgede görülmektedir. Son olarak Gama beyin dalgası ise 30 Hz'den büyük dalgalarır. Bu dalga aralarındaki en hızlı ve en ince dalgadır. Gama dalgası algı ve bilinci düzenlemektedir. Gama, birçok türde kortikal alanların yanı sıra subkortikal alandlarda da gözlenmiştir. Alzheimer, Parkinson, şizofreni ve epilepsi gibi nörolojik bozukluklarda düzensiz gama aktivitesi gözlemlenmiştir (Uhlhaas and Singer, 2006).

Fiziksel anlamda tam periyodik olmayan, ancak ritmik olarak adlandırılan bu potansiyel dalgalanmalarının frekansları, beyin aktivite durumuna göre değişiklik göstermektedir. Frekans aralıkları saniyede gerçekleşen dalga sayısına göre Şekil 2.10'da görüldüğü gibi frekans aralıklarına ayrılmaktadır.



Şekil 2.10. Beyin dalgaları

Bu durumda Çizelge 2.1.'de görüldüğü gibi belirlenen beş kritik aralık vardır (Brazier et al., 1961; Nowack, 1995). Bunlar delta, teta, alfa, beta, gama dalgalarıdır. Sinyal işleme kısmına gelindiğinde bu EEG frekans aralıklarından faydalanılmaktadır (Abhang et al., 2011). Delta dalgası 1-4 Hz aralığında tüm frekanslardan oluşur. Yavaş seviyelerdeki delta dalgası 10 yaşına kadar EEG'nin %10'unu kapsar. Uyanık durumda delta dalgası yaşlılarda da normal kabul edilir. Delta dalgası ne kadar kuvvetli olursa, uyku o kadar derin anlamına geldiği için uyku laboratuvarlarında uyku derinliğini belirlemede kullanılır. Delta dalgası yalnızca REM olmayan evrelerde yani rüya görülmediği durumda bulunur. Yaşla birlikte geçici bölgelerde sık sık olmasa da görülebilir. Fakat yüksek ölçüde görülen delta normal değildir (Van Cott, 2002). Teta dalgası 4-7 Hz aralığındadır ve rüya gibi boşluklu bir zihin durumunu temsil eder. Çok yavaş seviyelerde olan teta dalgası aktivitesi uyanma ile uyku arasındaki alacakaranlık

bölgesini temsil etmektedir. Alfa dalgası 8-12 Hz aralığındadır. 3 yaşından sonra görülmektedir ve daha sonra 8-12 Hz aralığında sabit kalır. Kortikal ve subkortikal alanlarda alfa dalgası oluşması için birden fazla alan vardır. Bu dalga rahat durumda gözler kapalı halde ancak uyanıkken devreye girmektedir. Gevşeme durumu ile ilişkilidir ve beynin gerektiğinde yanıt vermeyi bekleyen durumunu temsil etmektedir. Göz kapandıktan sonra geçici olarak artma durumu gürültü kabul edilir. Yetişkin bireylerde en iyi 8 Hz frekans %1 den daha azsa anormal yavaşlama olabilir. En fazla oksipital bölgede görülür ve uyku durumunda öne kayar. Beta 12-30 Hz aralığındadır ve alfa, teta, delta, dalgalarına göre daha küçük ve hızlı bir dalgadır. Herhangi bir vücut bölümünün hareketleri planlandığı veya uygulandığı zaman beta frekansları güçlenmektedir. Fakat başka bir insanın hareketleri izlendiğinde de bu dalgalar yükselebilir. Beta dalgası zihinsel, entelektüel aktivite ve konsantrasyon gibi beynin aktif olarak kullanıldığı durumda görülür. Düşük beta (12-15 Hz), orta beta (15-18 Hz) ve yüksek beta (18-30 Hz) olarak üç kısımda incelenebilir.

Çizelge 2.1. EEG frekans aralığı

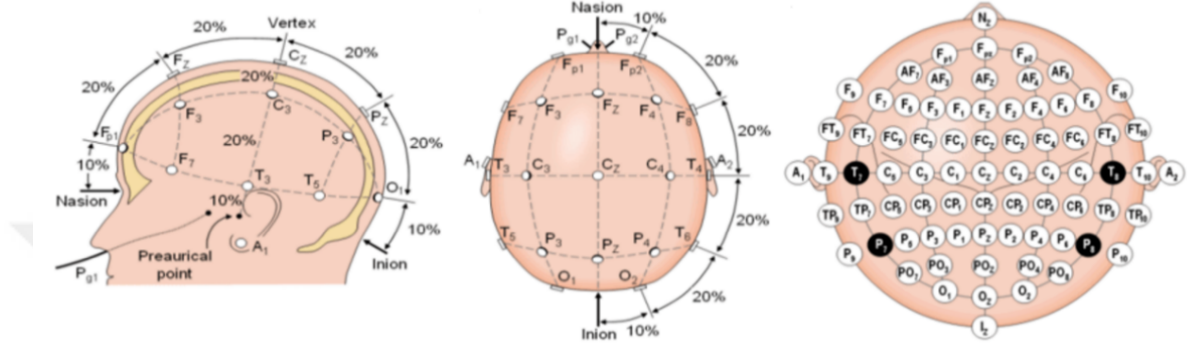
EEG frekans bandı	Frekans aralığı	Beyin durumları
Delta	0-4 Hz	Uyku durumunda
Teta	4-7 Hz	Uyku ile uyanıklık arasındaki yavaş aktivite
Alfa	8-12 Hz	Mental dinginlik
Beta	12-30 Hz	Bilinç durumu, dikkat, problem çözme
Gama	30-100 Hz	Konsantrasyon

2.3.2. EEG elektrotları

EEG ölçümünde standart uluslararası 10-20 sistem olmak üzere 10-10 sistem, 10-5 sistem de kullanılır (Malmivuo et al., 1995). Elektrotların yerleşimi, elektrotlar arasında toplam uzunluğun %10'u veya %20'si kadar bir mesafe ile belirli anatomik işaretlerle standartlaştırılmıştır. Daha fazla elektrotla daha ayrıntılı bir EEG kaydedilirken, %10'luk bölme kullanılarak ekstra elektrotlar eklenir ve bu, mevcut 10-20 sistemindekilerin ortasına kadar orta bölgeleri doldurur. Sol hemisfer için sırasıyla inion-nasion mesafesinin %10, %20, %30, %40, %50'sini temsil eden 1, 3, 5, 7, 9 kullanır. Ekstra harf kodlarının eklenmesi, ara elektrot bölgelerinin adlandırılmasına olanak tanır (Oostenveld and Praamstra, 2001). 10-10 sistemdeki elektrot pozisyonları Şekil 2.11'de gösterilmiştir (Bu diyagramda sayılar ve harf içeren daireler elektrotları temsil eder. Harf, beynin önden F ve merkezi için C gibi bölgesini ve sayılar konumu gösterir. Tek sayılar sol taraftadır ve çift sayılar sağ taraftadır.). Elektrot konumunun adı, karakter olarak etiketlenir ve ardından beynin bu bölümünü tanımlayan bir sayı verilir. Karakterler frontal için F, parietal için P, temporal için T, oksipital için O ve beynin merkezi lobu için C'dir. İki yer işareti arasındakilerden birkaçı; AF, Fp ile F ve FC, F ile C arasında iki karakterle adlandırılır (Sanei and Chambers, 2013). Çizelge 2.2.'de belirtildiği üzere de EEG 10-10 sisteminde kullanılan elektrotların kısaltmaları verilmiştir.

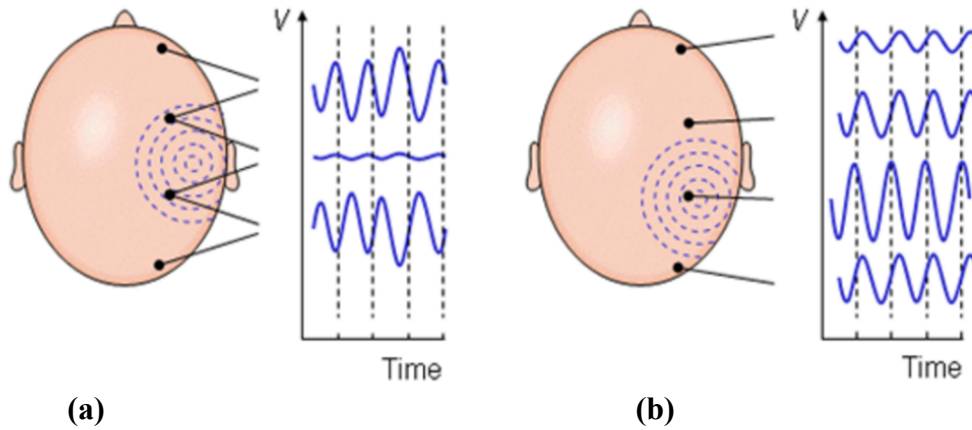
Çizelge 2.2. EEG 10-10 sisteminde kullanılan elektrotların kısaltmaları

Fp: Frontopolar	F: Frontal	P: Parietal
Af: Anterior-Frontal	C: Santral	Fc: Frontosantral
Fc: Frontosantral	Cp: Santro-Parietal	Po: Parieto Oksipital
A: Auriküler	Ft: Fronto-Temporal	T: Temporal

**Şekil 2.11.** 10-10 sistemdeki elektrot pozisyonları

2.3.3. Elektrotların montajı

EEG ölçümünde Şekil 2.12’de gösterilen bipolar veya unipolar olmak üzere iki çeşit montaj türü kullanılmaktadır (Malmivuo et al., 1995). İlk yöntemde, bir çift elektrot arasındaki potansiyel fark ölçülmektedir. İkinci yöntemde ise, her elektrotun potansiyeli, bir nötr elektrotla veya tüm elektrotların ortalamasıyla karşılaştırılmaktadır.

**Şekil 2.12.** a) Bipolar ölçüm; b) Unipolar ölçüm

2.3.4. EEG sinyalleri artefaktları

Kaydedilen EEG sinyalleri, beyin ve beyin dışı artefaktlardan oluşur. Bu artefaktlar beyinle ilgili EEG aktivitesinin tanımlanmasını ve analizini zorlaştırdığı için ayrıştırılmalıdır (Makeig et al., 2004; Romo Vázquez et al., 2012). EEG sinyallerinin ölçümünde genellikle genlikten kaynaklanan teknik problemlerle karşılaşılır. Bazı

durumlarda ise elektrot malzemesi ve temas derecesi de sinyalin bozulmasına sebep olmaktadır. Göz hareketleri, kas aktivitesi ve EKG'den kaynaklı fizyolojik sebeplerden ve elektrot kaynaklı, şebeke frekansı, çevresel etmenlerden kaynaklı da gürültü oluşmaktadır (Sanei and Chambers, 2013). EEG sinyali filtreleme yapılarak gürültülerden arındırmaya çalışılmaktadır (Ronzhina et al., 2012).

2.4. Yüz Nakli

Kompozit doku allogreftlerinin yaşam kalitesini iyileştirmesiyle yaşamsal bir transplant olarak sınıflandırılmamasına rağmen, yüz allotransplantasyonu yine de önemli bir rekonstrüktif prosedür oluşturmaktadır. İnsan yüzünün yaşamsal işlevlerinin önemlidir ve bu işlevler tehlikeye düştüğünde hastanın yaşam kalitesinin bozulur (Siemionow and Sonmez, 2008). Yüz nakli bir insanın yüzünün tamamının ya da bir kısmının uyumlu donörden alınan yüz dokusuyla değiştirilmesi şeklinde tanımlanan cerrahi operasyondur. Yüz nakli geleneksel rekonstrüktif prosedürlerle tedavi edilemeyen ciddi şekil bozukluklarının olduğu hastalarda fonksiyon ve estetik görünümün yerini almayı amaçlayan yeni bir restoratif prosedürdür. İlk parsiyel yüz nakli 2005 yılında Fransa'da, ilk tam yüz nakli ise 2010 yılında İspanya'da gerçekleştirilmiştir (Barret et al., 2011; Devauchelle et al., 2006). Yüz nakli komplikasyonsuz olmasa da başarılı olabilmıştır (Dubernard et al., 2007; Guo et al., 2008). Ülkemizdeki ilk tam yüz nakli operasyonu 2012 yılında Akdeniz Üniversitesi, Plastik ve Rekonstrüktif Cerrahi Anabilim dalında ve bu proje araştırmacılarından Prof. Dr. Ömer Özkan ve ekibi tarafından yapılmıştır. Şekil 2.13'de Ömer Özkan ve ekibinin gerçekleştirdiği yüz nakil örneği gösterilmektedir.



Şekil 2.13. Yüz nakli

Hastanın yüzünde lezyondan sonra sağlıklı işlevine devam eden doku, rezidü doku olarak adlandırılır. Lezyonun oluşma türüne bağlı olarak lezyonun büyüklüğü, derinliği ve lokasyonu farklılıklar gösterir. Yüz nakil adayları ile ilgili yapılan bu gözlemsel değerlendirmeler dışında detaylı bir çalışma bulmak mümkün değildir. Tam yüz lezyonu hasta grubunun en önemli özelliği yüzün rezidü dokularının birbirinden farklılık göstermesi ve plastisite ile birleşerek hastanın mevcut durumunda beyin organizasyonu hastaya özgü farklılıklar ortaya koyabilecek olmasıdır. Yüz nakli işleminden önce yüz nakli adayları arasında bir nakil öncelik sıralaması gerçekleştirilir. Hastada lezyonunun minimize değil daha büyük olması ve doku uyumu temel önceliktir (Özkan et al., 2018; Pomahac et al., 2012).

2.5. Beyin Plastisitesi

Yetişkin beyinde değişikliklerin farkında olunsa da bir dönem, beyinde erken bebeklik döneminden sonra sinirsel bağlantıların oluşmayacağı düşünülüyordu. İlk kez 1871 yılında Silas Weir Mitchell tarafından hayalet uzuvlar makalesinde tanımlanan beyin plastisitesi hayvan ve insanlar üzerinde yapılan el bölgesi odaklı sınırlı çalışmalarla aydınlatılmaya çalışılmıştır (Satz, 2010; Wall et al., 1977). Mikroelektrotun gelişimi beyin plastisite çalışmaları gelişimini hızlandırmıştır ve 1980'lerden itibaren de tamamen değişmiştir. Somatik duyu kortikal alanı değişikliğine ilişkin maymunlar üzerinde gerçekleştirilen deneylerde ampütasyon sonucunda topografik farklılık olmuştur (Merzenich et al., 1984). Buradan hareketle duysal yolların yeniden düzenlenmesi yani reorganizasyonu plastisite adı altında toplanmaktadır.

Tim Pons ve arkadaşları tarafından, maymunun felçli kolunun beyine sinyal göndermemesi sonucunda beklenildiği gibi el alanından kayıt alınamamış fakat maymunun yüzüne dokunduğunda felçli elin alanında da sinyal alındığı gözlemlenmiştir (Pons et al., 1991). Bu büyük gelişmenin ardından kolunu kaybetmiş bir insan üzerinde yapılan bir çalışma ile de yüz bölgesinden gelen duysal girdilerin beyindeki el bölgesini faaliyete geçirdiği gözlemlenmiş ve bölgesel olarak da çizilmiştir. Tüm parmaklar eksiksiz bir şekilde yüz bölgesinde işaretlenmiştir. Dolayısıyla yüz bölgesindeki hissedilen duyarlar kaybedilen elden gelmektedir. Bu çalışma ile yetişkin insan beynindeki bu değişikliği ilk kez doğrudan MEG (Magnetoensefalografi) ile göstermiştir. Ampute kollarda kortikal yeniden eşlemenin, modaliteye özgü bire bir sistematik bir şekilde bu bölgelerden fantom kola duyarların yanlış lokalizasyonuna yol açtığı öne sürülmüştür. Aynı zamanda yine yapılan bir çalışma ile amputasyondan 24 saat sonra yüzün farklı uyarılarla aktivasyonunu takiben eldeki fantom duyumlarının somatotopik temsili ve fırça ile uyarım sonucu fantom elin fMRI aktivasyonunda farklılıklar oluşmaya başlamasıyla bu reorganizasyonun çok kısa süre içerisinde başladığını göstermektedir (Borsook et al., 1998). Sonuç olarak, kol ampütasyonundan kısa bir süre sonra topografik harita kısa süre içinde değişmekte ve denek yüzüne vurulduğunda eksik kolda hissetmeye başlamaktadır (Knecht et al., 1996; Ramachandran, 1993; Ramachandran et al., 1992).

Toparlanacak olursa beyin plastisitesi ani ya da uzun süreli uzuv kayıpları sonucunda çevresel değişimlere tepki olarak beyinin yeniden bir organizasyon içerisine girmesidir (Recanzone et al., 1992; Vargas and Sirigu, 2011). Bu çalışmalar ile geçmişte inanılan aksine erişkin insan beyinde bağlantıların sabit olmadığı gerçeği ispatlanmıştır. Önceki başlıklarda açıklandığı gibi korteks, belirli çevresel girdi kaynaklarını temsil eden alanlara sahip olması nedeniyle kortikal temsillerdeki değişiklikler, temsil ettikleri alanlar davranışsal açıdan önemli çevresel girdilerin kullanımına bağlı olarak öğrenme görevlerinin altında yattığı görülmektedir (Buonomano and Merzenich, 1998). Ampute olan hastalarda kaybedilen uzuv bölgesinde ağrı hissedilmesine fantom ağrı denilmektedir. Bazı fiziksel ve psikolojik durumlarda fantom ağrısı şiddetlenmektedir. Dolayısıyla beynimiz sürekli değişen bir yapıdadır ve kaybedilen uzuvlar sonucunda çok kısa süre içerisinde tekrar yapılanmaya başlar. Bu süre içerisinde hastanın duyarları arasında beyin yakın bölgelerinde karışıklık görülebilmektedir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Veri Tabanının Oluşturulması

EEG verileri Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroloji Anabilim dalında bulunan EEG laboratuvarında Nihon Kohden EEG cihazıyla alınmıştır. Deneğin saçlı derisine özel olarak tasarlanmış Ag/AgCl elektrotlardan oluşan 64 kanallı EEG kepi kullanılmıştır. 200 Hz örnekleme frekansı ile unipolar olarak kayıt alınmıştır. Elektrotların iletkenliğini azaltmak için saçlı deriye pasta (elektrot jeli) kullanılmıştır. EEG verileri alınırken elektriksel gürültüleri en aza indirmek için teknik olarak 100-5000Ω elektrot empedansında, 70 Hz yüksek geçiren filtre, 1 Hz alçak geçiren filtre ve 50 Hz çentikli (notch) filtre kullanılarak kayıt alınmıştır. Çekimler sırasında başlangıç sensitivitesi 7 µV/mm'dur. Deneklerden saçların temiz olması söylenmiştir.

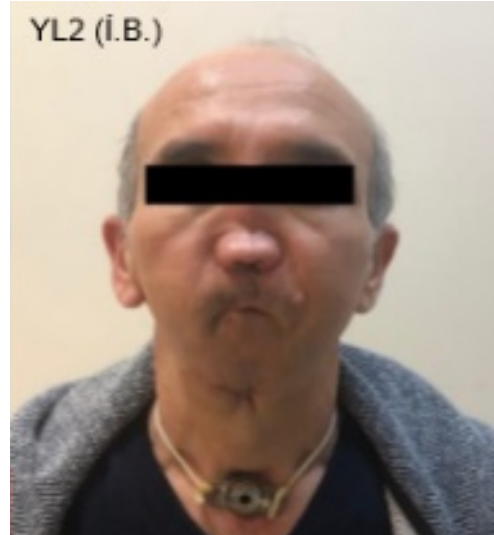
3.1.1. Yüz lezyon grubu

YL1 (A.T.) : 18 yaşındaki erkek hastanın 10 aylıkken ateş nedeniyle yüzünde yanıklar olmuştur. Hasta Şekil 3.1a'da gösterilmiştir. 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. Hasta Şekil 3.1b'de gösterilmiştir. 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.



