



T.C.

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SAĞLIKLI BİREYLERDE TRANSKUTANÖZ ELEKTRİKSEL  
SİNİR STİMÜLASYONU' NUN EEG ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

EBRU YILDIRIM

FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON  
ANABİLİM DALI

DANIŞMAN  
Prof. Dr. BAHAR GÜNTEKİN

İSTANBUL – 2017

## TEZ ONAY FORMU

Kurum : İstanbul Medipol Üniversitesi  
Programın Seviyesi : Yüksek Lisans (X) Doktora ( )  
Anabilim Dalı : Fizyoterapi ve Rehabilitasyon  
Tez Sahibi : Ebru YILDIRIM  
Tez Başlığı : Sağlıklı Bireylerde Transkutanöz Elektriksel Sinir  
Stimülasyonunun EEG Üzerindeki Etkisi  
Sınav Yeri : İstanbul Medipol Üniversitesi Kavacık Yerleşkesi  
Sınav Tarihi : 02.08.2017

Tez tarafımızdan okunmuş, kapsam ve nitelik yönünden Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

### Danışman

Prof.Dr. Bahar GÜNTEKİN

### Kurumu

İstanbul Medipol Üniversitesi

### İmza

B. Güntekin

### Sınav Jüri Üyeleri

Prof.Dr. Candan ALGUN

İstanbul Medipol Üniversitesi

Yrd.Doç.Dr. Aysel YILDIZ

Marmara Üniversitesi

A. Alguna  
A. Yıldız

Yukarıdaki jüri kararıyla kabul edilen bu Yüksek Lisans tezi, Enstitü Yönetim Kurulu'nun .15./08./2017. tarih ve .2017.../...24.. - ...09.. sayılı kararı ile şekil yönünden Tez Yazım Kılavuzuna uygun olduğu onaylanmıştır.

Prof.Dr. Nesrin EMEKLİ

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü



## BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içerisinde elde ettiğimi, bu tez çalışması ile elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Ebru YILDIRIM



## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezim vasıtasıyla tanıştığımız ve devam eden süreçte ekibine girip projesinde çalışma fırsatı bulduğum, bir bilim insanının nasıl olması gerektiği konusunda örnek olan, tezimin her aşamasında bana destek olan ve inanan değerli tez danışmanım Prof. Dr. Bahar GÜNTEKİN' e sonsuz müteşekkirim.

Lisans ve yüksek lisans dönemim boyunca engin bilgi dağarcığından faydalandığım, farklı alanlara yönelmem konusunda tavsiyelerde bulunan ve akademik kimliğiyle örnek bir davranış sergileyen, lisans dönemim süresince yapmış olduğum çalışmalar için beni cesaretlendiren ve bana destek olan değerli hocam Prof. Dr. Z. Candan ALGUN' a teşekkürü borç bilirim.

Yüksek lisans eğitimim süresince nörolojik rehabilitasyon alanında gerek klinik gerek ise akademik bilgilerini bize aktaran ve tezim aşamasında bana destek olan değerli hocam Prof. Dr. Fatma KARANTAY MUTLUAY' a teşekkürü borç bilirim.

Lisans dönemimde bilgilerinden faydalandığım, tezim konusunda sorduğum sorulara içtenlikle cevap veren ve aynı laboratuarda çalışma fırsatı bulduğum değerli hocam Miray BUDAK' a; tezimle ilgili uygulama ve analizleri öğrenmem konusunda yardımlarını esirgemeyen ve aynı ekipte yer aldığımız Tuba AKTÜRK, Dilan GÜNER ve Ece RUŞEN' e teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde emeği olan, eğitim hayatım boyunca her zaman yanımda olan, bana her türlü destek olan ve inanan sevgili babam Mahmut YILDIRIM' a ve annem Kadriye YILDIRIM' a sonsuz teşekkürler.

Son olarak bugünlere gelmemi görmek isteyip bana yaşamı boyunca her türlü destek olan ve üzerimde çok emeği olan merhum amcam Emin YILDIRIM' a sonsuz minnettarım.

EBRU YILDIRIM

İstanbul, 2017

# İÇİNDEKİLER

<b>TEZ ONAY FORMU</b> .....	<b>i</b>
<b>BEYAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ŞEKİL VE TABLOLAR LİSTESİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. ÖZET</b> .....	<b>1</b>
<b>2. ABSTRACT</b> .....	<b>2</b>
<b>3. GİRİŞ VE AMAÇ</b> .....	<b>3</b>
<b>4. GENEL BİLGİLER</b> .....	<b>5</b>
4.1. TENS (Transkutanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonu) .....	5
4.1.1. Tanımı .....	5
4.1.2. Tarihçesi.....	5
4.1.3. Kapı- kontrol teorisi.....	5
4.1.4. Etki mekanizmaları .....	6
4.1.5. TENS parametreleri .....	8
4.1.6. TENS çeşitleri.....	8
4.1.7. TENS cihazı ve ekipman .....	9
4.1.7.1. TENS cihazı .....	9
4.1.7.2. Ara kablolar.....	9
4.1.7.3. Elektrotlar.....	10
4.1.8. TENS uygulaması .....	10
4.1.8.1. Uygulama alanı .....	10
4.1.8.2. Elektrot yerleşimi .....	10
4.1.8.3. Cildin temizlenmesi .....	10
4.1.9. TENS endikasyonları .....	11
4.1.10. TENS kontraendikasyonları.....	11
4.2. EEG (Elektroensefalogram) .....	11
4.2.1. EEG osilasyonları .....	12
4.2.1.1. Delta .....	12
4.2.1.2. Teta.....	13
4.2.1.3. Alfa.....	13
4.2.1.4. Beta .....	14
4.2.1.5. Gama .....	15