(a)

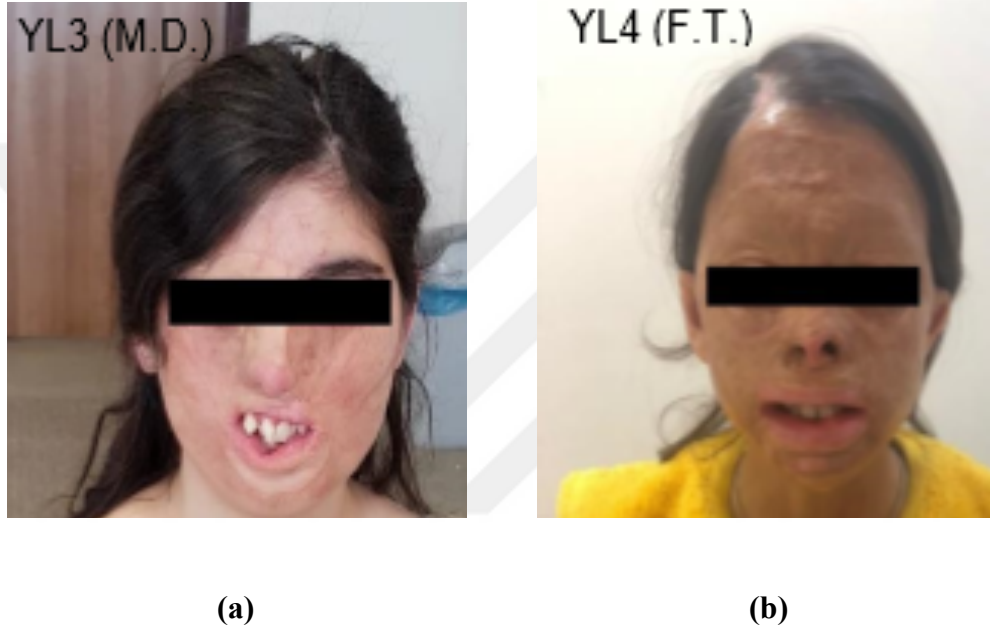


(b)

Şekil 3.1. a) YL1 yüz lezyon hastası; b) YL2 yüz lezyon hastası

YL3 (M.D) : 22 yaşındaki kadın hastanın 2,5 aylıkken evde yangın sonucunda yüzünde yanık skarları oluşmuştur. Hasta Şekil 3.2a'da gösterilmiştir. 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. Hasta Şekil 3.2b'de gösterilmiştir. 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 3.2. a) YL3 yüz lezyon hastası; b) YL4 yüz lezyon hastası

3.1.2. Deney protokolleri ve kontrol grupları

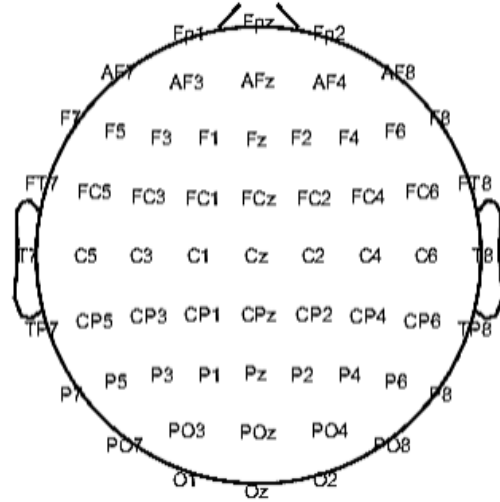
Gerekli etik kurul onayı ve onam formu alınan 10 sağlıklı gönüllüden ve 4 yüz lezyonlu hastadan EEG kayıtları alınmıştır. Yüz lezyonlu hastanın kayda hazırlanması Şekil 3.3a'da ve kullanılan elektrot yerleşimi Şekil 3.3b'de gösterilmiştir. Uyarılan alanlar ise Şekil 3.4.'de gösterilmiştir. Düşük EEG genliği jöle, kir, yağ gibi bazı maddelerden etkilenir. Bu yüzden kayıt aşamasında saçların temiz olması istenir. Aç olmak EEG için gerekli olmasa da yeni ve çok yemek yemiş olmak kaydı etkileyebilir. EEG kaydı küçük elektrotların saçlı deriye 'pasta' denilen iletken bir madde aracılığı ile yapıştırılmasıyla gerçekleştirildiği için bu yalıtkanın akarak elektrotların birbiri ile temas etmemesi için dikkat edilmelidir.

Beynin istirahat halindeki EEG sinyalleri beş dakika boyunca EEG prosedüründeki gibi kaydedilmiştir. EEG kaydı uyaran yapılmadığı süreler boyunca devam ettirilmiştir. Öncelikle bireylerin iki dakika gözleri kapalı durumdaki EEG sinyalleri kaydedilmiştir ve iki dakika sonra kişiden gözlerini açması istenmiştir. Bir dakika boyunca gözleri açık çekim yapılmış ve sonra tekrar iki dakika gözleri kapalı

şekilde kayıt yapılmıştır. Bu şekilde beyin istirahat halindeki EEG sinyalleri tespit edilmiştir. Sağ el, sol el, sağ alt yüz bölgesi ve sol alt yüz bölgesi uyarılarak kayıt alınması sırasında kayıt süresi boyunca gözler kapalıdır. Fırça ile bir dakika boyunca uyarım gerçekleştirilmiştir. Bir dakika ara verilip dinlenme durumundaki EEG sinyalleri kaydedilmiş ve bu işlem üç defa tekrar edilmiştir. El ve yüz bölgesi duysal uyarımı için aynı EEG kayıt prosedürü uygulanmıştır.



(a)



(b)

Şekil 3.3. a) Yüz lezyonlu hasta kaydı; b) Kullanılan elektrot yerleşimi



Şekil 3.4. Uyarım alanları

3.2. EEG Verilerinin İşlenmesi ve Analizler

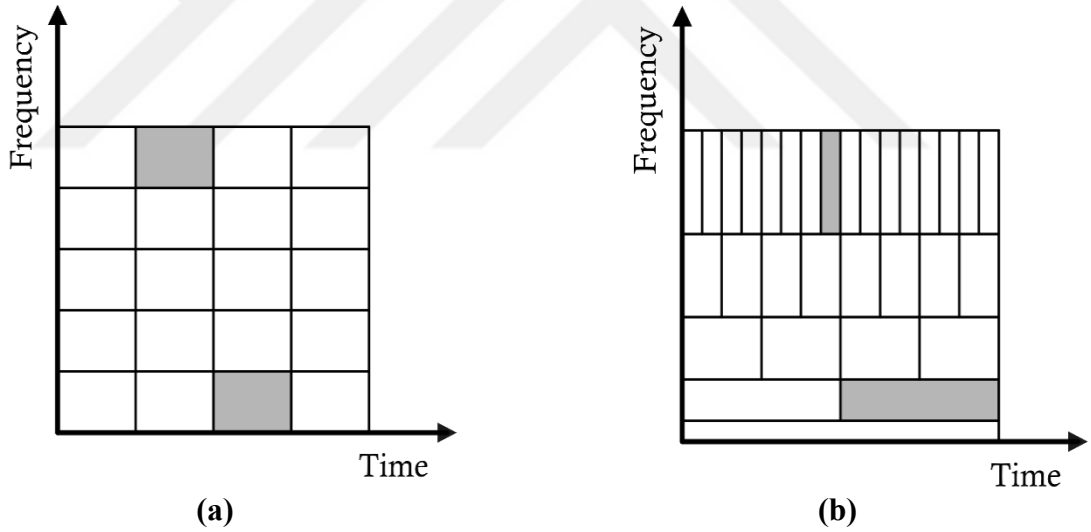
Zamanın farklı aşamalarında beyin farklı tepkiler verir. EEG sinyali işleme yöntemleri de verilen tepkilere göre beyin işlevsel durumu incelemeye ve bozuklukları teşhis etmeye olanak tanır. Başlangıçta EEG sinyal analizinde basit sinüs ve kosinüs dalgalarının toplamına ayrıştırıldığını gösteren Fourier dönüşümü kullanılmıştır. Fourier dönüşümü, sinyalin frekans bileşenlerini analiz etmek için kullanışlı bir araçtır. Fakat tüm zaman ekseninde kullanıldığında, belirli bir frekansın hangi anda yükseldiği

belirleyememektedir. İyi bir spektral tahmininde bulunamaz ve çok gürültülü olduğu için de EEG sinyalinin lineer olmayan ve dinamik yapısı için kullanışsızdır. Dolayısıyla fourier dönüşümü yerine başka metotlar kullanılmalıdır (A. T. Tzallas et al., 2009). Bu metotlardan biri hem zaman hem de frekans bilgilerini veren spektrogramı bulmak için kayan bir pencere kullanan kısa süreli Fourier dönüşümüdür. Fakat yine de pencerenin uzunluğu, frekanstaki çözünürlüğü sınırlamaktadır. Frekanstaki ve zamandaki değişimin aynı olmasına çözüm olarak dalgacık dönüşümü yöntemiyle değişmeyen pencere boyutu parametrelere göre sürekli değişen bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır (Öner et al., 2017). Şekil 3.5.'de kısa süreli fourier dönüşümü ve dalgacık dönüşümünün pencere temsili görüntüsü örneklendirilmiştir.

3.2.1. Dalgacık dönüşümü

1909'da dalgacık kavramı ilk kez matematikçi Alfrd Haar tarafından tanımlanmıştır. 1988'de ise Stephane Mallat'ın çalışmasıyla da dalgacık analizi ile alakalı araştırmalar uluslararası hale gelmiştir ("Wavelet Toolbox User's Guide," n.d.).

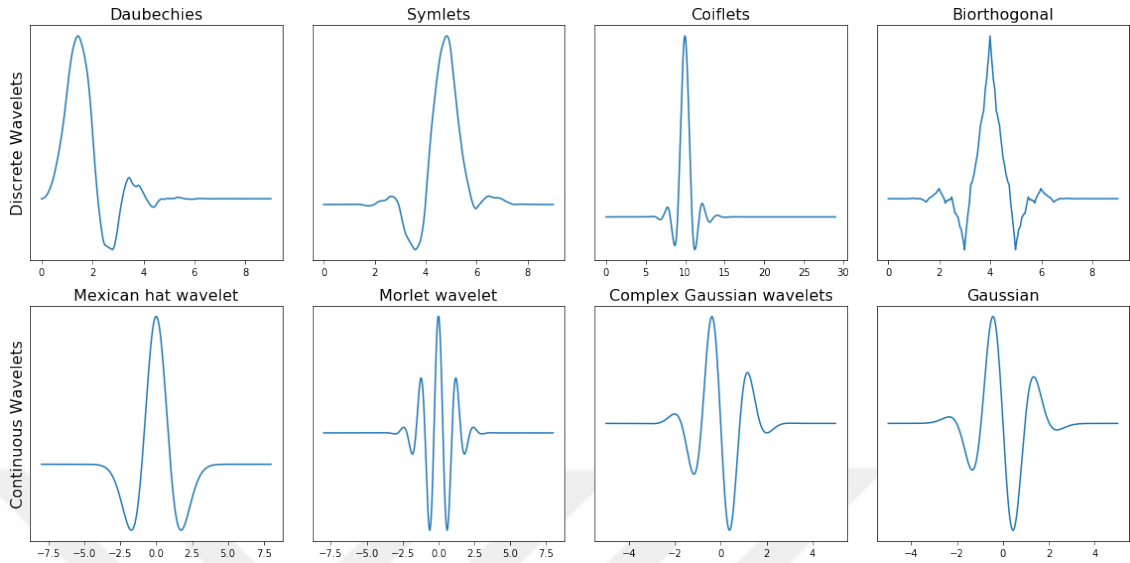
Kısa süreli Fourier dönüşümünde sabit pencere yapısını doğuran sinüzoidal dalga yerine 'dalgacık' adı verilen bir pencere kullanılmaktadır (M. Vetterli and C. Herley, 1992). Şekil 3.5b'de gösterildiği üzere de bu pencere düşük frekanslarda geniş, yüksek frekanslarda dar değişken yapıdadır.



Şekil 3.5. a) Kısa süreli Fourier Dönüşümü; b) Dalgacık Dönüşümü

Dalgacık dönüşüm yönteminin başarılı olması için uygun bir ana dalgacık seçilmelidir. Seçilen bu ana dalgacık zaman eksenini boyunca genişleyip daralır (ölçekleme) ve kayar (ötelenme). Dolayısıyla zaman-frekans domeninde çözünürlük artar (Arı et al., 2008; Cvetkovic et al., 2008). Dalgacık fonksiyonunun ortalama değerinin sıfır ve zamanın sınırlı olması gerekmektedir. Yararlı olduğu kanıtlanmış dalgacıklara örnek olarak; Haar, Daubechies, Morlet, Mexican Hat dalgacıkları verilebilir. Şekil 3.6.'da şekilsel olarak da örneklendirilmiştir. Süreksizlik ve gürültü temizlemede oldukça başarılı olan bu yöntem, biyomedikal sinyallerin işlenmesinde yaygın olarak kullanılan bir yöntem haline gelmiştir (M. Akay and C. Mello, 1997). Dalgacık dönüşümü sürekli

dalgacık dönüşümü (SDD) ve ayrık dalgacık dönüşümü (ADD) olarak 2 şekilde incelenmektedir (Al-Fahoum and Al-Fraihat, 2014).



Şekil 3.6. Dalgacıklar

3.2.1.1. Sürekli dalgacık dönüşümü

Sürekli dalgacık dönüşümü (SDD) ile dönüşüm yapılacak olan sinyal fonksiyonu iki parametrelili fonksiyona dönüşür ve matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir:

$$SDD(a, b) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \cdot \psi_{a,b}^*(t) \cdot dt \quad (3.1)$$

Ana dalgacık fonksiyonları ölçek ve kaydırma faktörleriyle matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir:

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (3.2)$$

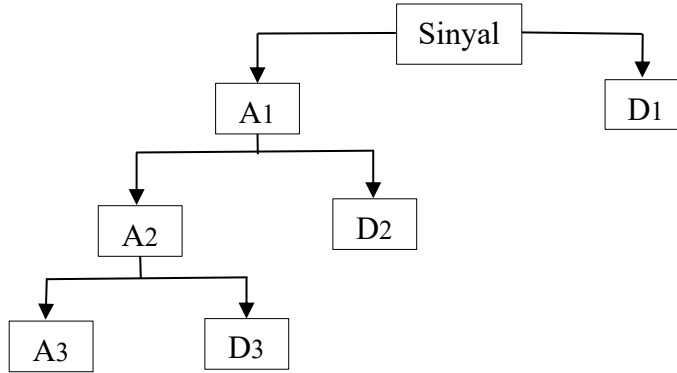
$\psi_{a,b}(t)$: Dalgacık fonksiyonu

a : Ölçekleme parametresi

b : Kaydırma parametresi

3.2.1.2. Ayrık dalgacık dönüşümü

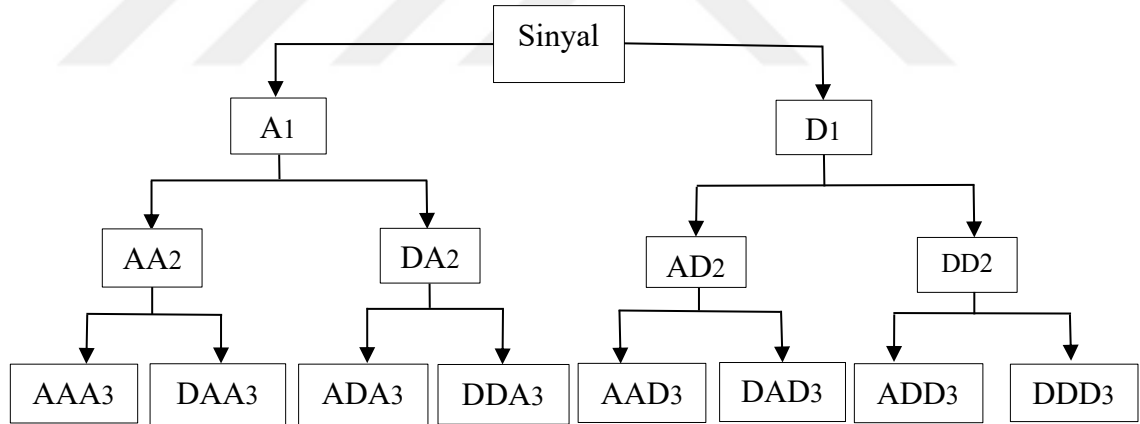
Ayrık dalgacık dönüşümü çeşitli çözünürlük ölçeklerinde sinyallerin ayrışmasını sağlayarak çoklu çözünürlüklü analizi mümkün kılar. Sürekli dalgacık dönüşümünün dijital temsildir. Ayrık dalgacık dönüşümü sinyali farklı frekans bileşenlerine ayrıştırır. Daubechies ana dalgacığı yaygın bir ayrık dalgacıdır. Ana sinyal her seviyede alçak geçiren frekans bileşenlerine (A; yaklaşım) ve yüksek geçiren frekans bileşenlerine (D; detay) göre ayrıştırır. Bu şekilde sinyalin tekrar elde edilmesi olayına çoklu çözünürlük (multi resolution) dalgacık ayrışımı denilmektedir (Sak and Beyen, 2019). Şekil 3.7.' de sinyalin ayrık dalgacık dönüşümü ile 3 seviyede ayrışımı gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Ayırık dalgacık dönüşümü ayrışımı

3.2.1.3. Dalgacık paket dönüşümü

Dalgacık paket dönüşümü ayırık dalgacık dönüşümü gibi sinyali ardışık şekilde düşük ve yüksek frekans bileşenlerine tekrarlı olarak ayrıştırılır. Fakat sadece yaklaşım(A) sinyallerini değil, detay(D) sinyallerini de ayrıştırmaya devam etmektedir. Şekil 3.8’de verilen 3 seviye ayrışım da görüldüğü üzere diğer koldaki detay bileşenleri de ayrışmaktadır. Dolayısıyla bu yöntem daha geniş bir sinyal analizi sunmaktadır.



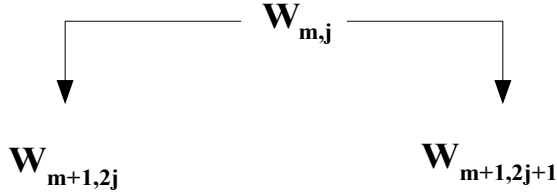
Şekil 3.8. Dalgacık paket dönüşümü ayrışımı

Şekil 3.9.’da gösterilen genel ayrışım modelinde m değeri ölçekleme seviyesini göstermektedir. N tane sayıda örnek içeren bir sinyalde $N=2^m$ için, m seviyede ayrışım gerçekleştirilir. Dalgacık paket dönüşümü matematiksel olarak da şu şekilde ifade edilir:

$$W_{m,j,n}(t) = 2^{-\frac{m}{2}} W_j(2^{-m}t - n) \quad (3.3)$$

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 (Bilgin et al., 2008b).

$$W_{rms,m,j} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum |W_{m,j}(r)|^2} \quad (3.4)$$



Şekil 3.9. Dalgacık paket dönüşüm ayrışım modeli

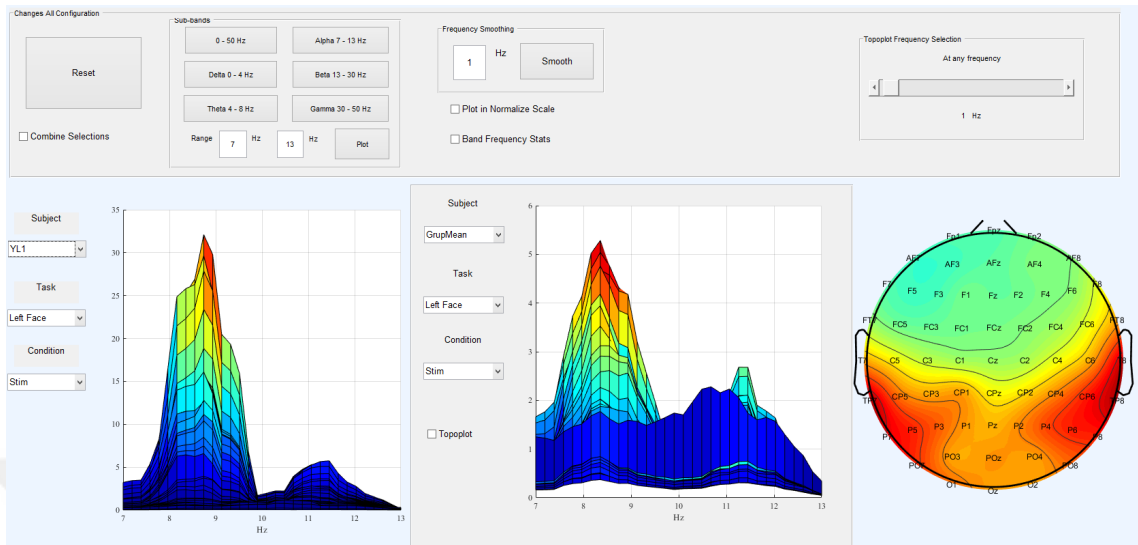
Göz kapalı alınan EEG kayıtlarında alfa osilasyonları gözlemlenmektedir. Bununla birlikte alfa osilasyonlarına benzer ve bu osilasyonlardan kaynaklanan çeşitli tepeler frekans spektrumunda gözlemlenebilir (van Albada and Robinson, 2013)(van Albada and Robinson, 2013). Bu tepe enerjileri, etkilediği tüm kanallarda, birbirine eş frekans aralıklarında ise benzer-harmonikler (near harmonic) olarak adlandırılır. Benzer-harmonik etkisini (van Albada and Robinson, 2013) azaltmak için bu tezde filtre katsayısı en yüksek olan Daubechies tipi db32 ana dalgacık olarak seçilmiştir (Bilge et al., 2018).