4.2.2. Artefakt .....	15
4.2.3. Analiz yöntemleri .....	17
4.2.3.1. Güç spektrum analizi.....	17
4.3. Yaşlanma .....	18
4.3.1. Yaşlılığın epidemiyolojisi.....	18
4.3.2. Yaşlanma ile birlikte görülen değişiklikler.....	19
4.3.2.1. Sinir sistemindeki değişiklikler.....	19
4.3.2.2. Deride görülen değişiklikler.....	19
<b>5. MATERYAL VE METOT .....</b>	<b>20</b>
5.1. Araştırmanın Yeri ve Zamanı.....	20
5.2. Araştırmanın Örnekleme.....	20
5.3. Araştırmaya Dahil Edilme ve Dışlanma Kriterleri.....	21
5.3.1. Sağlıklı gençlerin dahil edilme ve dışlanma kriterleri .....	21
5.3.2. Sağlıklı yaşlıların dahil edilme ve dışlanma kriterleri .....	21
5.4. Veri Toplama Araçları.....	22
5.4.1. TENS uygulaması .....	22
5.4.1.1. Uygulama bölgesi .....	22
5.4.1.2. Teknik özellikler .....	22
5.4.1.3. Akım şiddeti .....	22
5.4.1.4. Uygulama şekli ve süresi .....	22
5.4.2. Elektrofizyolojik ölçümler .....	23
5.4.2.1. Teknik özellikler .....	23
5.4.2.2. Hazırlık.....	23
5.4.2.3. EEG kaydı .....	24
5.5. Verilerin Değerlendirilmesi.....	25
5.5.1. EEG verilerinin gürültüden temizlenme işlemleri .....	25
5.5.3. Güç spektrum analizi .....	25
5.5.4. İstatistiksel analiz.....	26
5.7. Araştırmanın Sınırlılıkları .....	26
<b>6. BULGULAR .....</b>	<b>27</b>
6.1. Maksimum Genlik Ölçümleri.....	27
6.1.1. Grup içi istatistiksel analizler .....	27
6.1.1.1. Sağlıklı genç grubu istatistiksel analiz sonuçları .....	27
6.1.1.2. Sağlıklı yaşlı grubu istatistiksel analiz sonuçları .....	32

6.1.2. Gruplar arası istatistiksel analizler.....	36
6.2. Akım Şiddeti Değerlerinin Sonuçları .....	40
<b>7. TARTIŞMA .....</b>	<b>42</b>
7.1. Alfa Aktivitesinin Fonksiyonel Anlamı .....	43
<b>8. SONUÇ.....</b>	<b>47</b>
<b>9. KAYNAKLAR .....</b>	<b>48</b>
<b>10. EKLER.....</b>	<b>54</b>
<b>11. ETİK KURUL ONAYI.....</b>	<b>57</b>
<b>12. ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>60</b>



## KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

ANOVA: Analysis of Variance

EEG: Elektroensefalogram

FFT: Fast Fourier Transform/ Hızlı Fourier Dönüşümü

FMS: Fibromiyalji Sendromu

NRM: Nucleus Raphe Magnus

PAG: Periaquaduktal Gri Madde

RVM: Rostral Ventral Medulla

SG: Substantia Gelatinosa

T hücreleri: Transmisyon hücreleri

TENS: Transkutanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonu

TÜİK: Türkiye İstatistik Kurumu

WHO: Dünya Sağlık Örgütü

Cm: Santimetre

Hz: Hertz

$\mu$ s: Mikrosaniye

Kg: Kilogram

k $\Omega$ : Kilo ohm

mA: Miliamper

Ort: Ortalama

SS: Standart Sapma



## ŞEKİL VE TABLOLAR LİSTESİ

Şekil 4.1. Delta dalgası

Şekil 4.2. Teta dalgası

Şekil 4.3. Alfa dalgası

Şekil 4.4. Beta dalgası

Şekil 4.5. Gama dalgası

Şekil 4.6. F3 elektrotunda görülen göz artefaktı

Şekil 4.7. TP7 elektrotunda görülen elektrot artefaktı

Şekil 4.8. F7 elektrotunda görülen kas artefaktı

Şekil 4.9. Gözler kapalı spontan EEG güç spektrumu

Şekil 6.1. Sağlıklı Genç grubunda gözler açık koşulunda O2 elektrotunda alfa dalgalarının akım şiddetlerine göre büyük ortalaması

Şekil 6.2. Sağlıklı Genç grubunda maksimum alfa değerlerinin lokasyona göre farkları

Şekil 6.3. Alfa dalgalarının lokasyonlara göre hemisfer farkı

Şekil 6.4. Sağlıklı Yaşlı grubunda gözler kapalı koşulunda O2 elektrotunda alfa dalgalarının akım şiddetlerine göre büyük ortalaması

Şekil 6.5. Maksimum alfa genliklerinin gözler açık gözler kapalı farkı

Şekil 6.6.A. Lokasyonlara göre gözler açık spontan EEG alfa frekans değerleri

Şekil 6.6.B. Lokasyonlara göre gözler kapalı spontan EEG alfa frekans değerleri

Şekil 6.7. Gruplara göre maksimum alfa genlik değerleri

Şekil 6.8.A. Sağlıklı Genç grubu gözler kapalı koşulunda O1 elektrotundaki spontan EEG alfa aktivitesinin haritalama analizi

Şekil 6.8.B. Sağlıklı Genç grubu gözler kapalı koşulunda O1 elektrotunda maksimum düzeyde TENS uygulaması ile görülen alfa aktivitesinin haritalama analizi

**Şekil 6.8.C.** Sağlıklı Yaşlı grubu gözler kapalı koşulunda O1 elektrotundaki spontan EEG alfa aktivitesinin haritalama analizi

**Şekil 6.8.D.** Sağlıklı Yaşlı grubu gözler kapalı koşulunda O1 elektrotunda maksimum düzeyde TENS uygulaması ile görülen alfa aktivitesinin haritalama analizi