3.3. EEG analiz arayüzü

Komut dosyasını kullanışlı bir uygulamaya dönüştüren Matlap grafik arayüzü (GUI) kullanılarak Şekil 3.10.'daki gibi bir arayüz tasarlanmıştır. Tasarlanan EEG arayüzü sayesinde istenilen frekans aralığında, yumuşatma değerinde, istenilen uyarın 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. Sağlıklı bireylerden oluşan EEG kontrol grubu ve tam yüz lezyonlu hastalarda yapılan analizler sonucunda topografik haritalamalar kullanılarak beynin korteks yanıtları karşılaştırılabilmektedir. Aynı zamanda sağlıklı bireylerden alınan EEG kontrol grubu kayıtları dalgacık paket enerjilerinin ortalaması ile tam yüz lezyonlu hastalarının dalgacık paket enerjileri karşılaştırılmıştır.

Sonuç olarak dalgacık paket dönüşümü ile sinyaller 8 seviye 256 düğüme ayrıştırılmıştır. Sağ el duyu, sol el duyu, sağ alt yüz bölgesi, sol alt yüz bölgesi duysal uyarımlarına ait EEG sinyalleri tasarlanan EEG arayüzü aracılığıyla her yüz lezyonlu hastaya ve her duyu tipine göre alfa, beta, delta, teta, gama bantlarının topografik sonuçları ve alt-üst frekans bantlarının maksimum genlik değerleri elde edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda kontrol ve yüz lezyonlu hastalar için hem kişi bazlı hem de ortalama bazlı karşılaştırmalar yapılmıştır. İkinci aşama olarak farklılıklar korteks haritalama üzerinden değerlendirilerek uyarana bağlı bantların somatosensoriyel korteks aktivasyon lokasyonu değerlendirilmiştir. Kontrol grubu ve yüz lezyon hastalarından

EEG arayüzü ile elde edilen topografik haritalar sunulmuştur. EEG verilerinden elde edilen sonuçların istatistiksel hesaplamaları SPSS (v.18) programı ile yapılmıştır.



Şekil 3.10. EEG arayüzü

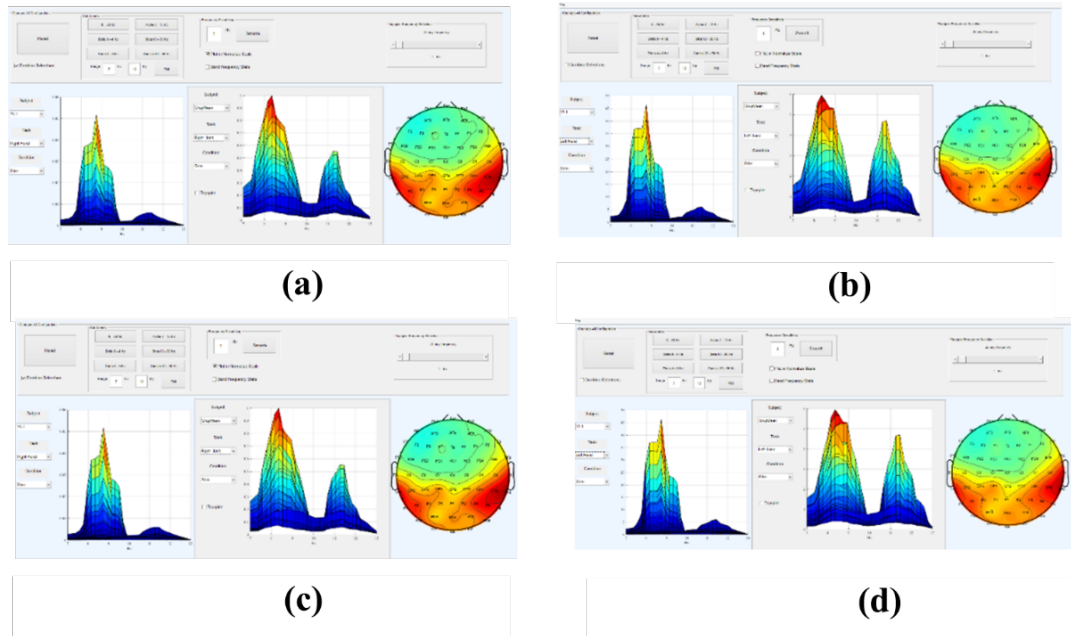
4. BULGULAR

4.1. Topografik Sonuçlar

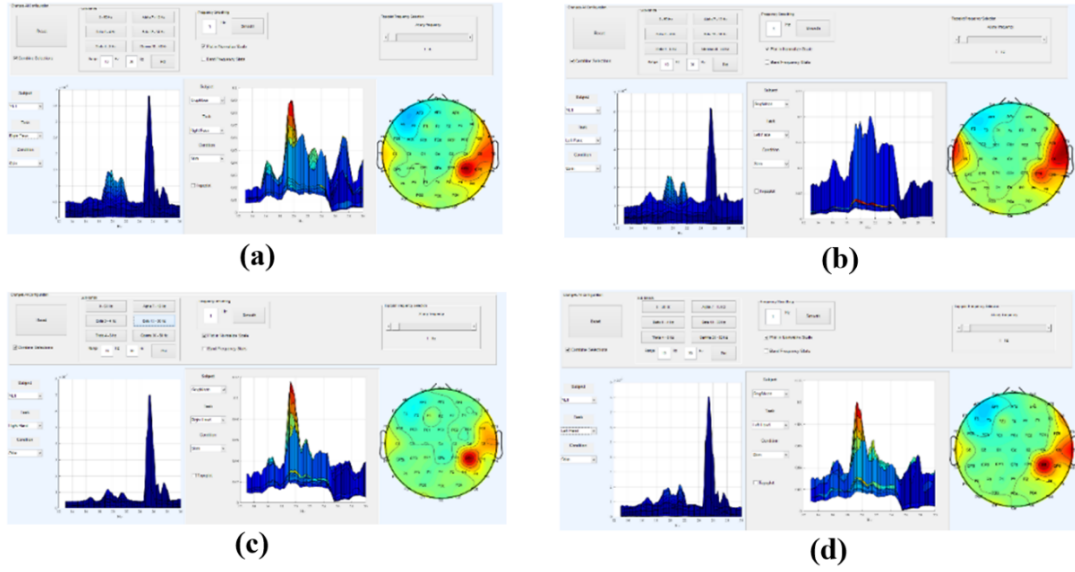
4.1.1. YL1 hastası topografik sonuçları

İlk yüz lezyonlu hasta YL1'in sağ el duyu, sol el duyu, sağ alt yüz bölgesi, sol alt yüz bölgesi duysal uyarımlarına ait alfa (7-13 Hz) bandı EEG aktivitesi Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Sol serebral hemisferde TP7, P7, P5, CP5, P3 bölgelerinde ve sağ serebral hemisferde CP4, CP6, TP8, C6, P4, P6, P8, PO8, P2 bölgelerinde EEG kontrol grubuna göre daha yüksek değerlidir. Genel olarak Santro-parietal, Parietal, Parieto-okspital bölgelerde alfa bandı EEG aktivite artışı baskındır. YL1 yüz lezyonlu hastasının alfa topografik haritalarından genel olarak aynı bölgelerde baskınlığı mevcut olduğu sonucuna varılabilmektedir. Şekil 4.2'de gösterilen EEG arayüzünde beta (13-30 Hz) bandı EEG aktivitesi incelendiğinde ise CP4, C6, T8, CP6, T7 bölgelerinde EEG kontrol grubuna göre daha yüksek değerli olduğu görülmektedir. YL1 beta bandında tüm uyarılarda benzer sonuçlar olduğu da anlaşılmaktadır.

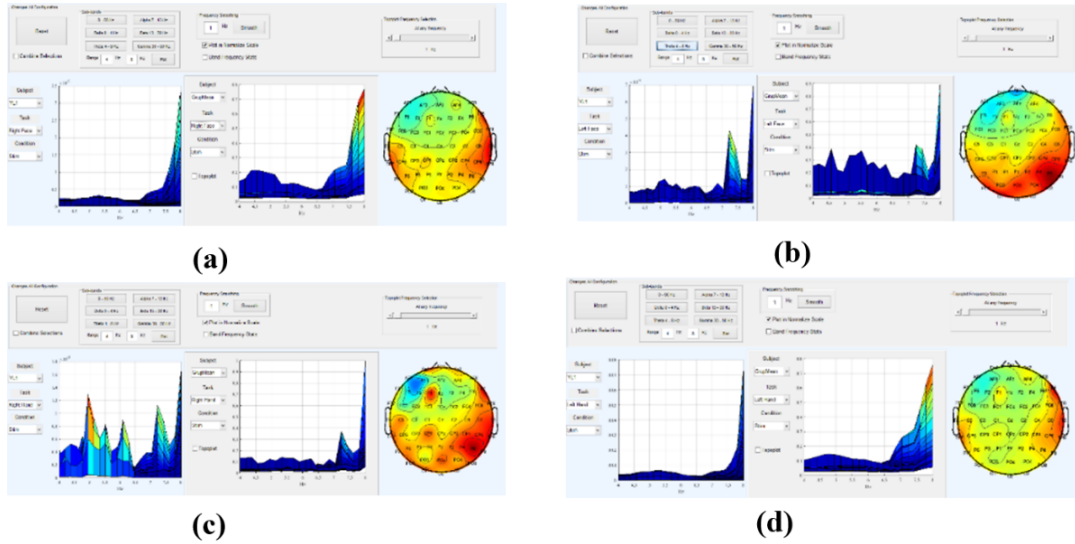
YL1'nin EEG arayüzüyle elde edilen sağ el duyu delta bandı (0.5-4 Hz) EEG aktivitesi Şekil 4.3'te gösterilmiştir. F8 bölgesinde ve sol el duyu delta bandı EEG aktivitesi F8, FT8, T8 bölgelerinde EEG kontrol grubuna göre daha yüksek değerlidir. Sağ alt yüz bölgesi delta bandı EEG aktivitesi sol serebral hemisferde T7, FC5, C3, CP3, CP5, P3, F7 bölgelerinde ve sağ serebral hemisferde C2, CP2, C6, CP6, T8, TP8, AF4 bölgelerinde EEG kontrol grubuna göre daha yüksek değerlidir. Sol alt yüz bölgesi delta bandı EEG aktivitesi ise AF4 bölgesinde kontrol grubuna göre daha yüksek değerlidir.



Şekil 4.1. YL1'in alfa bandı EEG aktivitesi **a)** sağ alt yüz; **b)** sol alt yüz; **c)** sağ el; **d)** sol el uyarılar için kontrol grup ile topografik



Şekil 4.2. YL1'in beta bandı EEG aktivitesi **a)** sağ alt yüz; **b)** sol alt yüz; **c)** sağ el; **d)** sol el uyaranlar için kontrol grup ile topografik

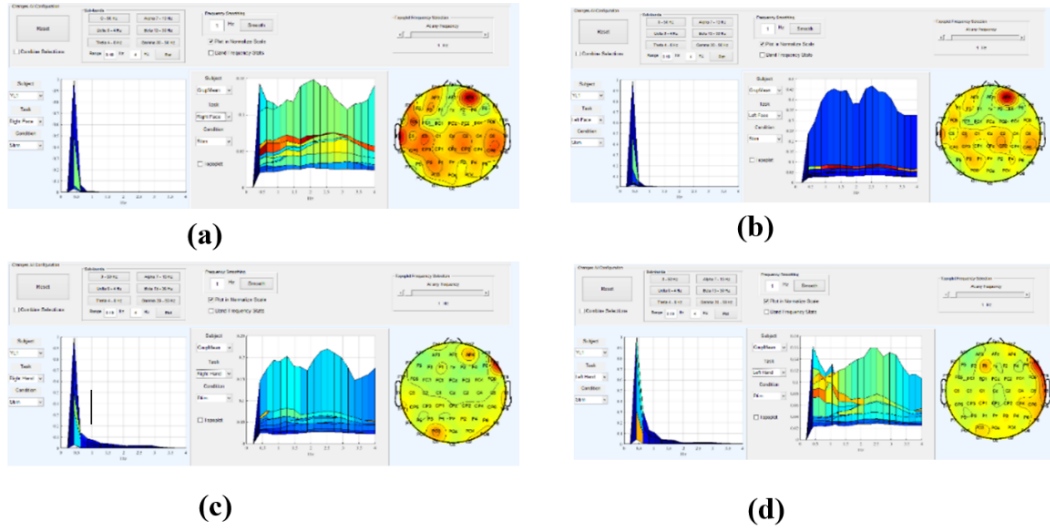


Şekil 4.3. YL1'in delta bandı EEG aktivitesi **a)** sağ alt yüz; **b)** sol alt yüz; **c)** sağ el; **d)** sol el uyaranlar için kontrol grup ile topografik

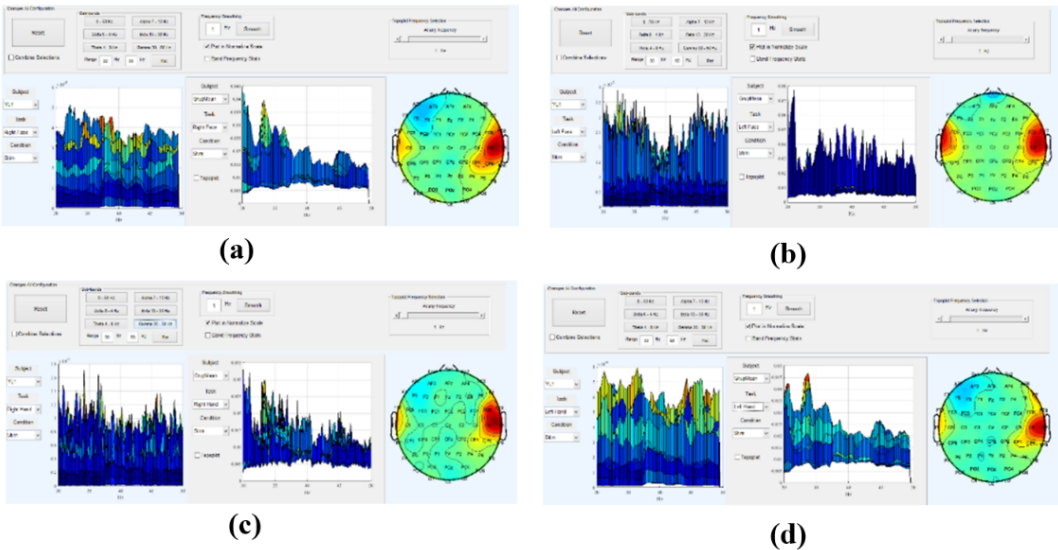
YL1'in sağ el duyu teta (4-8 Hz) bandı EEG aktivitesi Şekil 4.4' de gösterilmiştir. Sol serebral hemisferde TP7, C5, P7, PO7, O1, F1, FP1, CP1, P5 bölgelerinde ve sağ serebral hemisferde F8, FT8, T8, TP8, P8, PO8, O2, P6, CP6, C6, CP4, P4, P2, POZ bölgelerinde kontrol grubuna göre daha yüksek değerlidir. Sol el duyu teta bandı EEG aktivitesi ise sol serebral hemisferde TP7 bölgesinde ve sağ serebral hemisferde F8, FT8, T8, TP8, CP6 bölgelerinde kontrol grubuna göre daha yüksek değerlidir. Sağ alt yüz bölgesi teta bandı EEG aktivitesi sol serebral hemisferde yine TP7 bölgesinde ve sağ serebral hemisferde F8, FT8, T8, TP8, CP6, C6, P6, P8 bölgelerinde baskındır. Sol alt yüz bölgesi teta bandı EEG aktivitesi sol serebral hemisferde P7, PO7, PO3, O1, POZ, OZ bölgelerinde ve sağ serebral hemisferde P2, P4, P6, P8, PO4, PO8, O2, TP8, CP4, CP6, T8, FT8, C6, F8 bölgelerinde EEG kontrol grubuna göre daha yüksek değerlidir.

Genel olarak YL1'in teta bandında EEG aktivitesi Temporo-parietal, Frontal, Fronto-temporal, Temporal, Santro-pariteral, Pariteral bölgelerde kontrol grubuna göre daha yüksek değerlidir. Ancak Şekil 4.4.'de görüldüğü gibi her uyaranda çok benzer sonuçların olmadığı sonucuna varılabilmektedir.

Son olarak gama (30-50 Hz) bandı EEG aktivitesi incelendiğinde ise; YL1'in sağ el duyu, sol el duyu, sağ alt yüz bölgesi, sol alt yüz bölgesi duysal uyarımlarına ait Şekil 4.5'te gösterilen sonuçlar incelendiğinde yaklaşık olarak benzer sonuçlar gözlemlendiği görülmüştür. Genel olarak Santral, Temporal, Fronto santral, Fronto-temporal bölgelerde gama bandı EEG aktivite artışı baskındır. Topografik haritalarda bu aralıkta genel olarak sağ dominant bir gösterim mevcuttur.



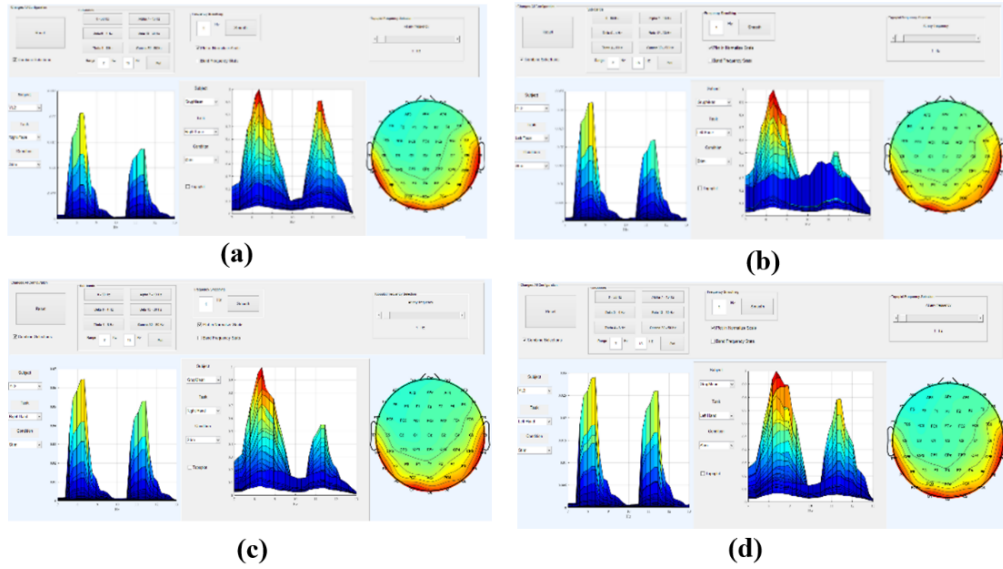
Şekil 4.4. YL1'in teta bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el; d) sol el uyarımlar için kontrol grup ile topografik



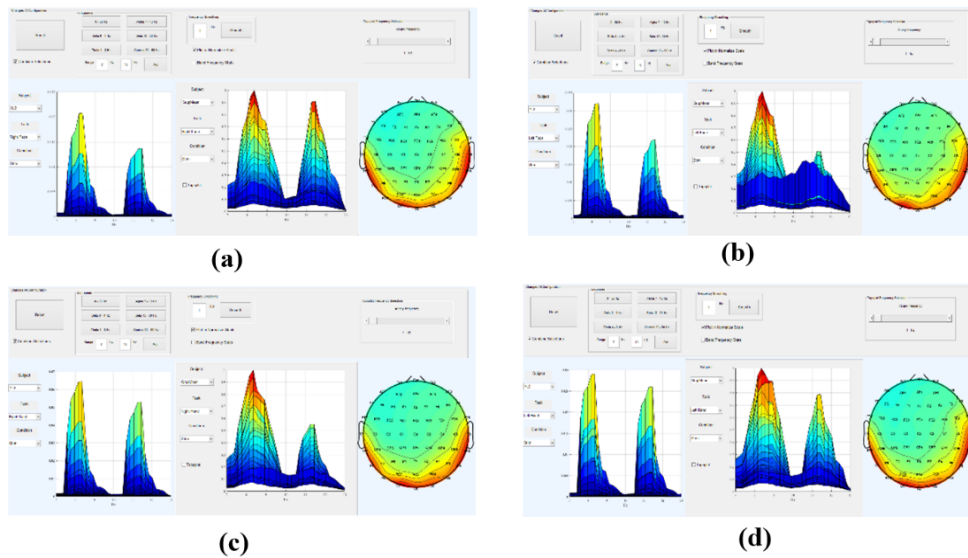
Şekil 4.5. YL1'in gama bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el; d) sol el uyarımlar için kontrol grup ile topografik

4.1.2. YL2 hastası topografik sonuçları

İkinci tam yüz lezyonlu hasta YL2'ye ait sağ el duyu, sol el duyu, sağ alt yüz bölgesi, sol alt yüz bölgesi duysal uyarımlarına ait alfa bandı EEG aktivitesinde; O1, O2, OZ, P7, T7, PO8, P8 bölgelerinde kontrol grubuna göre daha yüksek değerlidir. Genel olarak alfa (8-13 Hz) bandı EEG artışının Oksipital bölgede baskındır (Şekil 4.6.). YL2'nin sağ el duyu beta (13-30 Hz) bandı EEG aktivitesi; FC5, FC6, CP4, CP6, TP8, T8, FT8 bölgelerinde ve sol el duyu beta bandı ise; FC6, FC5, CP4, C6, C4, T8, FC4, FT8 bölgelerinde kontrol grubuna göre daha yüksek değerlidir. Sağ alt yüz bölgesi beta bandında EEG aktivitesi; FC6, F8, FT8, C6, CP4, CP6, TP8 de, Sol alt yüz bölgesinde; FC6, FT8 bölgelerinde kontrol grubuna göre daha yüksek değerlidir. Genel olarak beta (13-30 Hz) bandı EEG artışının santro-parietal bölgede baskın olduğunu Şekil 4.7'de görülmektedir.