**Şekil 6.9.** Maksimum alfa genlik değerlerinin lokasyon grup farkı

**Şekil 6.10.** Farklı akım şiddetlerine göre grup farkı

**Şekil 6.11.** Akım şiddeti değerlerinin grup farkı



**Tablo 5.1.** Katılımcıların demografik özellikleri

**Tablo 6.1.** Sağlıklı Genç grubunda grup içi faktörlere göre istatistiksel anlamlılık düzeyleri

**Tablo 6.2.** Sağlıklı Yaşlı grubunda grup içi faktörlere göre istatistiksel anlamlılık düzeyleri

**Tablo 6.3.** Gruplar arası faktörlere göre istatistiksel anlamlılık düzeyleri

**Tablo 6.4.** Gruplara göre akım şiddeti değerleri

**Resim 4.1.** Çalışmamızda kullandığımız TENS cihazı

**Resim 5.1.** Çalışmamıza alınan yaşlı katılımcının EEG çekimi



## 1. ÖZET

### SAĞLIKLI BİREYLERDE TRANSKUTANÖZ ELEKTRİKSEL SINIR STİMÜLASYONU' NUN EEG ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Çalışmamızın amacı sağlıklı yaşlı ve sağlıklı genç bireylerde TENS uygulamasının EEG üzerindeki etkisini araştırmaktır. Bu amaç doğrultusunda beyinde ortaya çıkan aktiviteleri değerlendiren güç spektrum analizi hesaplanmış ve TENS ile ilişkisi değerlendirilmiştir. Çalışmamıza kognitif ve duysal açıdan normal olan 15 (ortalama yaş: 24,2) sağlıklı genç ve 10 (ortalama yaş: 63,6) sağlıklı yaşlı birey alınmıştır. Çalışmamıza alınan katılımcıların TENS uygulaması sırasında EEG kayıtları alınmıştır. EEG kayıtlaması için elektrotlar 10-20 sistemine göre yerleştirilmiştir. Her iki grubun gözler açık-gözler kapalı olarak spontan EEG kaydı alınmıştır. Alınan genel ortalamalarda her iki grupta da alfa aktivitesinde değişim gözleendiğinden alfa aktivitesinin güç spektrum analizleri yapılmış ve maksimum genlik değerleri ölçülmüştür. Ayrıca her iki gruptaki kişilerin TENS akımını algıladıkları akım şiddeti değerleri ölçülmüştür. Sağlıklı gençlerde TENS uygulaması ile alfa aktivitesinin arttığı görülmüştür. Ayrıca akım şiddetinin artırılmasıyla alfa aktivitesinin dereceli olarak arttığı ( $p=0.046$ ) tespit edilmiştir. Sağlıklı yaşlılarda gözler kapalıyken görülen alfa aktivitesinin gözler açıkken görülen alfa aktivitesinden yüksek olduğu ( $p=0.038$ ) görülmüştür. Sağlıklı gençlerde oksipital ve parietal bölgelerde açığa çıkan alfa aktivitelerinin sağlıklı yaşlılardan yüksek olduğu ( $p=0.045$ ) gruplar arası fark açısından anlamlı bulunmuştur. Sağlıklı yaşlıların algıladıkları orta ve yüksek şiddetli akım değerlerinin sağlıklı gençlerden yüksek olduğu ( $p=0.027$ ) görülmüştür. Sonuç olarak TENS uygulaması gençlerde EEG' de alfa aktivitesini temsil eder ve en belirgin oksipital bölgeyi etkiler. Gençlerde alfa aktivitesi yaşlılardan yüksektir. Çalışmamız sağlıklı kişilerde TENS' in etkisini spontan EEG ile inceleyen ilk çalışma olması bakımından önemlidir. Açığa çıkan bu sonuçlar literatürde sağlıklı gençlerde ve sağlıklı yaşlı grupta bir standardizasyon oluşturması bakımından önemlidir. Sağlıklı kişilerde açığa çıkan bu bulgular özellikle duyu kaybı olmak üzere farklı patolojilerin duyu değerlendirmelerinde objektif bir değerlendirme olarak kullanılabilir.

**Anahtar Sözcükler:** TENS, EEG, Güç Spektrumu Analizi, Spontan EEG, Alfa

## **2. ABSTRACT**

### **THE EFFECT OF TRANSCUTANEOUS ELECTRICAL NERVOUS STIMULATION ON EEG IN HEALTHY INDIVIDUALS**

The aim of our study was to investigate the effect of TENS application on spontaneous EEG in healthy elderly and healthy young subjects. For this aim, EEG power spectrum analysis was performed and the relation between EEG power spectrum and TENS application was evaluated. 15 (mean age: 24,2) healthy young and 10 (mean age: 63,6) healthy elderly subjects were included in the study. EEG was recorded from 32 electrodes with standard 10-20 system during application of TENS. EEG of each group were recorded during eyes open and eyes closed conditions. The observation of grand averages indicated the most significant results in the alpha frequency band. Accordingly, power spectrum analysis of alpha activity was performed and the maximum amplitude values were analyzed. Furthermore the minimum and maximum, TENS current intensity values of each person were measured. The results of our study showed that alpha activity was increased by TENS application in healthy young adults. There were a gradual increase of alpha activity with increasing TENS current intensity ( $p=0.046$ ). However the gradual increase of alpha activity with increased current intensity was not the case for healthy elderly subjects. In healthy elderly, the alpha activity was higher during eyes closed condition in comparison to eyes open condition ( $p=0.038$ ). Significant differences were found between the groups, alpha activity of young subjects were higher than the elderly subjects especially over occipital and parietal regions ( $p=0.045$ ). Healthy elderly subjects had higher values of mean and maximum TENS intensity currents than healthy young subjects ( $p=0.027$ ). In conclusion, application of TENS was represented with increased alpha activity in young healthy subjects. To our knowledge the present study is one of the first studies which examine the effect of TENS on spontaneous EEG in healthy young and elderly subjects. These results may be important in finding a general standardization of TENS application during EEG recordings. Results of the present study obtained by investigation of healthy controls maybe used as a standard in examination of different pathologies which could have sensory impairments.