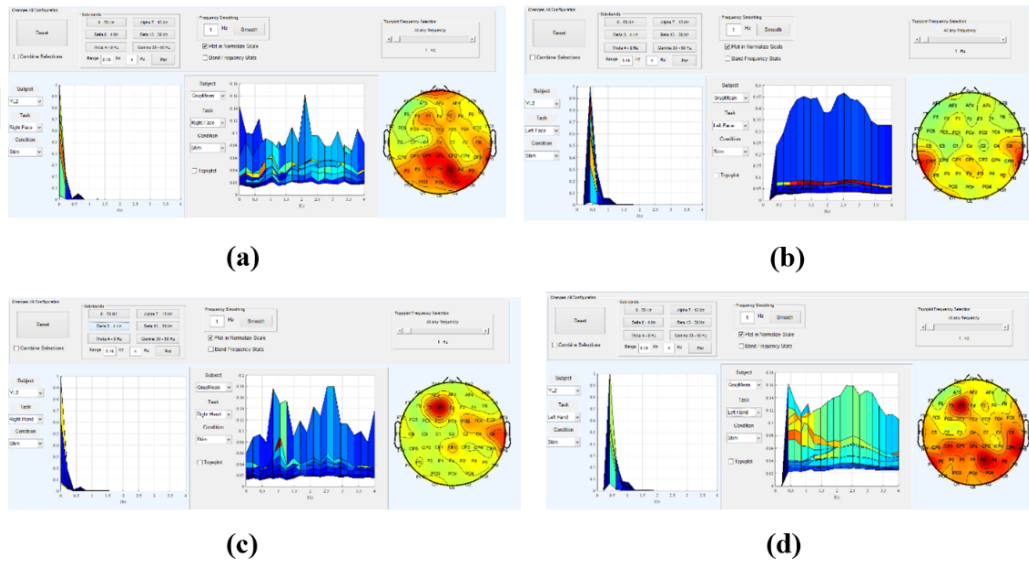


Şekil 4.6. YL2'in alfa bandı EEG aktivitesi **a)** sağ alt yüz; **b)** sol alt yüz; **c)** sağ el; **d)** sol el uyarımlar için kontrol grup ile topografik

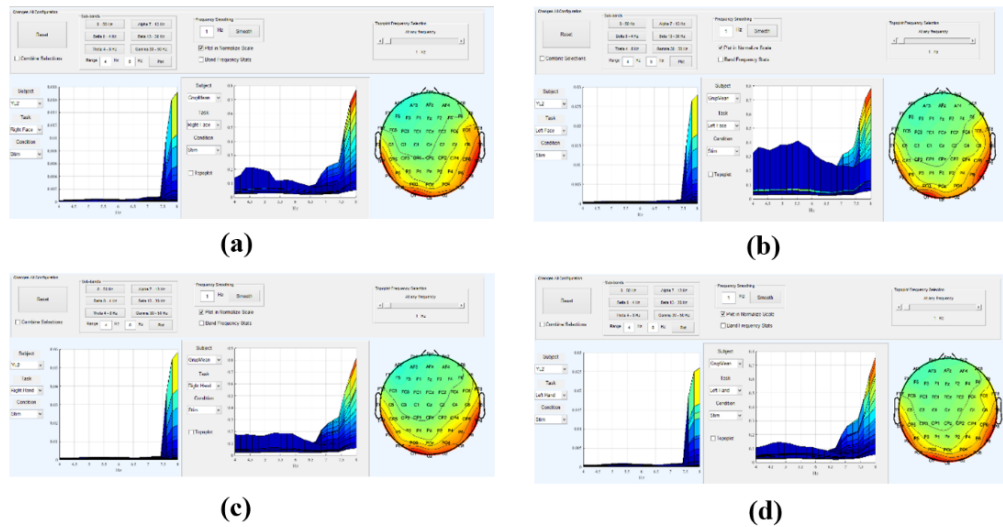


Şekil 4.7. YL2'in beta bandı EEG aktivitesi **a)** sağ alt yüz; **b)** sol alt yüz; **c)** sağ el; **d)** sol el uyarımlar için kontrol grup ile topografik

YL2'nin sağ el duyu delta (0.5-4 Hz) bandı EEG aktivitesi; F3, F1 C6, T8, TP8 bölgelerinde göre daha yüksektir. Sol el duyu delta bandında EEG aktivitesi sol serebral hemisferde ise F3, F1, P7, TP7, PO7, P5, CP3, CP1, CPZ, P1, PO3 bölgelerinde ve sağ serebral hemisferde P2, P4, P6, P8, PO4, PO8, TP8, CP6, C6, T8 bölgelerinde kontrol grubuna göre daha yüksek değerlidir. Sağ alt yüz bölgesinde FP1, FZ, F1, FCZ, CZ, P7, P5, CP1, CPZ, P1, PZ, P2, POZ, PO4, P6, PO8, TP8, C6, P4 bölgelerinde kontrol grubuna göre delta bandı EEG aktivitesi daha yüksek değerlidir. Sol alt yüz bölgesinde sol serebral hemisferde TP7, CP5, P7 ve sağ serebral hemisferde C6, T8, TP8 bölgelerinde delta bandı EEG aktivitesi kontrol grubuna göre yüksek değerlidir (Şekil 4.8). Teta (4-8 Hz) bandı EEG aktivitesine bakıldığında ise bu duylarda benzer sonuçlar elde edilmiştir. Sonuç olarak; TP7, P7, PO7, O1, OZ, O2, PO8, P8, TP8, T8 bölgelerinde teta bandı EEG aktivitesi kontrol grubuna göre daha yüksek değerlidir (Şekil 4.9).

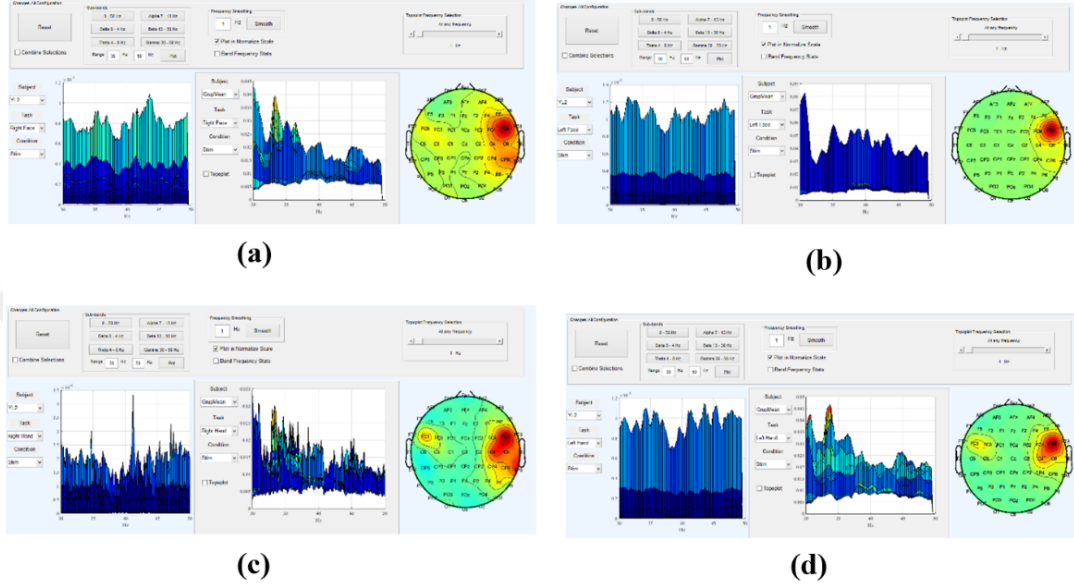


Şekil 4.8. YL2'in delta bandı EEG aktivitesi **a)** sağ alt yüz; **b)** sol alt yüz; **c)** sağ el; **d)** sol el uyaranlar için kontrol grup ile topografik



Şekil 4.9. YL2'in teta bandı EEG aktivitesi **a)** sağ alt yüz; **b)** sol alt yüz; **c)** sağ el; **d)** sol el uyaranlar için kontrol grup ile topografik

YL2'nin sağ el duyu gama (30-50 Hz) bandı EEG aktivitesi; FC6, C4, C6, TP8, T8 bölgelerinde ve sol el duyu delta bandında FC6, C4 bölgelerinde kontrol grubuna göre daha yüksek değerlidir. Sağ alt yüz bölgesinde FC6, C4, C6, FC4, CP6, TP8 bölgelerinde ve sol alt yüz bölgesinde FC6, FC4, C4 bölgelerinde gama bandı EEG aktivitesi kontrol grubuna göre yüksek değerlidir. YL2'nin sağ el duyu gama bandı EEG aktivitesi için Fronto-santral ve Santral bölgelerinde EEG artışının baskın olduğu görülmektedir (Şekil 4.10).



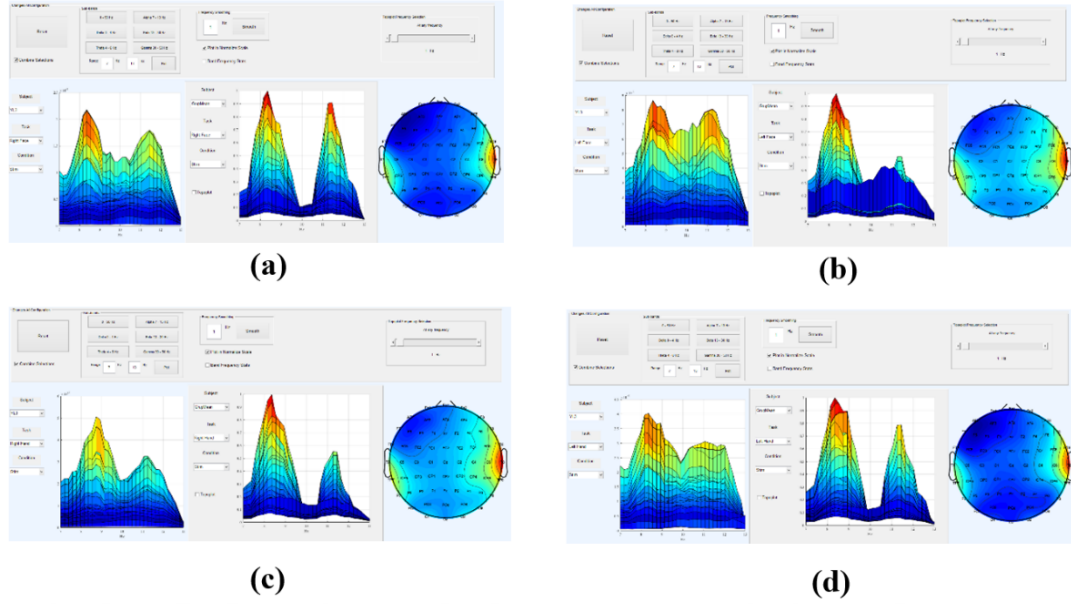
Şekil 4.10. YL2'in gama bandı EEG aktivitesi **a)** sağ alt yüz; **b)** sol alt yüz; **c)** sağ el; **d)** sol el uyaranlar için kontrol grup ile topografik

4.1.3. YL3 hastası topografik sonuçları

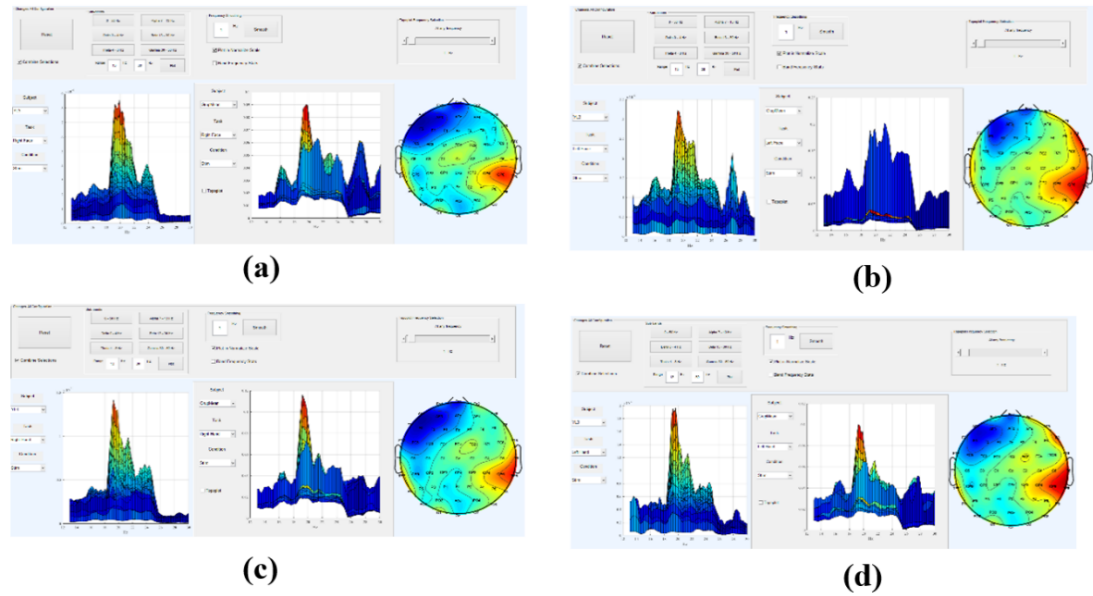
Üçüncü tam yüz lezyonlu hasta YL3' ye ait sağ el duyu, sol el duyu, sağ alt yüz bölgesi, sol alt yüz bölgesi duysal uyarımlarına ait alfa (8-13 Hz) bandı EEG aktivitesi TP8, TP7, PT8, TP7, P7, T7, T8 bölgelerinde kontrol grubuna göre daha yüksek aktiviteye sahiptir. Genel olarak; Temporal bölgede alfa bandı EEG aktivite artışı baskındır (Şekil 4.11). YL3'nin sağ el duyu beta (13-30 Hz) bandı EEG aktivitesi; CP6, TP8, T8, CP4 bölgelerinde ve sol el duyu beta da ise; CP6, CP4, C6, T8, F8, P8, TP8 bölgelerinde kontrol grubuna göre daha yüksek değerlidir. YL3'nin sağ alt yüz bölgesinde CP6, TP8, CP4, T8, P8 de ve sol alt yüz bölgesinde ise; CP6, CP4, TP8, P8, FT8, F8, C6, T8, T7 bölgelerinin beta bandı EEG aktivitesi yüksektir (Şekil 4.12). Genel olarak beta bandı EEG aktivitesinin sağ serebral hemisferde baskın olduğu gözlemlenmiştir.

YL3'nin sağ el duyu delta (0.5-4 Hz) bandı EEG aktivitesi FT7, T7, TP7, P7, C5, CP5, P5, CP3, F4, F6, F8, T8, CP4, CP6, TP8, P4, P6 bölgelerinde ve sol el duyu delta bandı EEG aktivitesi C5, T8, P8, F6, F8 bölgelerinde kontrol grubuna göre daha yüksek değerlidir (Şekil 4.13). YL3'nin sağ alt yüz bölgesinde F4, F6, AF8, FT8, T8, CP6, TP8 bölgeleri; sol alt yüz bölgesinde ise FT7, F4, F6, AF8, F8 bölgelerinin delta bandı EEG aktivitesi yüksektir.

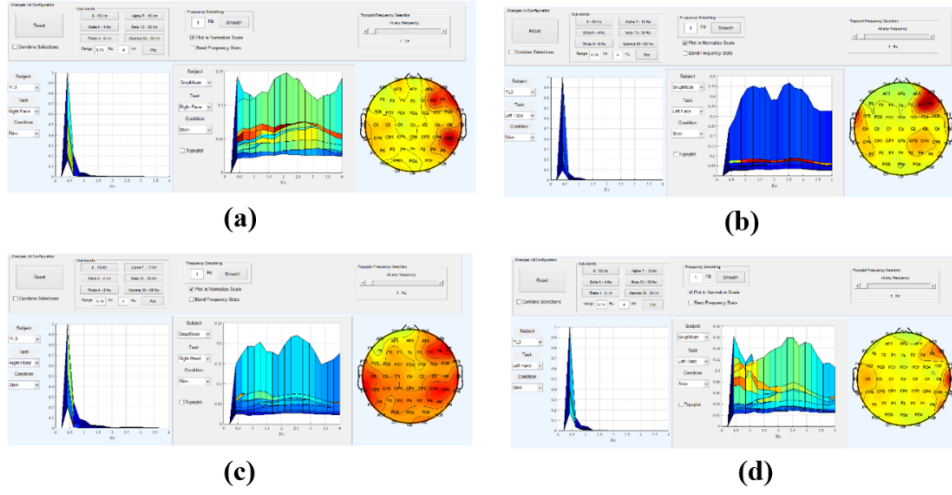
YL3'nin sağ el duyu ve sağ alt yüz teta (4-8 Hz) bandı EEG aktivitesi benzer topografik sonuçlar vermiştir ve genel olarak kontrol grubuna göre Temporal bölgede EEG aktivite artışı baskındır (Şekil 4.14). YL3'nin sol el ve sol alt yüz bölgesinde ise Santro-parietal bölgede kontrol grubuna göre baskınlık mevcuttur. YL3'nin sağ el duyu gama (30-50 Hz) bandı EEG aktivitesi CP6, TP8, P4, FP1 bölgelerinde ve sol el duyu gama bandı CP6, FP2, AF8, F8 bölgelerinde EEG artışı baskındır. YL3 yüz lezyon hastasının sağ alt yüz bölgesine bakıldığında CP6, CP2 bölgeleri ve sol alt yüz de FT7, FP2, AF8, TP8, CP6, CP4, CP2, P4, C6 bölgeleri gama bandı EEG aktivitesi yüksektir (Şekil 4.15.).



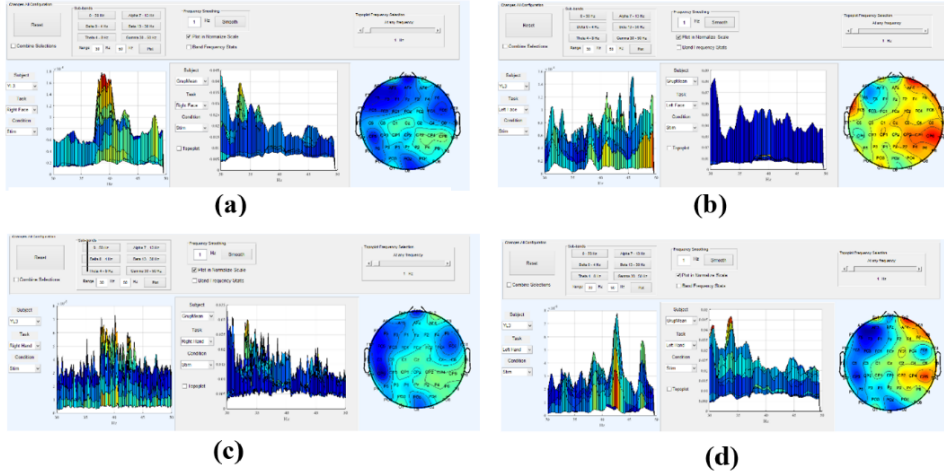
Şekil 4.11. YL3'ün alfa bandı EEG aktivitesi **a)** sağ alt yüz; **b)** sol alt yüz; **c)** sağ el; **d)** sol el uyaranlar için kontrol grup ile topografik farkı



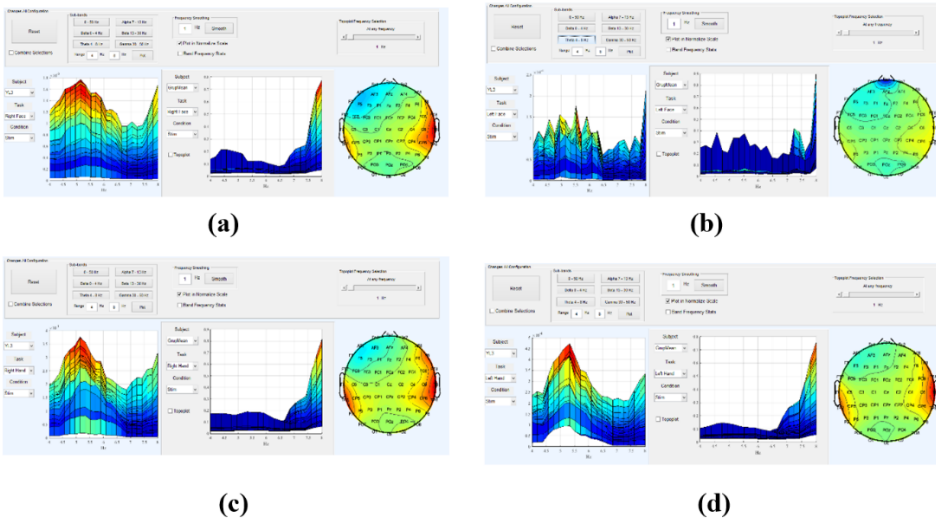
Şekil 4.12. YL3'ün beta bandı EEG aktivitesi **a)** sağ alt yüz; **b)** sol alt yüz; **c)** sağ el; **d)** sol el uyaranlar için kontrol



Şekil 4.13. YL3'ün delta bandı EEG aktivitesi **a)** sağ alt yüz; **b)** sol alt yüz; **c)** sağ el; **d)** sol el uyarılar için kontrol grup ile topografik farkı



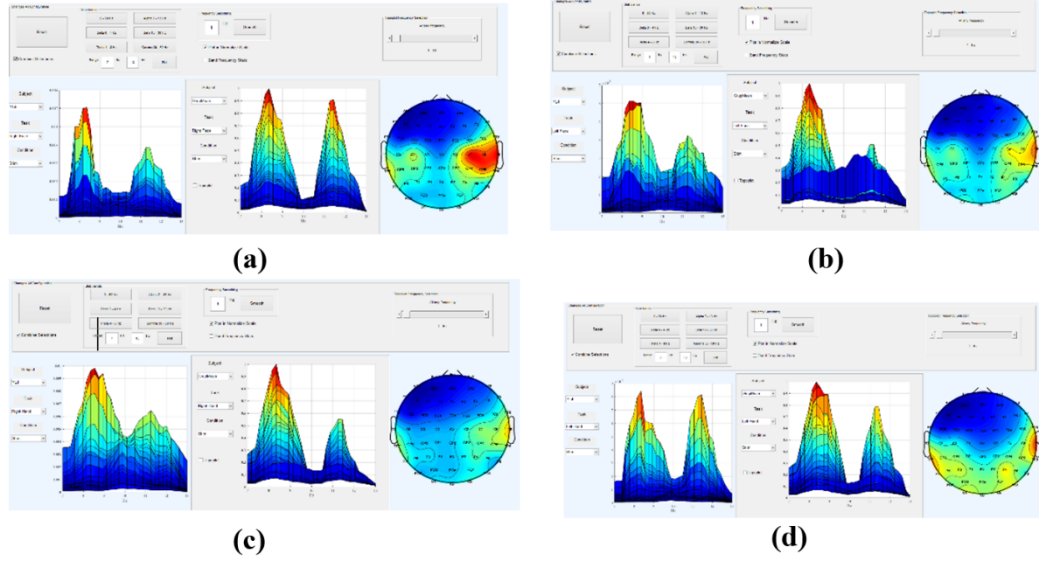
Şekil 4.14. YL3'ün teta bandı EEG aktivitesi **a)** sağ alt yüz; **b)** sol alt yüz; **c)** sağ el; **d)** sol el uyarılar için kontrol



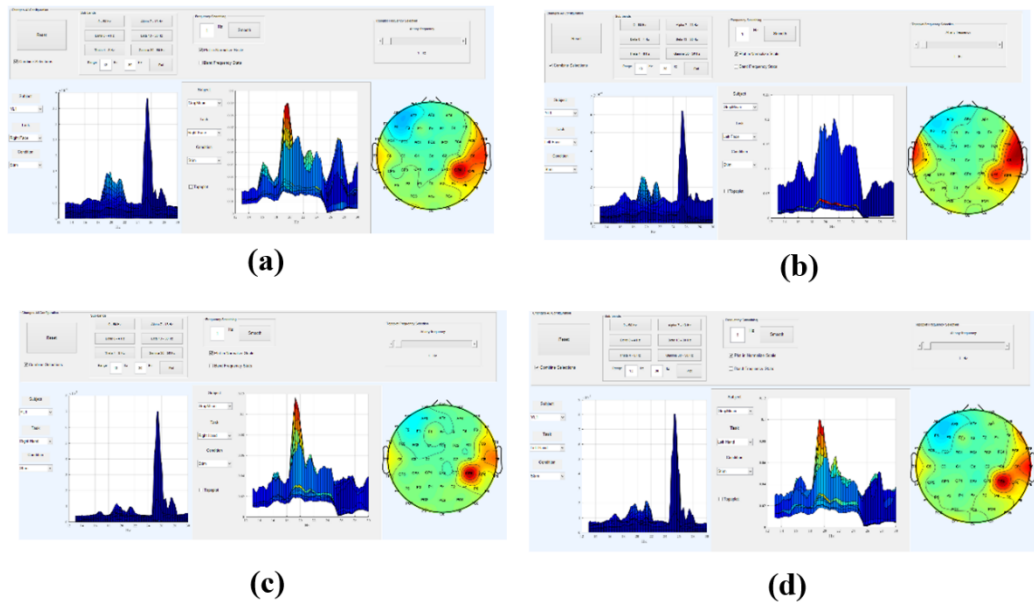
Şekil 4.15. YL3'ün gama bandı EEG aktivitesi **a)** sağ alt yüz; **b)** sol alt yüz; **c)** sağ el; **d)** sol el uyarılar için kontrol

4.1.4. YL4 hastası topografik sonuçları

Dördüncü tam yüz lezyonlu hasta YL4'nin sağ el duyu, sol el duyu, sağ alt yüz bölgesi, sol alt yüz bölgesi duysal uyarılarına ait alfa (8-13 Hz) bandı EEG aktivitesi T8, C6, CP6, TP8, TP7 bölgelerinde kontrol grubuna göre daha yüksektir (Şekil 4.16). YL4'nin sağ el duyu, sol el duyu, sağ alt yüz bölgesi, sol alt yüz bölgesi duysal uyarımlar ile sağ el motor hareket ve sol el motor hareketlerine ait beta (13-30 Hz) bandı EEG aktivitesi PO4, O2, OZ bölgelerinde kontrol grubuna göre daha yüksektir (Şekil 4.17).

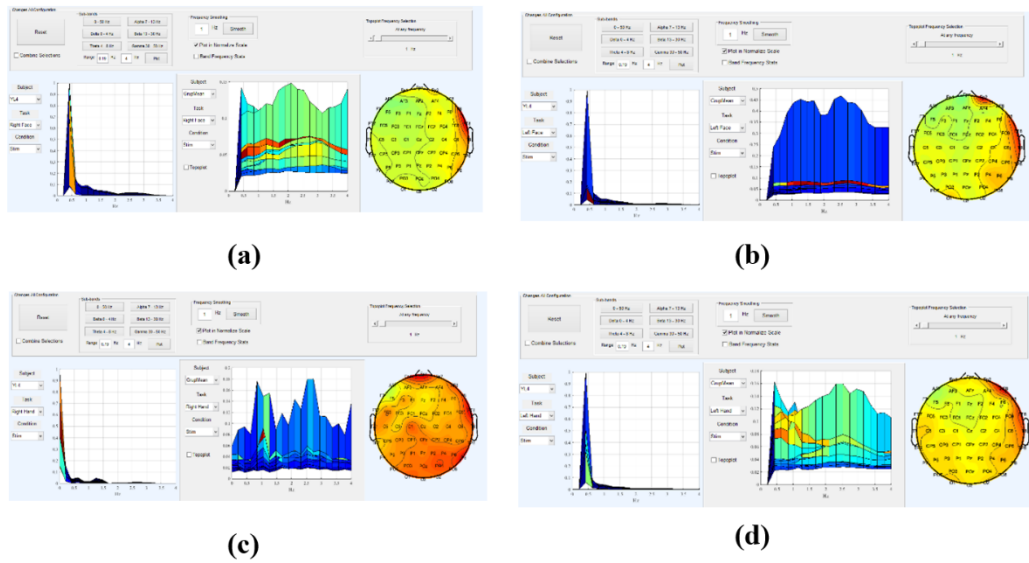


Şekil 4.16. YL4'ün alfa bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el; d) sol el uyarılar için kontrol

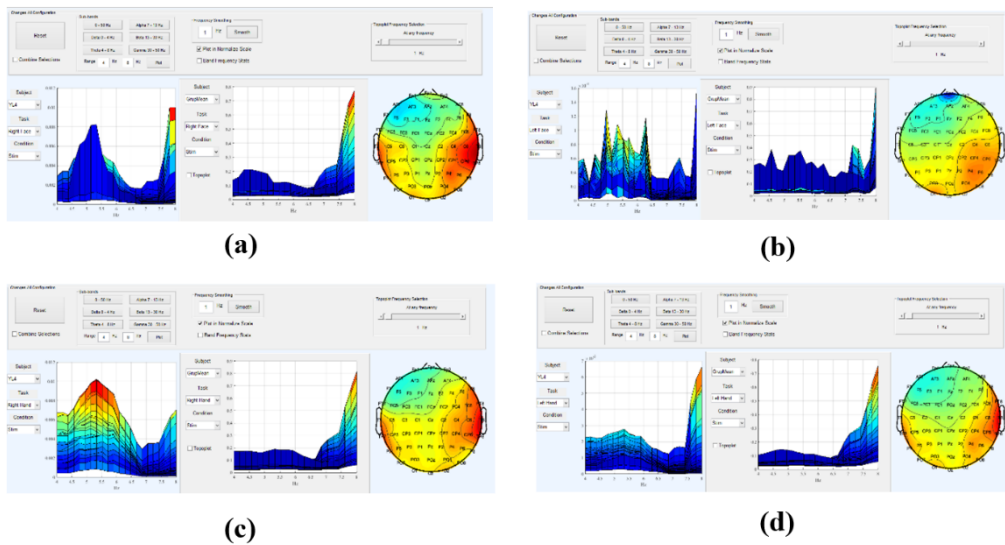


Şekil 4.17. YL4'ün beta bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el; d) sol el uyarılar için kontrol grup ile topografik farkı

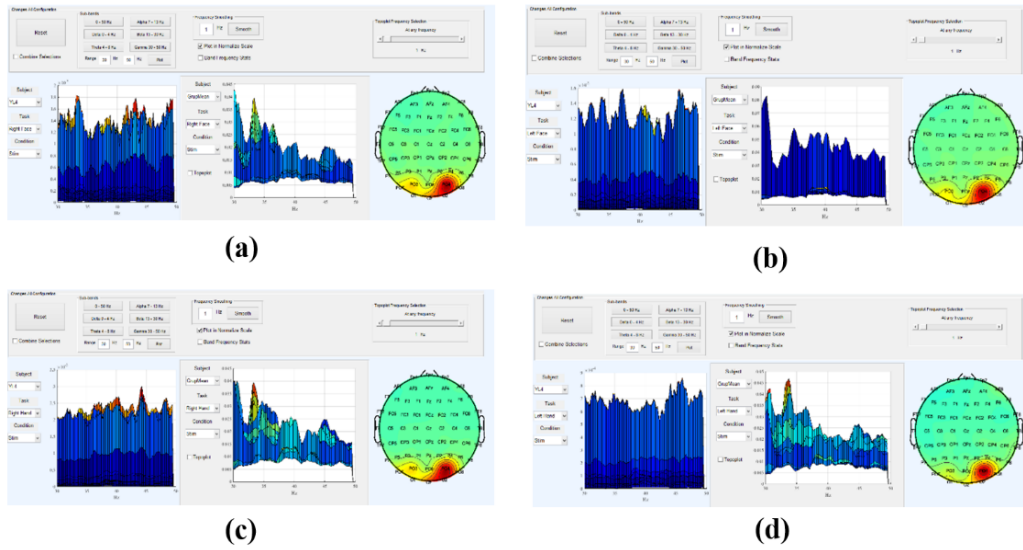
YL4'nin sağ el duyu delta (0.5-4 Hz) bandı EEG aktivitesi FP1, FPZ, AF8, F8, FT8, T8, TP8, P8, PO8, O2, OZ, O1, PO7, P1, C1, CPZ, P2, P4, P6 bölgelerinde yüksekken; sol el de FP2, AF8, F8, FT8, T8, TP8 bölgelerinde aktivite daha yüksektir. YL4'nin sağ alt yüz bölgesinde ise F8, FT8, T8 bölgeleri ve sol alt yüzde FP2, F8, FT8, T8, TP8 bölgeleri delta bandı EEG aktivitesi yüksektir (Şekil 4.18.). YL4'nin sağ el, sağ alt yüz teta bandı topografik sonuçları benzerdir ve bu iki alanda Temporal, Santral, Santro-parietal bölgede kontrol grubuna göre baskınlık mevcuttur. Sol el duyu teta bandı FT8, T8, TP8, CP6, C6, P4 TP7 bölgelerinde yüksekken; sol yüzde P4, P6, CP6, TP8, PO4, O1 bölgelerinde aktivite yüksektir (Şekil 4.19). YL4'nin sağ el duyu, sol el duyu, sağ alt yüz bölgesi, sol alt yüz bölgesi duysal uyarımlar ile ait gama (30-50 Hz) bandı EEG aktivitesi benzer olmakla beraber hastanın gama bandı PO4, OZ, O2 bölgelerinde EEG aktivite artışı baskındır (Şekil 4.20).



Şekil 4.18. YL4'ün delta bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el; d) sol el uyaranlar için kontrol grup ile topografik farkı



Şekil 4.19. YL4'ün teta bandı EEG aktivitesi a) sağ alt yüz; b) sol alt yüz; c) sağ el; d) sol el uyaranlar için kontrol grup ile topografik farkı



Şekil 4.20. YL4'ün gama bandı EEG aktivitesi **a)** sağ alt yüz; **b)** sol alt yüz; **c)** sağ el **d)** sol el uyaranlar için kontrol grup ile topografik farkı

4.2. Alt ve Üst Bant Maksimum Genlik Değerleri Sonuçları

Daha spesifik bir yaklaşım için EEG bantları alt ve üst gruplara ayrılarak incelenmiştir. Ayrıca oluşan yeni bantlar üzerinden maksimum genlikler incelendiği gibi bunların oransal yaklaşımı da kontrol grubu ile yüz lezyon grubu arasında çıkan farklılıklar tartışılmıştır. Bu başlık altında farklılık olduğu düşünülen bantlar incelenmiştir. Bütün bantların alt ve üst bant yaklaşımları 8. bölümde Ek'ler kısmında verilmiştir.

Dalgacık paket dönüşümü ile ayrıştırılan sinyalde beta için alt ve üst beta bandı maksimum enerji değerleri Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. 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. Yapılan analizler sonucunda sağ el uyarını incelendiğinde üst beta kontrol grubu ortalama değeri $0.585 \pm 0.437 \mu V^2$ aralığında olduğu, YL1 ve YL2 hastalarının bu sınır değer 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'ten 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. Yüz lezyonlu hastaların sağ el alt beta maksimum genlik değerleri kontrol grubu ile yakın değerler içermektedir. Buradan da anlaşıldığı gibi beta bandındaki baskınlığın asıl nedeni üst beta olarak belirlediğimiz frekans aralığıdır.

Sağ el uyarını gama alt ve üst maksimum genlik değerleri Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. Sağ el alt gama ve üst gama maksimum enerji değerleri ortalaması kontrol grubunda 0.55 ± 0.42 ve 0.35 ± 0.37 aralığında hasta grubunda ise 0.45 ± 0.22 ve 0.46 ± 0.25

aralığındadır. Sonuç olarak değerler iki grup için birbirine yakındır ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ayrıca alt gama ve üst gama arasındaki orana bakıldığında da anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ancak üst gama maksimum enerji değer ortalaması 0.37 ± 0.52 aralığında olması ve 2 gönüllünün de bu aralık dışında kalmasından dolayı onların çıkarılmasıyla yapılan istatistiksel analiz sonucunda $p=0.049$ düzeyinde tespit edilmiş ve 4 hasta içinde anlamlı farklılık bulunmuştur.

Sağ alt yüz uyararı beta bandının alt ve üst beta maksimum genlikleri Çizelge 4.3.'de verilmiştir. Sağ alt yüz duyu uyararı üst beta maksimum enerji değerleri ortalaması $1.05 \pm 1.41 \mu V^2$ aralığındadır. Burada 10. Kontrolün bu ortalamadan çok farklı olduğu da görülmektedir. Dolayısıyla 10. Kontrol deneği grup dışında bırakılmıştır. Hastalar için ortalama değere bakıldığında ise $1.10 \pm 0.57 \mu V^2$ aralığında olduğu görülmüştür. Yine bu grupta da YL3 hastası bu grup dışında kaldığından dolayı istatistiksel analizde değerlendirmeye alınmamıştır. Sonuç olarak YL3 ve K10'un çıkarılması ile yapılan istatistiksel analiz sonucunda YL1, YL2 ve YL4 hastalarında $p=0.033$ düzeyinde olduğu ve anlamlı farklılığına olduğu bulunmuştur. Yine aynı uyaranda alt beta maksimum genlik değerleri incelendiğinde ise YL2'nin farklı olduğu söylenebilir ancak bu uyarının beta bandında belirleyici olanın üst beta olduğu açıktır. Özellikle üst betada ortalama değer dışında kalan K10'un çıkarıldıktan sonra kontrol grubuna göre maksimum genliğinin fazla olduğu açıktır.