**Key Words:** TENS, EEG, Power Spectrum Analysis, Spontaneous EEG, Alpha

### 3. GİRİŞ VE AMAÇ

TENS; fizyoterapi ve rehabilitasyonda ağrı için kullanılan non-farmakolojik ve non-invasiv bir tedavi yöntemidir (1). Ağrıyı azaltmada kullanılan diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında göreceli olarak daha ucuz ve güvenlidir (2). Aristoteles' in ilk yazılı belgelerinden ağrıyı hafifletmek için binlerce yıldır elektriğin kullanımı bilinmektedir (3). TENS' in ağrıyı hafifletmedeki mekanizması kesin olarak bilinmemekle birlikte birkaç teori öne sürülmüştür. Bunlardan ilki ağrının "kapı kontrol teorisi" dir Melzack ve Wall (4). Bu teoriye göre; afferent sinir liflerinin uyarılmasıyla medulla spinalis seviyesinde ağrılı uyarılar için yol bir kapının çalışmasıyla kapanır. İkinci teoriye göre de ağrılı uyarıların beyinde kimyasal değişikliklere neden olduğu özellikle de ağrıya ilişkili endorfinlerin salınımına neden olduğu öne sürülmektedir (5).

EEG kafa derisinin üzerine yerleştirilen elektrotlar arasındaki değişen potansiyel farkın kayıt edilmesidir Başar (6). EEG ile ilgili yapılan birçok çalışmada Spontan EEG niteliksel ve niceliksel olarak analiz edilmiştir (7). Hans Berger' in alfa ritimlerini keşfinden bu yana alfa ritimlerinin orjinlerinin fizyolojisi ve beynin duysal ve kognitif işlevleriyle olan ilişkilerinin anlaşılması EEG' deki en büyük bulmacalardan biridir (8). Alfa frekansının genellikle en yüksek genliğe sahip olduğu bölgeler oksipital ve parietal bölgelerdir (6). Çocuklarda 3 yaşına kadar alfa aktivitesi görülmez (9). Alfa aktivitesi beynin temel fizyolojik özelliklerini yansıtır. Yaşla birlikte alfa aktivitesinin yoğunluğu oksipital bölgeden frontal bölgeye doğru yer değiştirir (10). Yaşla birlikte özellikle oksipital bölgede belirgin olarak alfanın güç spektrumunda genel bir azalma görülür (7). Sessiz bir ortamda sakın ve gözler kapalı bir şekilde duran bir insanda gözler açığa oranla daha fazla alfa aktivitesi görülür (11). Ayrıca alfa aktivitesinin duysal fonksiyonlarla ilişkili olduğu bildirilmiştir (10). Literatürde TENS' in etki mekanizmaları ve etkinliği üzerine EEG ile yapılan az sayıda çalışma mevcuttur. FMS' li hastalar üzerinde yapılan bir çalışmada TENS uygulaması ile yapılan tedavi sonrası sadece gözler kapalı koşulunda alınan EEG kayıtlamasında sağ posterior (Parietal ve Oksipital) bölgede alfa aktivitesinde artışa neden olduğu gözlenmiştir (12). Ancak çalışmamız TENS uygulaması sırasında Spontan EEG ile yapılan ilk çalışma olması sebebiyle önem arz etmektedir.

Çalışmamızın amacı sağlıklı bireylerde TENS uygulamasının EEG ile yapılan incelemelerde beyin hangi bölgesini uyardığını ve TENS' in hangi frekanslarla temsil edildiğini belirlemektir. Ayrıca TENS uygulamasının etkilerinin sağlıklı gençler ve sağlıklı yaşlılar arasındaki farkı belirlemektir.



## **4. GENEL BİLGİLER**

### **4.1. TENS (Transkutanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonu)**

#### **4.1.1. Tanımı**

Transkutanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonu (TENS); ağrılı durumlarda yaygın olarak kullanılan ucuz, non-farmakolojik ve non-invasiv bir uygulamadır. Pille çalışan cihazdan cilde yerleştirilen elektrotlar vasıtasıyla alternatif akım verilir. Akımın frekans ve yoğunluk parametreleri TENS' in etkisine bağlı olarak ayarlanabilir (1), (13).

#### **4.1.2. Tarihçesi**

Elektrik akımının ağrıyı azaltmada kullanılması Antik Yunan, Roma ve Mısırlılar' a dayanır. Bir tür elektrikli balık olan Torpedo balığını baş ağrısı, gut ve artrit gibi ağrılı durumların tedavisinde kullanmışlardır. 18. yy' da John Wesley baş ağrısı, siyatik, böbrek taşı, gut ve anjina pectoris gibi elektroterapiyle tedavi edilen hastalıkları tanıtmıştır. 18. yy' da elektrostatik cihazların kullanılması elektroterapinin yaygınlaşmasını sağlamıştır. Ancak farmakolojik tedavilerin kullanımının artması 19. yy' ın sonlarına doğru elektroterapiye olan ilgiyi azaltmıştır. 1965 yılında Melzack ve Wall' ün Kapı Kontrol Teorisi ile ilgili yayınladıkları çalışma ile ağrıyı azaltmada elektriğin kullanımına olan ilgi yeniden önem kazanmıştır. 1970' lerde teknolojinin gelişmesiyle birlikte daha küçük, ucuz ve pilli cihazlar geliştirilmiştir (2), (14), (15).

#### **4.1.3. Kapı- Kontrol Teorisi**

TENS' in kullanımını destekleyen birkaç teori vardır. Bunlardan TENS' in ağrı inhibisyonunu açıklayan en yaygın teori kapı kontrol teorisidir Sluka ve Walsh (16). 1965 yılında Melzack ve Wall (4) tarafından ileri sürülen bu teoride cilt yüzeyinin uyarılması 3 spinal kord sistemine iletilen sinir impulslarını aktive eder. Bu spinal kord sistemleri dorsal boynuzda yer alan Substantia Gelatinosa' ya (SG) ait olan hücreler, beyne doğru çıkan dorsal kolon lifleri ve dorsal boynuzdaki



Transmisyon (T) hücreleridir. Onların önermelerine göre; [1] SG, T hücrelerini etkilemeden önce afferent paternleri modüle eden bir kapı kontrol sistemi olarak işlev görür, [2] dorsal kolon sistemindeki afferent paternler kısmi olarak kapı kontrol sisteminin modülasyonunu etkileyen seçilmiş beyin işlevlerini aktive eden bir santral kontrol tetikleyici olarak işlev görür, [3] T hücreleri algılama ve yanıtta sorumlu aksiyon sistemini oluşturan nöral mekanizmaları aktive eder. SG, spinal kordda bulunan paketlenmiş küçük fonksiyonel hücrelerden oluşur. Bu hücreler SG içerisinde birbirlerine kısa ve ince liflerle bağlıdırlar. SG, sinir impulslarının periferel liflerden santral hücrelere sinaptik iletimini modüle eden bir kapı kontrol sistemidir. Melzack ve Wall' göre afferent girdilerin 3 özelliği ağrı açısından önemlidir. Bunlar; stimulus gelmeden önce devamlı olan aktivite, stimulusla uyarılmış aktivite ve ince liflere kıyasla kalın liflerdeki aktivitenin göreceli dengesidir. Spinal kord, stimulyasyon olmadığında bile devamlı olarak sinir impulsları tarafından bombardıman edilir. Bu devamlı aktivite ağırlıklı olarak tonik olarak aktif olan ve yavaş adapte olma eğiliminde olan ince miyelinli ve miyelinsiz lifler tarafından gerçekleştirilir ve böylece kapı göreceli olarak açık pozisyonda tutulur. Cilt uyarıldığında, uyarı hakkındaki bilgi beyne doğru iletildiğinden aktif reseptör-lif birimlerinde artış meydana gelir. Bu da kalın liflerin uyarılıp sayılarında artışa neden olur. Kalın liflerin uyarılması sadece T hücrelerini ateşlemekle kalmayıp aynı zamanda presinaptik kapıyı kapatarak T hücreleri tarafından oluşturulan engelin etkisini azaltır. Ayrıca ağrı kontrolünde kapı kontrol sistemine ek olarak santral kontrol sistemi ve aksiyon sistemi de görev alır.

#### **4.1.4. Etki Mekanizmaları**

TENS' in etki mekanizmasının altında hem periferel hem de santral sinir sistemi mekanizmaları vardır (13).

TENS uygulamasının etki mekanizmasını açıklamak için birçok teori kullanılsa da en çok başvurulan kapı kontrol teorisidir. Kapı kontrol teorisine göre; TENS ile kalın çaplı liflerin uyarılması, ağırlı uyarın taşıyan sinir liflerinin arka boynuzda oluşturduğu yanıtı inhibe eder. Bu inhibisyon, medulla spinalisin arka boynuzunda bulunan Substantia Gelatinosa' da (SG) segmental olarak

gerçekleşmektedir. Zaman içerisinde ağrının patofizyolojisi ile reseptörler, nörotransmitterler, anatomik taşınma yolları ve inhibitör nöronlar ile ilgili bilgilerin artması kapı kontrol teorisinin de gelişmesini sağlamıştır. Yapılan birçok çalışmada TENS' in segmental inhibisyon ile analjezi oluşturduğu gösterilmiştir. Yüksek frekanslı TENS' in neden olduğu inhibisyonun spinalizasyon ile belli miktarda engellendiği düşünülse de inen yollardaki ağırlı uyarana yanıtı inhibe edici etki büyük ölçüde sürmektedir. Bundan dolayıdır ki TENS uygulamasının sadece segmental değil aynı zamanda inen yollardaki ağırlı uyarana inhibe edici etkiyi arttırdığı üzerinde yoğunlaşmaktadır.

TENS' in etki mekanizmasını açıklayan bir başka teori de endojen opioid salınımıdır. Üç tip opioid reseptör vardır; bunlar  $\mu$ ,  $\delta$  ve  $\kappa$ . Bu reseptörler periferalde, spinal kordda ve rostral ventral medulla (RVM), nucleus raphe magnus (NRM) ve periaquaduktal gri madde (PAG) gibi inen inhibitör sistemlerin bulunduğu bölgelerde yer alırlar. Uyarana PAG' dan RVM' ye gönderilir ve buradan da medulla spinalisin arka boynuzuna gönderilir. Medulla spinalisin arka boynuzuna gönderilen inhibitör uyarana spinotalamik yol ile birlikte arka boynuz nöron iletimini inhibe eder. Genel kabul gören teori; opioid uygulanması PAG-RVM sisteminin çalışması ile inhibitör etkiyi ortaya çıkarttığıdır. Serotonin RVM iletim yolu tarafından nörotransmitter olarak kullanılmaktadır. Diğer bir ağırlı uyarana taşınmasını inhibe edici inen yol bölümü de locus coeruleus ve locus subcoeruleus noradrenerjik hücre gruplarıdır. Noradrenalin de bu hücre grupları tarafından nörotransmitter olarak kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda hem düşük hem de yüksek frekanslı TENS uygulaması sonrası, kanda ve serebrospinal sıvıda  $\beta$ -endorfin seviyesinde artış olduğu gösterilmiştir. Yine hem düşük hem de yüksek frekanslı TENS uygulaması sonrası bir  $\kappa$  opioid agonisti olan dinorfin ile bir  $\delta$  opioid agonist olan metionin enkefalinin beyin omurilik sıvısı yoğunluklarının arttığı da bilinmektedir. Bu durum; yüksek ya da düşük frekanslı TENS uygulaması sonrası, spinal seviyede farklı opioid reseptörlerin analjezi oluşturmak için aktive olduklarını ve farklı opioid maddelerin salınımının olduğunu göstermektedir. Nitekim yapılan çalışmalar, nalokson kullanımının yüksek frekanslı TENS uygulamasında değil de düşük frekanslı TENS uygulamasının etkilerini ortadan kaldırdığını göstermektedir. Nalokson dozunun artırılması durumunda yüksek frekanslı TENS' in etkilerinin de azaltılabileceği ileri sürülmektedir (17).

#### 4.1.5. TENS Parametreleri

Dalga formu: TENS cihazlarında kullanılan dalga formu simetrik, asimetrik ve dengeli bifazik dalga formudur (18).

Atım süresi (genişliği): 50-400  $\mu$ s arasında uygulanabilir. 150  $\mu$ s'den düşük olanlar kısa, yüksek olanlar ise uzun atım genişliğine sahiptir (18).

Atım frekansı: 1-200 Hz arasında uygulanabilir. 10 Hz' den küçük olanlar düşük, 80 Hz' den büyük olanlar yüksek frekanslı akımlardır (18).