Çizelge 4.1. Sağ el alt beta ve üst beta maksimum genlik değerleri (μV^2)

Kişiler	Beta alt bant maksimum genlik değeri (μV^2)	Beta üst bant maksimum genlik değeri (μV^2)	Alt beta maksimum genlik/üst beta maksimum genlik
K1	0,81	0,66	1,090
K2	0,81	0,57	1,421
K3	0,18	0,17	1,062
K4	0,82	0,32	0,656
K5	0,50	0,28	1,851
K6	2,39	0,94	2,542
K7	1,38	0,33	4,312
K8	0,30	0,24	1,304
K9	0,86	0,69	1,246
K10	2,17	1,69	1,278
YL1	0,70	2,88	0.236
YL2	1,17	2,11	0.290
YL3	0,63	0,39	1.615
YL4	0,89	0,64	1.296

Çizelge 4.2. Sağ el alt gama ve üst gama maksimum genlik değerleri (μV^2)

Kişiler	Gama alt bant maksimum genlik değeri (μV^2)	Gama üst bant maksimum genlik değeri (μV^2)
K1	0,48	0,39
K2	0,76	0,69
K3	0,06	0,06
K4	0,33	0,08
K5	0,43	0,13
K6	0,56	0,14
K7	0,35	0,35
K8	0,25	0,14
K9	0,70	0,80
K10	1,69	0,71
YL1	0,38	0,33
YL2	0,60	0,65
YL3	0,13	0,13
YL4	0,77	0,79

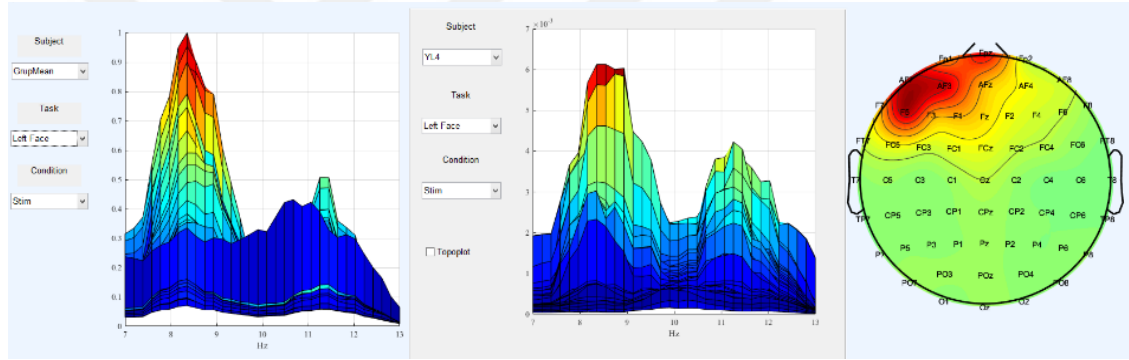
Çizelge 4.3. Sağ alt yüz alt beta ve üst beta maksimum genlik değerleri (μV^2)

Kişiler	Beta alt bant maksimum genlik değeri (μV^2)	Beta üst bant maksimum genlik değeri (μV^2)
K1	0,75	0,58
K2	0,85	0,31
K3	0,23	0,27
K4	1,84	1,61
K5	0,57	0,35
K6	3,85	0,62
K7	1,16	0,33
K8	0,26	0,49
K9	0,72	0,77
K10	5,64	5,13
YL1	0,77	1,31
YL2	1,75	1,90
YL3	0,62	0,38
YL4	0,86	0,81

5. TARTIŞMA

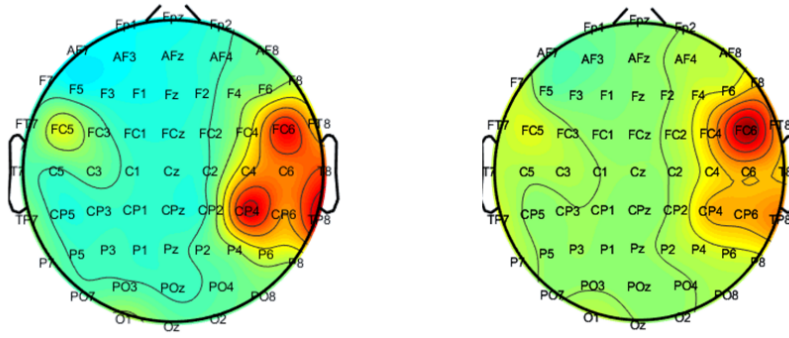
5.1. Topografik Sonuçların Genel Değerlendirmesi

Tam yüz lezyonlu hastalardan elde edilen EEG sinyallerinin alfa bandı GUI aracılığıyla incelendiğinde her hasta EEG kontrol grubundan farklı bir EEG aktivitesi sergilemektedir. Hastaların kendi aralarında da farklılıklar mevcuttur. Ancak her bir hastanın sol el duyu, sol alt yüz bölgesi, sağ el duyu, sağ alt yüz bölgelerinde alfa bandı (7-13 Hz) EEG aktivitesi çok benzer bir topografik haritaya sahiptir. 4 yüz lezyon hastası da incelendiğinde sağ alt yüz teta bandı EEG aktiviteleri T8, FT8, TP8, C6, CP6, F8, TP7 bölgelerinde kontrol grubuna göre baskınlık ihtiva eder. Yine 4 yüz lezyon hastasının tümünün sağ el duyu, sol el duyu, sağ alt yüz bölgesi, sol alt yüz bölgesi duysal uyarımlar ait teta EEG aktivitesi Temporal bölgede baskındır. Kontrol grubunun sağ el duyu, sol el duyu, sağ alt yüz bölgesi, sol alt yüz bölgesi duysal uyarımlar ile hasta gruba göre duysal tüm uyarılara ait alfa bandı EEG aktivitesinde ise F5, F7, F3, AF7, AF3 bölgelerinde yani Frontal ve Anterior frontal bölgelerde (sol) alfa bandı EEG aktivite artışı baskındır. Bu durum Şekil 5.1’de gözlemlenmiştir.

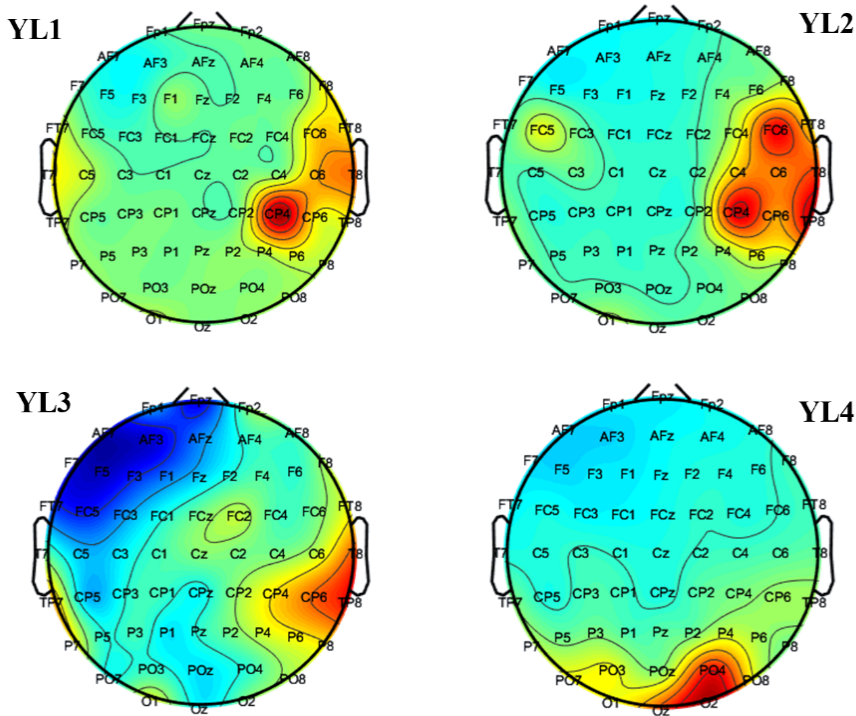


Şekil 5.1. Sol Frontal ve sol Anterior Frontal’de baskın alfa EEG aktivitesi

YL1’in sağ el duyu ve sağ alt yüz bölgesi duysal uyarımlarına 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. 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 4.22). 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. YL4’ün sağ el duyu ve sağ alt yüz bölgesi duysal uyarımlarına 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 5.3’de gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Sağ el ve sağ yüz duyu için YL2 hastasının kontrol grubu ile beta bandı enerji farklarının topografik haritası



Şekil 5.3. Sağ el duyu uyarısında dört yüz lezyon hastasının kontrol grubu ile arasındaki beta bandı enerji farklarının topografik haritası

5.2. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

YL4 hastasının klinik muayenesinde fantom benzeri bulgu tespit edilmiş olup bu hastanın 4 uyarın bölgesi içinde 4.5-6 Hz enerji maksimum değeri hasta ortalamalarından daha yüksek olduğu görülmüştür. Ek olarak bu hasta, 4.5-6 Hz bandında, diğer hastalardan en yüksek enerji değerine sahip olan hastadan sağ el için %26, sağ yüz için %40 ve sol yüz için %42 daha yüksek enerji değerine sahiptir. Sadece sol el bölgesinde %7 daha düşük bir maksimum enerji değeri tespit edilmiştir. 4.5-6 Hz alt bant teta aktivitesinin hem yüz lezyonlu grupta hem de fantom benzeri algı için önemli farklılıklar içerdiğini, lezyonun ve fantomun varlığının işareti olarak düşünülebilir.

Alt beta üst beta oranının maksimum genlik ortalama değeri kontrol grubunda 1.676 ± 1 aralığındadır. Fakat YL1 ve YL2 hastalarında değerler bu aralığın altında kalmıştır ve normal gruptan farklıdır. Sağ el uyarısında YL1 ve YL2 hastalarında özellikle 22-30 Hz üst beta aktivitesinin kontrol grubundan farklı olduğu tespit edilmiştir.

Sağ yüz uyarısında 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 baskın 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. Üst beta alt gama maksimum genlik oranı için YL4 hastası, hasta grup ortalaması 3.747 ± 2.414 değerinin dışında ve normal grup ortalaması 1.21 ± 0.57 aralığındadır. Bu sebeple YL4'un grup dışı bırakılmasıyla ilk 3 hasta için yapılan istatistiksel analizde $p=0.011$ düzeyinde olup $\alpha \leq 0.05$ payı ile anlamlı farklılık bulunmuştur (E. Süzen et al., 2019). Aynı zamanda üst beta alt gama maksimum genlik oranı ve alt gama üst gama maksimum enerji oranlarında ise anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 5.1. Üst beta /Alt gama ve Alt gama / Üst gama maksimum enerji oranları

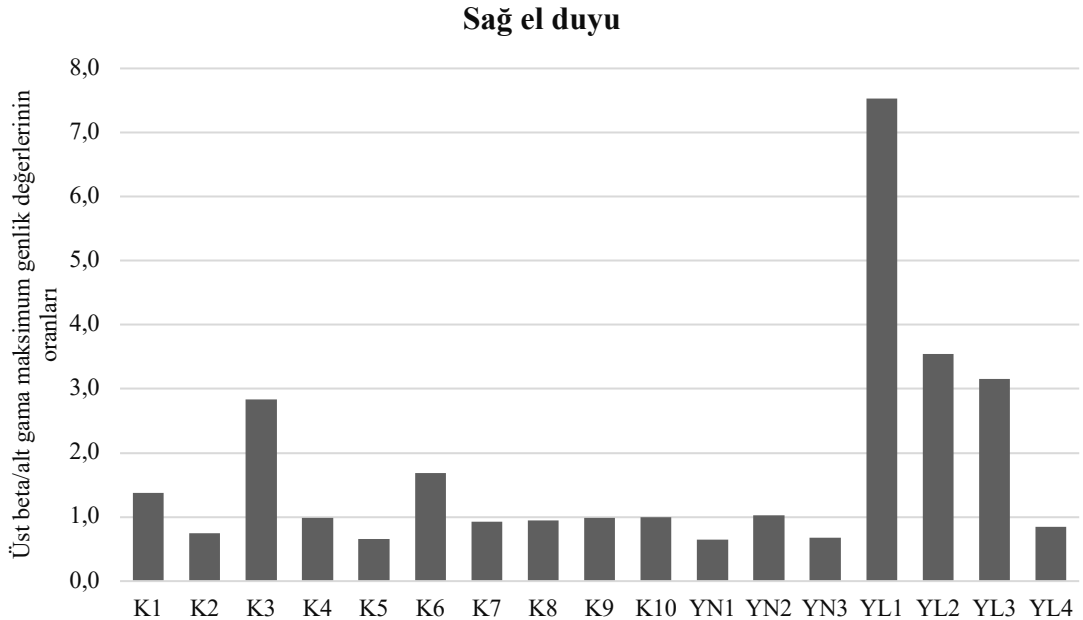
Kişiler	Alt beta maksimum genlik/üst beta maksimum genlik	Üst beta maksimum genlik/alt gama maksimum genlik
K1	1,090	1,404
K2	1,421	0,770
K3	1,062	2,711
K4	0,656	1
K5	1,851	0,642
K6	2,542	1,709
K7	4,312	0,914
K8	1,304	0,958
K9	1,246	1
K10	1,278	1,005
YL1	0.236	7,552
YL2	0.290	3,559
YL3	1.615	3
YL4	1.296	0,876

6. SONUÇLAR

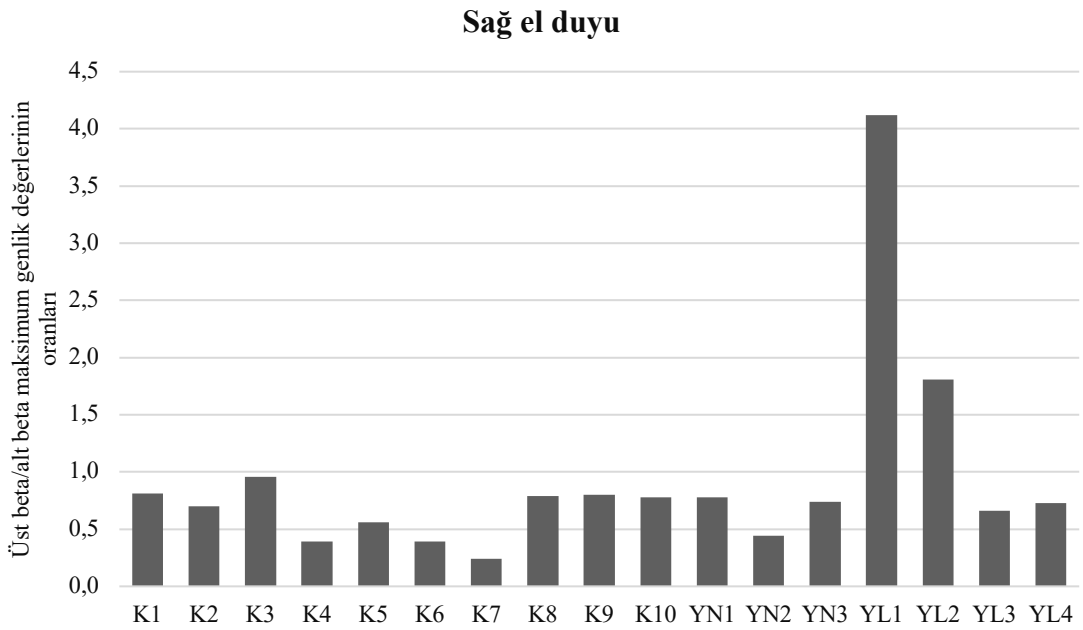
Sonuçlar sağlıklı bireylerden oluşan kontrol grubu, yüz nakil hastaları ve yüz lezyonlu hastalar arasında karşılaştırmalarla yapılmıştır. Tüm bunların genel değerlendirilmesi belirli bantlarda ve bu bantların oransal değerlendirilmelerine bakıldığında incelenen grafikler yorumlanmıştır.

Tüm bu araştırmalar sonucunda sağ el duyu uyarımının üst beta alt gama maksimum genlik değeri oranı Şekil 6.1.'de gösterildiği üzere YL1, YL2 ve YL3 hastalarında genel bir farklılığa neden olduğu açıktır. Burada nakil olmuş hastalardan alınan kayıtların da analize eklenmesiyle bu durumu daha net bir şekilde gösterdiği anlaşılmıştır. Dolayısıyla bu oranların incelenmesi sonucunda YN1, YN2, YN3 hastalarının nakil sonrasında sağlıklı olan kontrol grubuna dahilmiş gibi görüldüğü ve 3 lezyon hastasının da yüksek enerji değerine sahip olduğu söylenebilir. Ayrıca YL4 hastasında fantom benzeri algı mevcut olması da hastalar arasında farklılıkların olduğunu da göstermektedir.

Üst betanın alt betaya oranında bu farklılık YL1 ve YL2 hastalarında Şekil 6.2.'de görüldüğü gibi ortaya çıkmaktadır. Bu farklılıklar kontrol grup ve yüz lezyonlu grup arasında sağ el duyu ve sağ yüz duyu beta bandı korteks haritalarında sağ baskın 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. Sağ yüz uyarımında YL1 ve YL2 hastalarında beta üst bant aktivitesi yüksek olarak bulunmuştur.

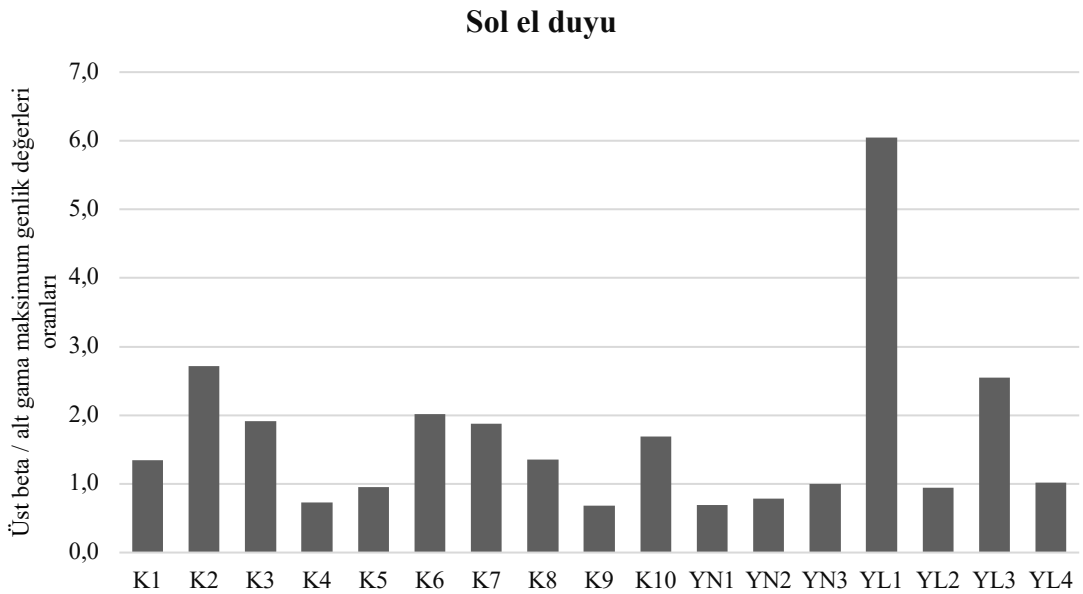


Şekil 6.1. Üst betanın alt gama maksimum genlik değerlerine oranları



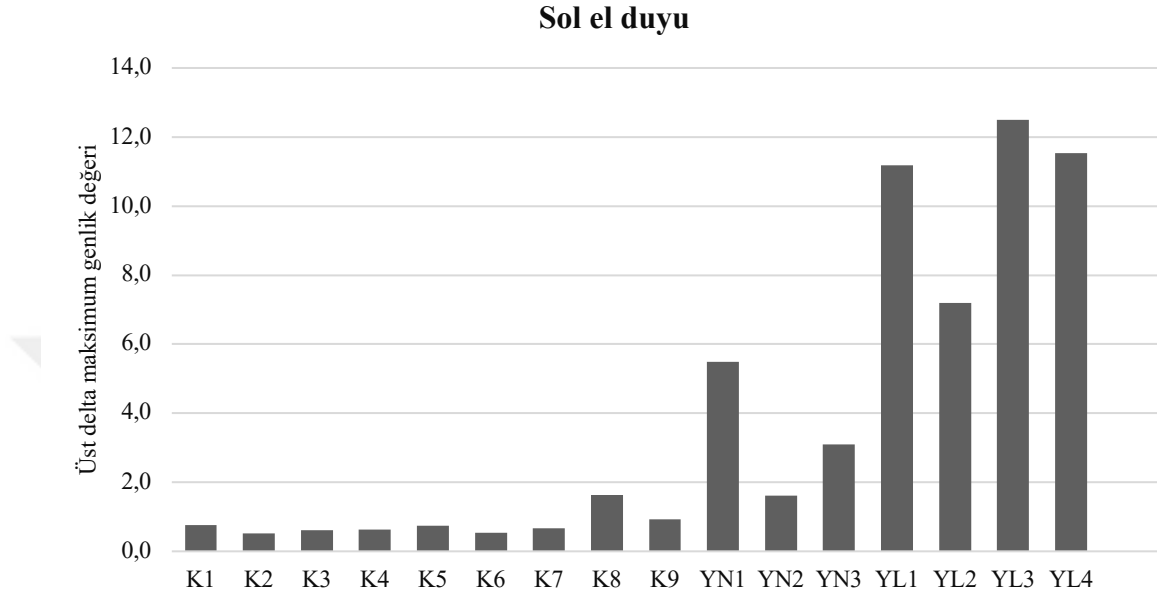
Şekil 6.2. Üst betanın alt beta maksimum genlik değerlerine oranları

Sol el uyarısında üst betanın alt gama enerji değerleri oranlarında YL1 ve YL3 hastalarının oranı yüksek olduğu Şekil 6.3'te de görülmektedir. Ancak YL1 dışında bakıldığında genel bir dağılım mevcuttur. Bu yüzden herhangi bir farklılık olduğu düşünülmemektedir. Ayrıca nakil hastalarının düşük orana sahip olduğu da yine dikkat çekmektedir.