Akım şiddeti: 0,1- 120 mA arasında uygulanabilir. Akım şiddeti rahat ve tolere edilebilir olmalıdır (18).

#### 4.1.6. TENS Çeşitleri

**Konvansiyonel TENS:** Elektriksel uyarı yüksek frekanslı ve kısa sürelidir. Rahat tolere edilir. Kas kontraksiyonu oluşturmaz. Çoğunlukla tedavi başlangıcında verilir. Frekansı 60-120 Hz, akımın geçiş süresi 50-100  $\mu$ s' dir. Geniş çaplı periferik afferentleri etkiler (18).

**Akupunktur TENS:** Elektriksel uyarı düşük frekanslı ve uzun sürelidir. Rahat tolere edilebilir ancak hafif rahatsızlık hissi verir. Akımın yoğunluğu kas kontraksiyonu oluşuncaya kadar arttırılır. Frekansı 1-5 Hz, akımın geçiş süresi 150-200  $\mu$ s' dir. Düşük frekans özelliğine sahip olduğundan dolayı akupunktur tedavisiyle benzerlik gösterir (18).

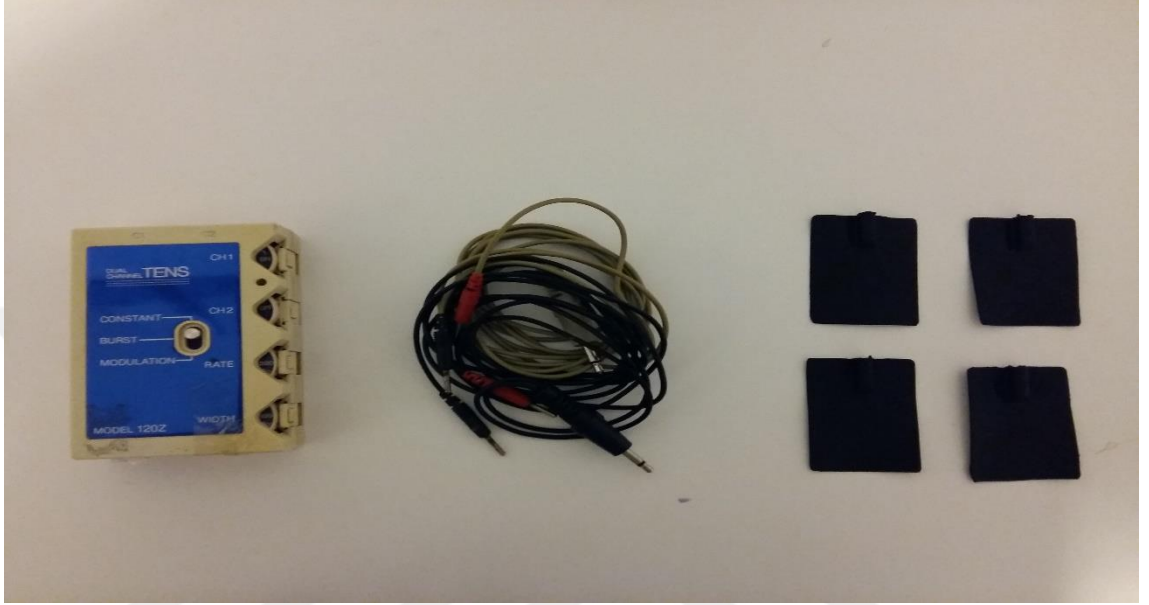
**Kısa Şiddetli TENS:** Elektriksel uyarı yüksek frekanslı ve uzun sürelidir. Rahatlıkla tolere edilir. Kontraksiyon olarak tetanik kas kontraksiyonu oluşturur. Tedavi esnasında tetikleme yapabilme özelliği bulunur. Frekansı 60-120 Hz, akımın geçiş süresi 200  $\mu$ s' dir. Hiperstimülasyon analjezisi olarak tanımlanır. Küçük çaplı lifleri aktive eder (18).

**Burst TENS:** Düşük frekanslı elektriksel akımlar kesikli hale getirilerek hastaların tolere edebileceği şiddette verilir (18).

**Modüle TENS:** Akımın frekansı, geçiş süresi ve amplitüdü elektronik olarak rastgele ayarlanır (18).

#### 4.1.7. TENS Cihazı ve Ekipman

TENS sistemi 3 ana bölümden oluşur. Bunlar; TENS Ünitesi, ara kablolar ve elektrotlardır (14).



**Resim 4.1.** Çalışmamızda kullandığımız TENS cihazı

##### 4.1.7.1. TENS Cihazı

Elektrik akımı üreten bir güç kaynağıdır. 2 çeşit TENS ünitesi vardır; klinik model ve taşınabilir model.

Klinik Model: Klinikte kullanılır ve güç kaynağı olarak alternatif akım (AC) kaynağı kullanılır (19).

Taşınabilir Model: Hasta tarafından cepte taşınabildiği gibi hastanın giysisine veya kemerine sabitlenerek de taşınabilen küçük bir ünedir. Güç kaynağı olarak pil kullanılır (14).

##### 4.1.7.2. Ara Kablolar

Ara kablolar elektriksel bağlantı kurmak için elektrotları TENS ünitesine bağlar (14).

### **4.1.7.3. Elektrotlar**

Uygulama bölgesine uygun tip ve ölçüde elektrotlar kullanılır. 2 tip elektrot bulunur (18).

Genel elektrotlar; karbon doyurulmuş lastik elektrotlardır. Non-sterildir ve tekrar kullanılabilirler (18).

Özel elektrotlar; cerrahi sonrası uygulamalarda kullanılmak amacıyla geliştirilmiş steril elektrotlardır ve tek kullanımlıktır (18).

Elektrot ara maddesi; elektrotlardan cilde elektriksel akımın geçmesini sağlayan materyaldir. Ara madde olarak su bazlı veya ıslak tip materyaller kullanılabilir gibi hidrojen yapıda jeller de kullanılır (18).