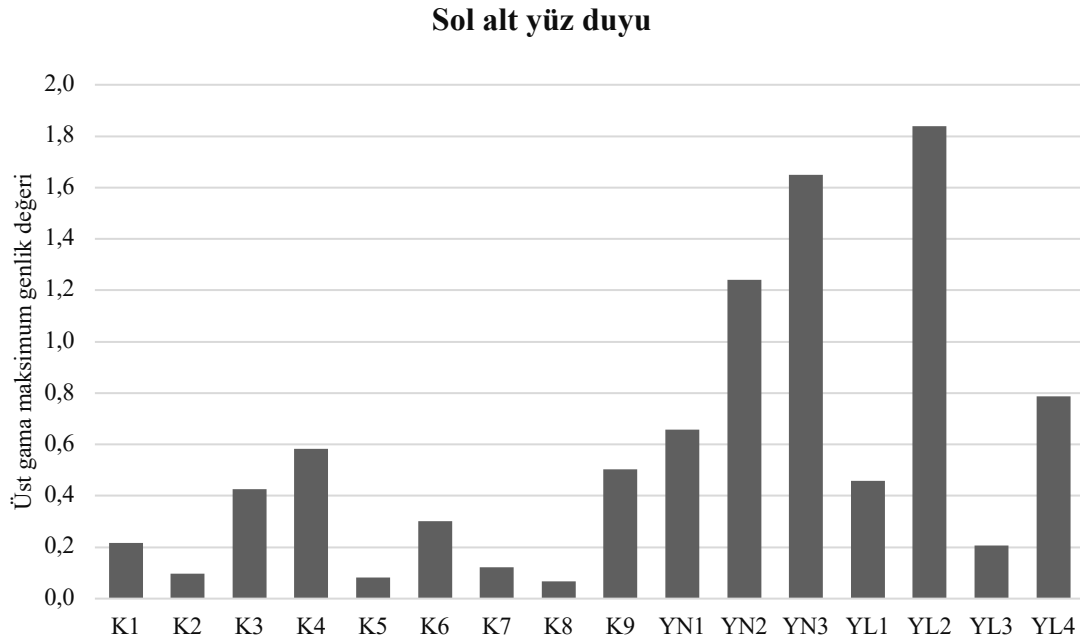
Şekil 6.3. Üst betanın alt gama maksimum genlik değerleri oranları

Sol el duyu üst delta şaşırtıcı şekilde iyileşmeyi yansıtmıştır. Şekil 6.4.'de görüldüğü üzere yüz lezyonlu hastaların hepsinde üst delta maksimum genlik değerlerinin sağlıklı kontrol grubuna göre oldukça yüksek değerlikte olduğu anlaşılmıştır. Burada tüm nakil olmuş hastalarda ise bu değer sağlıklı kontrol gruba yaklaşmıştır ancak yüz lezyonlu hastalardan daha az değerdedir.



Şekil 6.4. Üst delta maksimum genlik değerleri

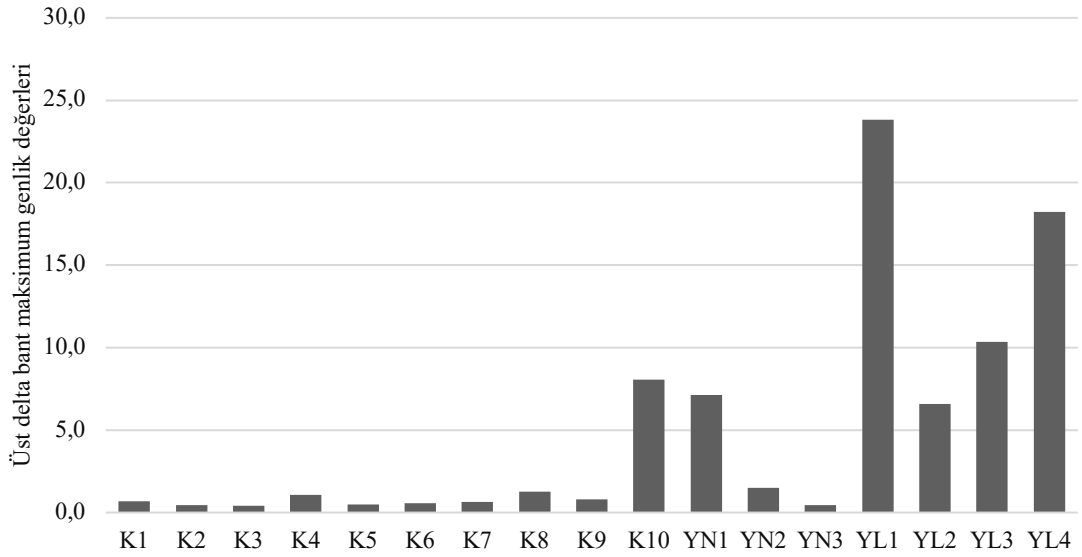
Sol alt yüz uyarısında ise seçicilik gama bandında tespit edilmiştir. Şekil 6.5'te görüldüğü gibi üst gama enerji değerlerinde YL2 ve YL4 hastalarında ve yüz nakil hastalarında yüksek enerji değerleri tespit edilmiştir.



Şekil 6.5. Üst gama maksimum genlik değerleri

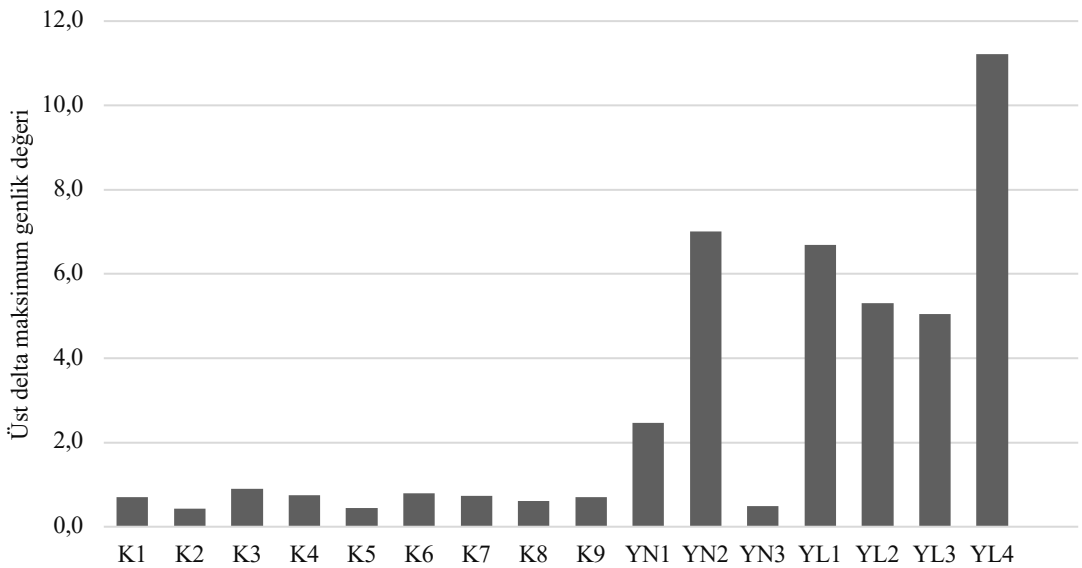
Sol el duyuda çok açık görülen farklılık yine üst delta bandının K10 kontrol deneği dışında iyileşmeyi yansıttığı söylenebilir. Şekil 6.6’ da tüm lezyon hastalarının kontrol grubuna göre yüksek olduğu ve nakil olmuş hastaların ise kontrol grubuna yaklaştığı açıktır. Hatta YN3 yüz nakil hastasının sağlıklı gruba dahil gibi sonuç verdiği görülmüştür. Sol yüz uyaran üst delta da durum çok farklı değildir. Şekil 6.7’ de görüldüğü gibi aynı şekilde nakil adayları olan tam yüz lezyonlu hastalarda yüksek, YN2 hariç diğer nakil hastalarının ise kontrole yaklaştığı açıktır.

Sağ el duyusu



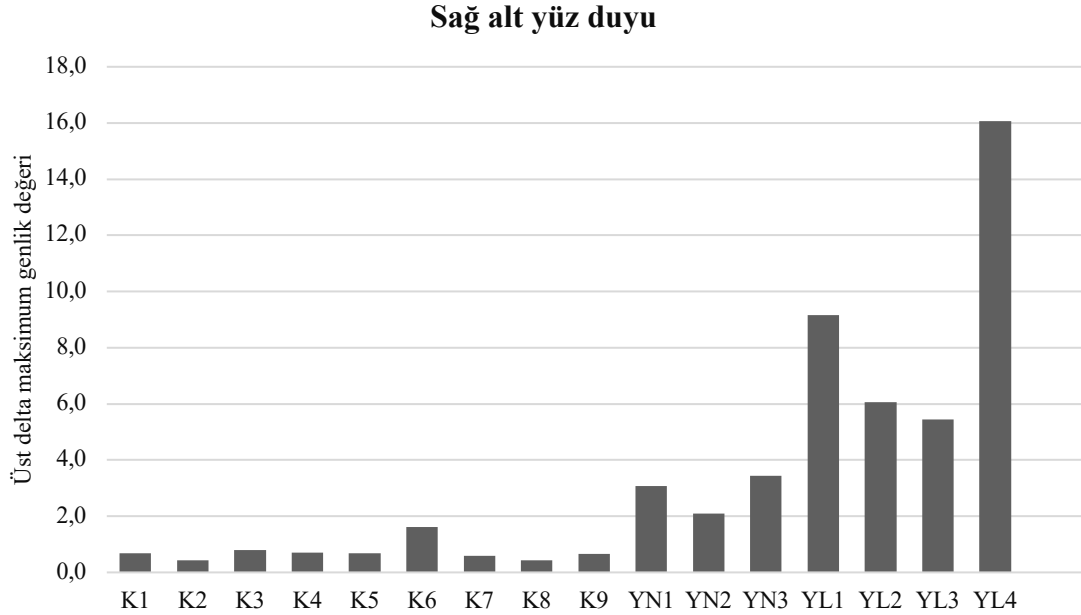
Şekil 6.6. Üst delta bant maksimum genlik değerleri

Sol alt yüz duyusu



Şekil 6.7. Üst delta bant maksimum genlik değeri

Şekil 6.8’de gösterilen sağ alt yüzde durum çok farklı olmamakla birlikte iyileşmeyi yansıtmıştır. Nakil hastalarının kontrol grubu üst delta maksimum genlik değerlerine yaklaştığı ve ameliyat olmamış tam yüz lezyonlu hastaların büyük bir farklılıkla yüksek değerli olması açık bir şekilde göstermiştir.



Şekil 6.8. Üst delta maksimum genlik değerleri

Bu çalışma sonucunda, EEG analizi temelli çalışmalarda genişletilmiş alt bant aktivasyon temelli analizlerin hastalık tipine bağlı daha efektif değerlendirmelere yol açabileceği değerlendirilmiştir. Ayrıca tam yüz lezyonu adayların nakil olması durumunda cerrahi operasyonun başarısını, yapılacak rehabilitasyonun performansını ve bu rehabilitasyonun korteks üzerindeki etkisini değerlendirmede efektif bir elektrofizyolojik veri olduğu ortaya konulmuştur.

7. KAYNAKLAR

- A. T. Tzallas, M. G. Tsipouras, D. I. Fotiadis, 2009. Epileptic Seizure Detection in EEGs Using Time–Frequency Analysis. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine* 13, 703–710.
- Abhang, P., Shashibala, R., Gawali, Dr.B., Pramod, R., 2011. Emotion Recognition Using Speech and EEG Signal A Review. *International Journal of Computer Applications* 15.
- Acharya U., R., Faust, O., Kannathal, N., Chua, T., Laxminarayan, S., 2005. Non-linear analysis of EEG signals at various sleep stages. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 80, 37–45.
- ADRIAN, E.D., MATTHEWS, B.H.C., 1934. The Berger Rhythm: Potential Changes From The Occipital Lobes In Man. *Brain* 57, 355–385.
- Al-Fahoum, A.S., Al-Fraihat, A.A., 2014. Methods of EEG Signal Features Extraction Using Linear Analysis in Frequency and Time-Frequency Domains. *ISRN Neuroscience* 2014, 730218.
- Arı, N., Özen, Ş., Çolak, Ö.H., 2008. Dalgacık Teorisi, 1. Baskı. ed. *Palme Yayıncılık (Akademik)*.
- Assenza, G., Di Lazzaro, V., 2015. A useful electroencephalography (EEG) marker of brain plasticity: delta waves. *Neural Regen Res* 10, 1216–1217.
- Barret, J.P., Gavalda, J., Bueno, J., Nuvials, X., Pont, T., Masnou, N., Colomina, M.J., Serracanta, J., Arno, A., Huguet, P., Collado, J.M., Salamero, P., Moreno, C., Deulofeu, R., Martínez-Ibáñez, V., 2011. Full Face Transplant: The First Case Report. *Annals of Surgery* 254.
- Becker, R.F., 1953. The cerebral cortex of man. By Wilder Penfield and Theodore Rasmussen. The Macmillan Company, New York, N.Y. 1950. 248 pp. *American Journal of Physical Anthropology* 11, 441–444.
- Berger, H., 1929. Über das Elektrenkephalogramm des Menschen. *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten* 87, 527–570.
- Bilge, I., Şavklıyıldız, A., Uysal, H., Dogan, E.A., Simsek, B., Çolak, Ö.H., 2018. Effects of Wavelet Families and Filter Coefficients on EEG Frequency Spectrum. Presented at the MICOPAM 2018.
- Bilgin, S., Çolak, O.H., Koklukaya, E., Arı, N., 2008a. Efficient solution for frequency band decomposition problem using wavelet packet in HRV. *Digital Signal Processing* 18, 892–899.
- Borsook, D., Becerra, L., Fishman, S., Edwards, A., Jennings, C.L., Stojanovic, M., Papinicolous, L., Ramachandran, V.S., Gonzalez, R.G., Breiter, H., 1998. Acute plasticity in the human somatosensory cortex following amputation. *NeuroReport* 9.
- Brain Anatomy | Better Brains for Babies, n.d. URL <https://www.bbbgeorgia.org/brain-anatomy> (accessed 5.25.21).

- Brazier, M.A.B., Cobb, W.A., Fischgold, H., Gastaut, H., Gloor, P., Hess, R., Jasper, H., Loeb, C., Magnus, O., Pampiglione, G., Rémond, A., Storm van Leeuwen, W., Grey Walter, W., 1961. Preliminary proposal for an EEG terminology by the terminology committee of the international federation for electroencephalography and clinical neurophysiology. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 13, 646–650.
- Brodmann, K., 1909. Vergleichende Lokalisationslehre der Großhirnrinde. *Barth, Leipzig*.
- Buonomano, D.V., Merzenich, M.M., 1998. CORTICAL PLASTICITY: From Synapses to Maps. *Annu. Rev. Neurosci.* 21, 149–186.
- Cavadas, P.C., Landin, L., Ibanez, J., 2009. Bilateral Hand Transplantation: Result at 20 Months. *J Hand Surg Eur Vol* 34, 434–443.
- Chen, A., Yao, J., Kuiken, T., Dewald, J.P.A., 2013. Cortical motor activity and reorganization following upper-limb amputation and subsequent targeted reinnervation. *NeuroImage: Clinical* 3, 498–506.
- f the human cerebral cortex. Vol. 1. The cortex of the newborn., The postnatal development of the human cerebral cortex. Vol. 1. The cortex of the newborn. Harvard Univ. Press, Oxford, England.
- Courchesne, E., Pierce, K., 2005. Brain overgrowth in autism during a critical time in development: implications for frontal pyramidal neuron and interneuron development and connectivity. *International Journal of Developmental Neuroscience* 23, 153–170.
- Cvetkovic, D., Übeyli, E.D., Cosic, I., 2008. Wavelet transform feature extraction from human PPG, ECG, and EEG signal responses to ELF PEMF exposures: A pilot study. *Digital Signal Processing* 18, 861–874.
- Devauchelle, B., Badet, L., Lengelé, B., Morelon, E., Testelin, S., Michallet, M., D’Hauthuille, C., Dubernard, J.-M., 2006. First human face allograft: early report. *The Lancet* 368, 203–209.
- Dobkin, B.H., 2007. Curiosity and cure: Translational research strategies for neural repair-mediated rehabilitation. *Developmental Neurobiology* 67, 1133–1147.
- Dubernard, J.-M., Lengelé, B., Morelon, E., Testelin, S., Badet, L., Moure, C., Beziat, J.-L., Dakpé, S., Kanitakis, J., D’Hauthuille, C., El Jaafari, A., Petruzzo, P., Lefrancois, N., Taha, F., Sirigu, A., Di Marco, G., Carmi, E., Bachmann, D., Cremades, S., Giraux, P., Burloux, G., Hequet, O., Parquet, N., Francès, C., Michallet, M., Martin, X., Devauchelle, B., 2007. Outcomes 18 Months after the First Human Partial Face Transplantation. *N Engl J Med* 357, 2451–2460.
- E. Süzen, H. Uysal, A. Şavkliyildiz, Ö. Özkan, Ö. Özkan, E. A. Doğan, B. Şimşek, Ü. D. Uluşar, Ö. Polat, Ö. H. Çolak, 2019. Analysis and Assessment of EEG Beta Activity in Patients with Facial Lesions, in: 2019 Medical Technologies Congress (TIPTEKNO). Presented at the 2019 Medical Technologies Congress (TIPTEKNO), pp. 1–4.
- El-Baba, R.M., Schury, M.P., 2021. Neuroanatomy, Frontal Cortex, in: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).

- Eppler, J., 2010. Architectures for communication between processes and software layers for a simulator for biological neural networks.
- Ferezou, I., Haiss, F., Gentet, L.J., Aronoff, R., Weber, B., Petersen, C.C.H., 2007. Spatiotemporal Dynamics of Cortical Sensorimotor Integration in Behaving Mice. *Neuron* 56, 907–923.
- Goldman-Rakic, P.S., 1987. Development of Cortical Circuitry and Cognitive Function. *Child Development* 58, 601–622. h
- Guo, S., Han, Y., Zhang, X., Lu, B., Yi, C., Zhang, H., Ma, X., Wang, D., Yang, L., Fan, X., Liu, Y., Lu, K., Li, H., 2008. Human facial allotransplantation: a 2-year follow-up study. *The Lancet* 372, 631–638.
- Johansson, R.S., Cole, K.J., 1992. Sensory-motor coordination during grasping and manipulative actions. *Current Opinion in Neurobiology* 2, 815–823.
- Jung, R., Berger, W., 1979. Hans Bergers Entdeckung des Elektrenkephalogramms und seine ersten Befunde 1924–1931. *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten* 227, 279–300.
- Kaas, J.H., 1993. The functional organization of somatosensory cortex in primates. *Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger* 175, 509–518.
- KILOH, L.G., McCOMAS, A.J., OSSELTON, J.W., 1972. CHAPTER 1 - ANATOMY AND PHYSIOLOGY OF THE CEREBRAL CORTEX, in: KILOH, L.G., McCOMAS, A.J., OSSELTON, J.W. (Eds.), *Clinical Electroencephalography (Third Edition)*. Butterworth-Heinemann, pp. 1–20.
- Knecht, S., Henningsen, H., Elbert, T., Flor, H., Höhling, C., Pantev, C., Taub, E., 1996. Reorganizational and perceptual changes after amputation. *Brain* 119, 1213–1219.
- Kurzynski, M., Jaskolska, A., Marusiak, J., Wolczowski, A., Bierut, P., Szumowski, L., Witkowski, J., Kisiel-Sajewicz, K., 2017. Computer-aided training sensorimotor cortex functions in humans before the upper limb transplantation using virtual reality and sensory feedback. *Computers in Biology and Medicine* 87, 311–321.
- Landolt, H.-P., Borbély, A.A., 2001. Age-dependent changes in sleep EEG topography. *Clinical Neurophysiology* 112, 369–377.
- M. Akay, C. Mello, 1997. Wavelets for biomedical signal processing, in: Proceedings of the 19th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. “Magnificent Milestones and Emerging Opportunities in Medical Engineering” (Cat. No.97CH36136). Presented at the Proceedings of the 19th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. “Magnificent Milestones and Emerging Opportunities in Medical Engineering” (Cat. No.97CH36136), pp. 2688–2691 vol.6.
- M. Vetterli, C. Herley, 1992. Wavelets and filter banks: theory and design. *IEEE Transactions on Signal Processing* 40, 2207–2232.
- Makeig, S., Debener, S., Onton, J., Delorme, A., 2004. Mining event-related brain dynamics. *Trends in Cognitive Sciences* 8, 204–210.

- Malmivuo, J., Malmivuo, P. of B. and H. of the R.G.I.J., Plonsey, R., Plonsey, P. of B.E.R., 1995. Bioelectromagnetism: Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields. Oxford University Press.
- Merzenich, M.M., Nelson, R.J., Stryker, M.P., Cynader, M.S., Schoppmann, A., Zook, J.M., 1984. Somatosensory cortical map changes following digit amputation in adult monkeys. *Journal of Comparative Neurology* 224, 591–605.
- Miller, E.K., 2000. The prefrontal cortex and cognitive control. *Nature Reviews Neuroscience* 1, 59–65.
- Milner, B., Petrides, M., 1984. Behavioural effects of frontal-lobe lesions in man. *Trends in Neurosciences* 7, 403–407.
- Miller, E., Cohen, J., 2001. An Integrative Theory of Prefrontal Cortex Function. *Annual review of neuroscience* 24, 167–202.
- Murray, D.M., Boylan, G.B., Ali, I., Ryan, C.A., Murphy, B.P., Connolly, S., 2008. Defining the gap between electrographic seizure burden, clinical expression and staff recognition of neonatal seizures. *Arch Dis Child Fetal Neonatal* Ed 93, F187.
- NOTICES OF RECENT PUBLICATIONS, 1942. *Brain* 65, 339–340.
- Nowack, W.J., 1995. Neocortical Dynamics and Human EEG Rhythms. *Neurology* 45, 1793.
- Nunez, P.L., Harth, E., 1982. Electric Fields of the Brain: The Neurophysics of EEG. *Physics Today* 35, 59–59.
- Öner, İ.V., Yeşilyurt, M.K., Yilmaz, E.Ç., 2017. WAVELET ANALİZ TEKNİĞİ VE UYGULAMA ALANLARI. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 7, 42–56.
- Oostenveld, R., Praamstra, P., 2001. The five percent electrode system for high-resolution EEG and ERP measurements. *Clinical Neurophysiology* 112, 713–719.
- Özkan, Ömer, Özkan, Özlenen, Ubur, M., Hadimioğlu, N., Cengiz, M., Afşar, İ., 2018. Face allotransplantation for various types of facial disfigurements: A series of five cases. *Microsurgery* 38, 834–843.
- Patel, A., Bisio, G.M.N.R., Fowler, J.B., 2021. Neuroanatomy, Temporal Lobe, in: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).
- Penfield, W., Rasmussen, T., 1950. The cerebral cortex of man; a clinical study of localization of function., The cerebral cortex of man; a clinical study of localization of function. Macmillan, Oxford, England.
- Pomahac, B., Pribaz, J.J., Bueno, E.M., Sisk, G.C., Diaz-Siso, J.R., Chandawarkar, A., Westvik, T.S., Malin, E.W., Eriksson, E., 2012. Novel Surgical Technique for Full Face Transplantation. *Plastic and Reconstructive Surgery* 130.
- Pons, T.P., Garraghty, P.E., Ommaya, A.K., Kaas, J.H., Taub, E., Mishkin, M., 1991. Massive Cortical Reorganization After Sensory Deafferentation in Adult Macaques. *Science* 252, 1857–1860.
- Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, 2001. *Neuroscience*. Sunderland.

- Ramachandran, V.S., 1994. Phantom Limbs, Neglect Syndromes, Repressed Memories, and Freudian Psychology, in: Sporns, O., Tononi, G. (Eds.), *International Review of Neurobiology*. Academic Press, pp. 291–333.
- Ramachandran, V.S., 1993. Behavioral and magnetoencephalographic correlates of plasticity in the adult human brain. *Proc Natl Acad Sci U S A* 90, 10413–10420.
- Ramachandran, V.S., Stewart, M., Rogers-Ramachandran, D.C., 1992. Perceptual correlates of massive cortical reorganization. *NeuroReport* 3.
- Recanzone, G.H., Merzenich, M.M., Jenkins, W.M., Grajski, K.A., Dinse, H.R., 1992. Topographic reorganization of the hand representation in cortical area 3b owl monkeys trained in a frequency-discrimination task. *Journal of Neurophysiology* 67, 1031–1056.
- Rehman, A., Al Khalili, Y., 2021. Neuroanatomy, Occipital Lobe, in: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).
- Rijntjes, M., Tegenthoff, M., Liepert, J., Leonhardt, G., Kotterba, S., Müller, S., Kiebel, S., Malin, J.-P., Diener, H.-C., Weiller, C., 1997. Cortical reorganization in patients with facial palsy. *Annals of Neurology* 41, 621–630.
- Romo Vázquez, R., Vélez-Pérez, H., Ranta, R., Louis Dorr, V., Maquin, D., Maillard, L., 2012. Blind source separation, wavelet denoising and discriminant analysis for EEG artefacts and noise cancelling. *Biomedical Signal Processing and Control* 7, 389–400.
- Ronzhina, M., Janoušek, O., Kolářová, J., Nováková, M., Honzík, P., Provazník, I., 2012. Sleep scoring using artificial neural networks. *Sleep Medicine Reviews* 16, 251–263.
- Sak, Ö.F., Beyen, K., 2019. Yapıların Zaman-Frekans Ortamında Dalgacık Dönüşümü Metoduyla Hasar Analizleri. *Teknik Dergi* 30, 8835–8860.
- Sanei, S., Chambers, J.A., 2013. EEG Signal Processing. John Wiley & Sons.
- Satz, A., 2010. “The Conviction of its Existence”: Silas Weir Mitchell, Phantom Limbs and Phantom Bodies in Neurology and Spiritualism, in: Salisbury, L., Shail, A. (Eds.), *Neurology and Modernity: A Cultural History of Nervous Systems, 1800–1950*. Palgrave Macmillan UK, London, pp. 113–129.
- Siemionow, M., Sonmez, E., 2008. Face as an Organ. *Annals of Plastic Surgery* 61.
- Siemionow, V., 2011. Functional EEG Assessment of Face Transplantation, in: Siemionow, M.Z. (Ed.), *The Know-How of Face Transplantation*. Springer London, London, pp. 213–223.
- Strobbe, G., 2015. Advanced forward models for EEG source imaging.
- Subha, D.P., Joseph, P.K., Acharya U, R., Lim, C.M., 2010. EEG Signal Analysis: A Survey. *Journal of Medical Systems* 34, 195–212.
- Tatum, W.O., Husain, A.M., Benbadis, S.R., Kaplan, P.W., 2006. Normal Adult EEG and Patterns of Uncertain Significance: *Journal of Clinical Neurophysiology* 23, 194–207.

- Topçu, Ç., Uysal, H., Özkan, Ömer, Özkan, Özlenen, Polat, Ö., Bedeloğlu, M., Akgül, A., Döğer, E.N., Sever, R., Barçın, N.E., Tombak, K., Çolak, Ö.H., 2017. Assessment of Emotional Expressions after Full-Face Transplantation. *Neural Plasticity* 2017, 1–7.
- Topçu, Ç., Uysal, H., Özkan, Ömer, Özkan, Özlenen, Polat, Ö., Bedeloğlu, M., Akgül, A., Döğer, E.N., Sever, R., Çolak, Ö.H., 2018. Recovery of facial expressions using functional electrical stimulation after full-face transplantation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 15, 15.
- Uhlhaas, P.J., Singer, W., 2006. Neural Synchrony in Brain Disorders: Relevance for Cognitive Dysfunctions and Pathophysiology. *Neuron* 52, 155–168.
- Uysal, H., Özkan, Özlenen, Barçın, E., Şenol, U., Tombak, K., Özkan, Ömer, 2016. Referred facial sensation on the hand after full face transplantation. *Neurology* 86, 836–839.
- van Albada, S.J., Robinson, P.A., 2013. Relationships between Electroencephalographic Spectral Peaks Across Frequency Bands. *Front Hum Neurosci* 7, 56–56.
- Van Cott, A.C., 2002. Epilepsy and EEG in the tElderly. *Epilepsia* 43, 94–102.
- Vargas, C.D., Sirigu, A., 2011. Brain Plasticity After Hand and Face Allotransplantation, in: Siemionow, M.Z. (Ed.), *The Know-How of Face Transplantation*. Springer London, London, pp. 207–212.
- Wall, P.D., Wolstencroft, J.H., Barlow, H.B., Gaze, R.M., 1977. The presence of ineffective synapses and the circumstances which unmask them. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences* 278, 361–372.
- Wavelet Toolbox User's Guide, n.d. 153.

8. EKLER

Çizelge 8.1. Sağ el alt alfa ve üst alfa maksimum genlik değerleri (μV^2)

Kişiler	Alfa alt bant maksimum genlik değeri (μV^2)	Alfa üst bant maksimum genlik değeri (μV^2)
K1	13,8286	7,06875
K2	0,548303	0,686568
K3	0,73993	0,38799
K4	3,67669	3,26364
K5	7,19693	3,05817
K6	6,17672	1,00489
K7	5,26598	0,910603
K8	4,60106	1,83287
K9	3,4088	1,57974
K10	10,9263	5,19557
YL1	21,7686	9,36817
YL2	21,2635	17,3419
YL3	2,09158	1,58523
YL4	2,32567	1,64677

Çizelge 8.2. Sol el alt alfa ve üst alfa maksimum genlik değerleri (μV^2)

Kişiler	Alfa alt bant maksimum genlik değeri (μV^2)	Alfa üst bant maksimum genlik değeri (μV^2)
K1	14,3594	7,01836
K2	0,65007	0,463787
K3	1,02031	0,388193
K4	2,70918	3,79794
K5	9,60533	4,51738
K6	2,69868	8,31811
K7	4,48587	0,923005
K8	5,3105	1,75756
K9	3,70164	1,31475
K10	7,87213	5,64741
YL1	27,8128	11,2459
YL2	21,6337	18,9111
YL3	1,37939	1,18607
YL4	4,51733	3,93522

Çizelge 8.3. Sol el beta alfa ve üst beta maksimum genlik değerleri (μV^2)

Kişiler	Beta alt bant maksimum genlik değeri (μV^2)	Beta üst bant maksimum genlik değeri (μV^2)
K1	1,00098	0,712546
K2	0,718895	0,324362
K3	0,178562	0,208139
K4	1,85963	0,484056
K5	0,636405	0,429764
K6	2,48097	0,459876
K7	1,34063	0,484197
K8	0,325385	1,01827
K9	1,08336	0,583478
K10	2,4475	2,95578
YL1	0,81885	1,77356
YL2	1,50519	1,47028
YL3	0,649164	0,394382
YL4	0,960812	0,554967

Çizelge 8.4. Sağ el alt delta ve üst delta maksimum genlik değerleri (μV^2)

Kişiler	Delta alt bant maksimum genlik değeri (μV^2)	Delta üst bant maksimum genlik değeri (μV^2)
K1	0,496041	0,676244
K2	0,439867	0,454196
K3	0,469662	0,397354
K4	1,13288	1,06374
K5	0,375839	0,503591
K6	0,519268	0,556571
K7	0,712167	0,635701
K8	1,27418	1,27418
K9	0,82074	0,789222
K10	8,54731	8,05447
YL1	335,418	23,8376
YL2	303,045	6,58015
YL3	248,77	10,3527
YL4	136,481	18,2295

Çizelge 8.5. Sol el delta alfa ve üst delta maksimum genlik değerleri (μV^2)

Kişiler	Delta alt bant maksimum genlik değeri (μV^2)	Delta üst bant maksimum genlik değeri (μV^2)
K1	0,654427	0,753769
K2	0,548975	0,528356
K3	0,696087	0,614754
K4	0,647766	0,627404
K5	3,12544	0,735796
K6	0,712589	0,545641
K7	0,58635	0,665159
K8	1,64073	1,64073
K9	0,960302	0,928848
K10	5,94441	6,25914
YL1	187,581	11,1865
YL2	675,715	7,18694
YL3	1823,8	12,4913
YL4	343,249	11,5319

Çizelge 8.6. Sol el teta alfa ve üst teta maksimum genlik değerleri (μV^2)

Kişiler	Teta alt bant maksimum genlik değeri (μV^2)	Teta üst bant maksimum genlik değeri (μV^2)
K1	0,654427	0,753769
K2	0,548975	0,528356
K3	0,696087	0,614754
K4	0,647766	0,627404
K5	3,12544	0,735796
K6	0,712589	0,545641
K7	0,58635	0,665159
K8	1,64073	1,64073
K9	0,960302	0,928848
K10	5,94441	6,25914
YL1	187,581	11,1865
YL2	675,715	7,18694
YL3	1823,8	12,4913
YL4	343,249	11,5319

Çizelge 8.7. Sol el gama alfa ve üst gama maksimum genlik değerleri (μV^2)

Kişiler	Gama alt bant maksimum genlik değeri (μV^2)	Gama üst bant maksimum genlik değeri (μV^2)
K1	0,654427	0,753769
K2	0,548975	0,528356
K3	0,696087	0,614754
K4	0,647766	0,627404
K5	3,12544	0,735796
K6	0,712589	0,545641
K7	0,58635	0,665159
K8	1,64073	1,64073
K9	0,960302	0,928848
K10	5,94441	6,25914
YL1	187,581	11,1865
YL2	675,715	7,18694
YL3	1823,8	12,4913
YL4	343,249	11,5319

Çizelge 8.8. Sağ alt yüz alt alfa ve üst alfa maksimum genlik değerleri (μV^2)

Kişiler	Alfa alt bant maksimum genlik değeri (μV^2)	Alfa üst bant maksimum genlik değeri (μV^2)
K1	13,6242	6,12788
K2	0,762647	0,472037
K3	1,13319	0,59047
K4	3,29129	3,57773
K5	9,21196	2,64599
K6	1,95941	13,2116
K7	4,42926	0,785034
K8	2,75993	1,0936
K9	2,97633	1,71826
K10	16,8294	11,54
YL1	21,0638	7,70344
YL2	23,2011	15,3215
YL3	1,37737	1,22617
YL4	3,26845	2,52488

Çizelge 8.9. Sağ alt yüz alt delta ve üst delta maksimum genlik değerleri (μV^2)

Kişiler	Delta alt bant maksimum genlik değeri (μV^2)	Delta üst bant maksimum genlik değeri (μV^2)
K1	0,543293	0,683277
K2	0,438496	0,440686
K3	0,926519	0,794193
K4	0,671911	0,708767
K5	0,677503	0,677503
K6	3,26126	1,60814
K7	0,590479	0,587064
K8	0,436614	0,438258
K9	0,606471	0,657174
K10	10,4272	16,1801
YL1	2714,02	9,16683
YL2	1013,51	6,06515
YL3	363,889	5,44594
YL4	209,212	16,0758

Çizelge 8.10. Sağ alt yüz alt teta ve üst teta maksimum genlik değerleri (μV^2)

Kişiler	Teta alt bant maksimum genlik değeri (μV^2)	Teta üst bant maksimum genlik değeri (μV^2)
K1	0,702382	10,2964
K2	0,54154	0,762647
K3	0,567089	0,945563
K4	0,731886	2,38571
K5	0,776297	7,94511
K6	1,22334	1,77867
K7	1,12282	4,42926
K8	0,356516	2,52318
K9	0,548971	2,30726
K10	17,4876	15,7055
YL1	1,89565	16,2704
YL2	1,04493	22,1834
YL3	1,41638	1,23023
YL4	2,82149	3,08524

Çizelge 8.11. Sağ alt yüz alt gama ve üst gama maksimum genlik değerleri (μV^2)

Kişiler	Gama alt bant maksimum genlik değeri (μV^2)	Gama üst bant maksimum genlik değeri (μV^2)
K1	0,44	0,28
K2	0,17	0,18
K3	0,10	0,09
K4	1,11	0,14
K5	0,32	0,10
K6	0,15	0,11
K7	0,17	0,15
K8	0,23	0,07
K9	0,71	0,82
K10	3,16	1,80
YL1	0,29	0,24
YL2	1,93	2,22
YL3	0,14	0,14
YL4	0,73	0,83

Çizelge 8.12. Sol alt yüz alt alfa ve üst alfa maksimum genlik değerleri (μV^2)

Kişiler	Alfa alt bant maksimum genlik değeri (μV^2)	Alfa üst bant maksimum genlik değeri (μV^2)
K1	13,3308	5,18572
K2	0,521464	0,592295
K3	1,4344	0,804738
K4	7,42059	1,76775
K5	5,02349	1,91836
K6	2,39467	10,3769
K7	5,82995	0,845802
K8	5,76066	1,87564
K9	3,47831	1,0526
K10	12,2386	12,3966
YL1	20,9045	9,0574
YL2	25,4444	17,6542
YL3	1,40193	1,35556
YL4	2,64934	1,75809

Çizelge 8.13. Sol alt yüz alt beta ve üst beta maksimum genlik değerleri (μV^2)

Kişiler	Beta alt bant maksimum genlik değeri (μV^2)	Beta üst bant maksimum genlik değeri (μV^2)
K1	0,696842	0,540816
K2	0,655961	0,257324
K3	0,263388	0,292962
K4	5,07761	0,596327
K5	0,339365	0,234447
K6	4,57863	0,855434
K7	1,22712	0,368576
K8	0,350458	0,287787
K9	0,606946	0,483374
K10	6,96693	6,36378
YL1	0,789063	1,19335
YL2	1,49534	1,87111
YL3	0,523035	0,364832
YL4	0,992711	0,745091

Çizelge 8.14. Sol alt yüz alt delta ve üst delta maksimum genlik değerleri (μV^2)

Kişiler	Delta alt bant maksimum genlik değeri (μV^2)	Delta üst bant maksimum genlik değeri (μV^2)
K1	0,649347	0,702778
K2	0,383511	0,433789
K3	1,1977	0,89876
K4	0,744474	0,740488
K5	0,439058	0,439058
K6	0,808541	0,792144
K7	0,723397	0,732351
K8	0,616627	0,616627
K9	0,666251	0,708887
K10	16,4412	16,0904
YL1	1500,78	6,68581
YL2	724,671	5,31295
YL3	854,689	5,05003
YL4	247,683	11,2175

Çizelge 8.15. Sol alt yüz alt teta ve üst teta maksimum genlik değerleri (μV^2)

Kişiler	Teta alt bant maksimum genlik değeri (μV^2)	Teta üst bant maksimum genlik değeri (μV^2)
K1	0,771084	11,1136
K2	0,463727	0,521464
K3	0,625332	1,08283
K4	2,91371	7,42059
K5	0,64466	4,29366
K6	0,72892	2,02071
K7	1,02732	5,75867
K8	0,455991	5,02966
K9	0,591118	3,28181
K10	13,57	11,9441
YL1	1,68654	14,7982
YL2	1,24752	24,3261
YL3	1,26958	1,18901
YL4	2,59779	2,21374

Çizelge 8.16. Sol alt yüz alt gama ve üst gama maksimum genlik değerleri (μV^2)

Kişiler	Gama alt bant maksimum genlik değeri (μV^2)	Gama üst bant maksimum genlik değeri (μV^2)
K1	0,482504	0,216638
K2	0,1013	0,0980517
K3	0,373899	0,426784
K4	0,583709	0,583709
K5	0,390106	0,0821893
K6	0,559724	0,302481
K7	0,13519	0,121413
K8	0,181708	0,0673941
K9	0,527159	0,502068
K10	3,34114	1,94239
YL1	0,455788	0,459114
YL2	1,96949	1,83828
YL3	0,156056	0,205557
YL4	0,769545	0,786205

Çizelge 8.17. Sağ el alt teta ve üst teta maksimum genlik değerleri (μV^2)

Kişiler	Teta alt bant maksimum genlik değeri (μV^2)	Teta üst bant maksimum genlik değeri (μV^2)
K1	0,722843	11,8337
K2	0,529682	0,476955
K3	0,30492	0,623013
K4	0,548831	2,93045
K5	0,636401	4,98443
K6	1,71889	6,17672
K7	1,17468	5,26598
K8	0,370133	3,98898
K9	0,591907	2,91337
K10	7,471	10,1192
YL1	3,08937	14,4806
YL2	1,03493	20,3916
YL3	2,15936	1,79368
YL4	3,26198	2,05649

ÖZGEÇMİŞ

ESRA SÜZEN

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2018- 2021	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans 2011-2017	Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği, Isparta