### **4.1.8. TENS Uygulanması**

#### **4.1.8.1. Uygulama Alanı**

Genellikle uygulama yapılan alanlar; ağrılı bölge, özel noktalar (akupunktur veya tetik noktaları), dermatom, periferik sinir, spinal kord segmenti ve sinir pleksuslarıdır (18).

#### **4.1.8.2. Elektrot Yerleşimi**

Elektrot yerleşiminde çeşitli yöntemler kullanılır. Bunlar; çift kanal yerleştirme, kontralateral yerleştirme, bilateral yerleştirme, çok sayıda elektrot kullanımı ve çember içine almaktır (18).

#### **4.1.8.3. Cildin Temizlenmesi**

Cilt yüzeyi elektrik akımına direnç gösterir, bu dirence empedans denir. Uygulama öncesinde bu cilt direncini azaltmak için cilt yüzeyi sabun ve alkolle temizlenir (18).

#### **4.1.9. TENS Endikasyonları**

TENS uygulamasının endike olduğu temel durumlar; Akut postoperatif ağrı, kronik ağrılı durumlar ve bel ağrısıdır. Omuz ağrısı, doğum ağrısı ve dismenore gibi jinekolojik durumlar, romatizmal ağrı (Ankilozan spondilit, Osteoartrit, Romatoid artrit), angina pectoris, travma sonrası oluşan ağrı, temporomandibular ağrı, kozalji, migren, fantom ağrısı, nöropatik ağrı, cerrahi operasyon sonrası oluşan ağrı, kraniofasyal ağrı, trigeminal nevralji, yumuşak doku yaralanmaları, refleks sempatik distrofi ve myofasyal ağrı sendromu gibi ağrılı durumların tedavisinde de uygulanabilir (2), (17), (18).

#### **4.1.10. TENS Kontraendikasyonları**

Hamilelik döneminde uterin kontraksiyonu ve fetal gelişimi etkileyebileceğinden uterus üzerine veya proksimaline uygulanmamalıdır. Bu bölgeler haricinde gebe kadınlarda uygulanabilir. Boynun ön ve yan bölgesine; frenik sinir, vagus siniri veya karotid sinüsleri uyarıp laringospazm veya hipotansiyona yol açabileceğinden, kardiyak pace-maker ya da internal defibrilasyon cihazı kullananlarda; cihazın çalışmasını etkileyebileceğinden, kalbe yakın torasik alanlarda; aritmi veya fibrilasyona sebep olabileceğinden uygulanmamalıdır. Bunlara ek olarak; uygulama yapılacak bölgede duyu kaybı olan durumlarda, elektronik implant kullananlarda, mental problemi olanlarda ve alerjik deri reaksiyonlarının olduğu durumlarda da dikkatli davranılmalıdır (2), (17), (18).

#### **4.2. EEG (Elektroensefalogram)**

EEG; elektrotlar vasıtasıyla kafa derisi üzerinden kaydedilen, nöron gruplarının oluşturduğu elektriksel aktiviteler olarak tanımlanır. Bilinen ilk kayıtlar 1875 yılında Richard Caton tarafından tavşan ve maymunlardan alınmıştır Coenen ve Zayachkivska (20). İnsanların elektriksel aktivitesinin kaydedilmesi yaklaşık yarım asır sürmüştür. Bu sürecin ardından Alman psikiyatrist Hans Berger tarafından ilk insan EEG' si kaydedilmiş ve 1929 yılında yayınlanmıştır (21). EEG sinyalleri araştırılmış ve bu araştırmaların sonucunda sinyallerin çeşitli faktörlerden etkilendiği, buna bağlı olarak değişiklik gösterdikleri tespit edilmiştir. Bu faktörler;

cinsiyet Güntekin ve Başar (22), Güntekin ve Başar (23), genetik faktörler Jones ve ark (24), yaş Kolev ve ark (25) ve kognitif uyaranlardır Başar (6). Ayrıca yapılan bir çalışmada bazı yüz ifadelerine bakan kişilerin de EEG sinyallerinin etkilendiği tespit edilmiştir Güntekin (26).

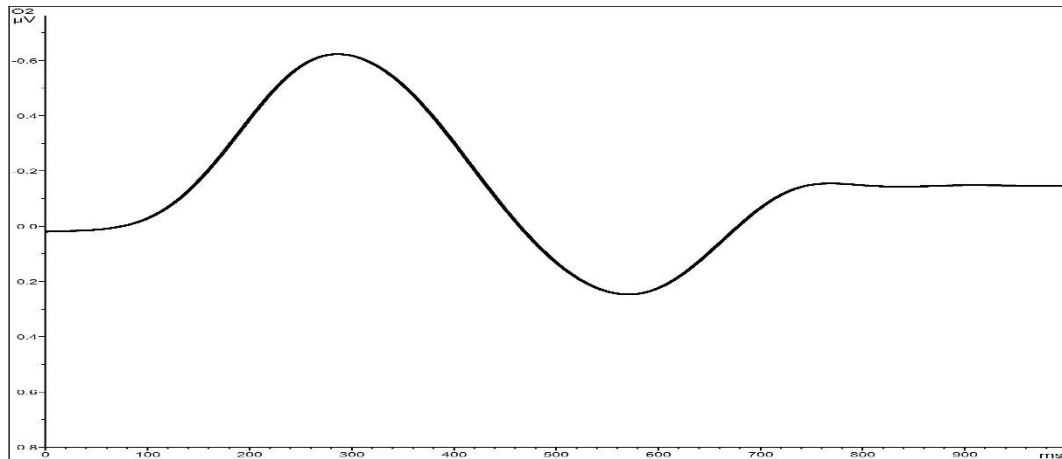
EEG klinik alanda epilepsi tanısı ve tedavi süreci açısından kullanılmaktadır. Günümüzde sadece klinik alanda değil aynı zamanda sinir bilim çalışmalarında da araştırma amaçlı kullanılabilir.

#### 4.2.1. EEG Osilasyonları

EEG osilasyonları, periyodik olmayıp ritmik olan farklı frekans aralığındaki dalgaların üst üste binmesiyle ortaya çıkan oluşumlardır ve bu dalgalar ham EEG datalarına filtreleme yapılarak birbirinden ayırt edilir (11).

##### 4.2.1.1. Delta

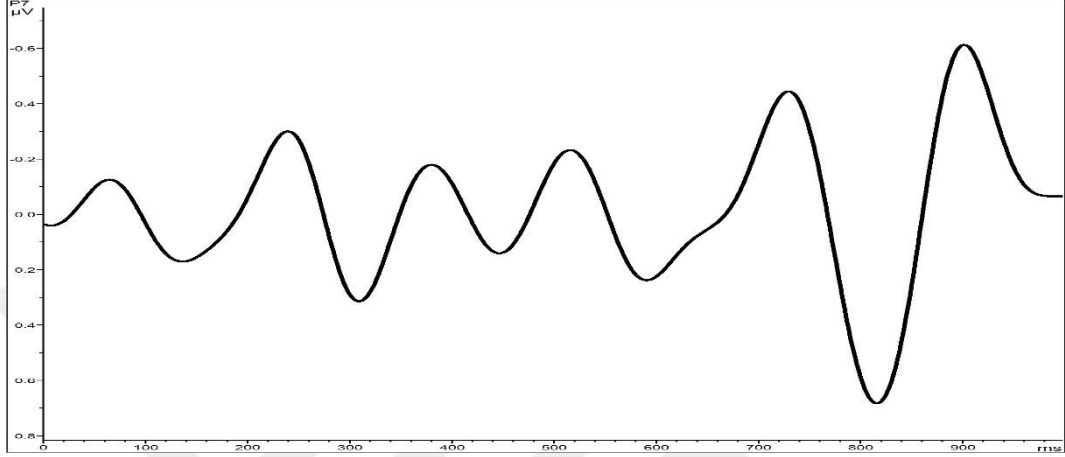
Dalgaların en yavaş olanıdır, frekans aralığı 0.5-3.5 Hz arası olup en yüksek genliğe sahip dalgadır. Yetişkinlerde ve bebeklerde görülmesi normal olarak görülür (11).



Şekil 4.1. Delta dalgası

#### 4.2.1.2. Teta

“ Teta” terimi ilk kez Walter ve Dovey tarafından kullanılmıştır (27). Bu dalganın frekans aralığı 4-7 Hz’ dir.

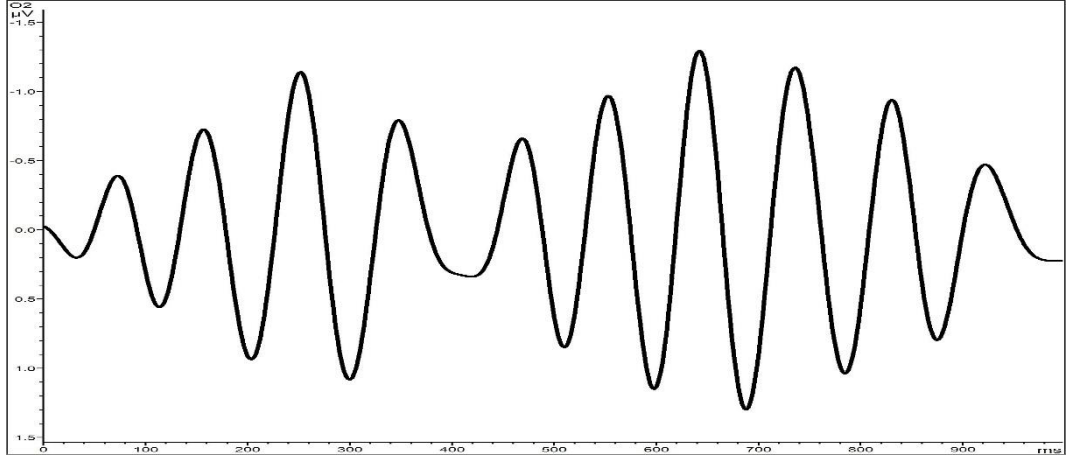


Şekil 4.2. Teta dalgası

#### 4.2.1.3. Alfa

“Alfa” terimi ilk kez Hans Berger tarafından kullanılmıştır (21). Frekans aralığı 8-13 Hz’ dir. Sessiz bir ortamda sakin ve gözler kapalı bir şekilde hareket etmeden duran bir kişide daha fazla ortaya çıkar. Genellikle genliğinin en yüksek olduğu bölgeler oksipital ve parietal bölgelerdir (11).

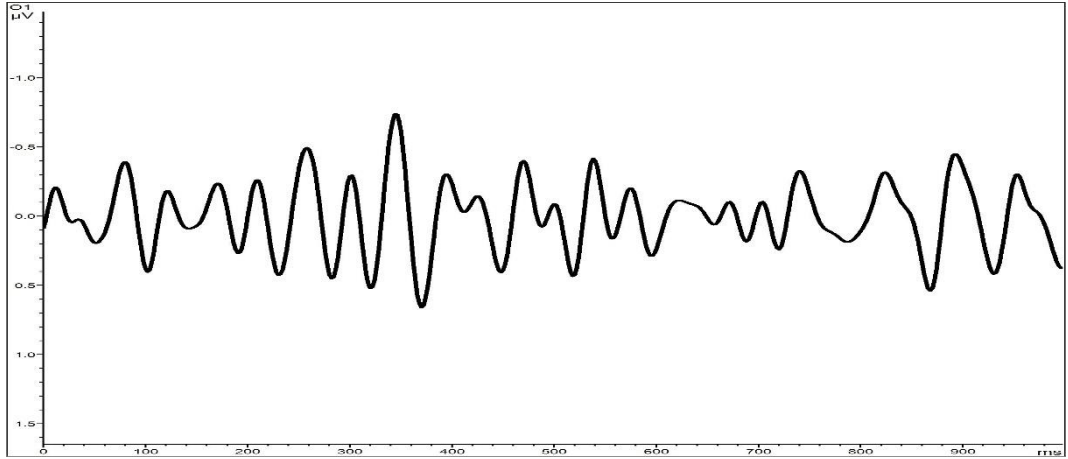




Şekil 4.3. Alfa dalgası

#### 4.2.1.4. Beta

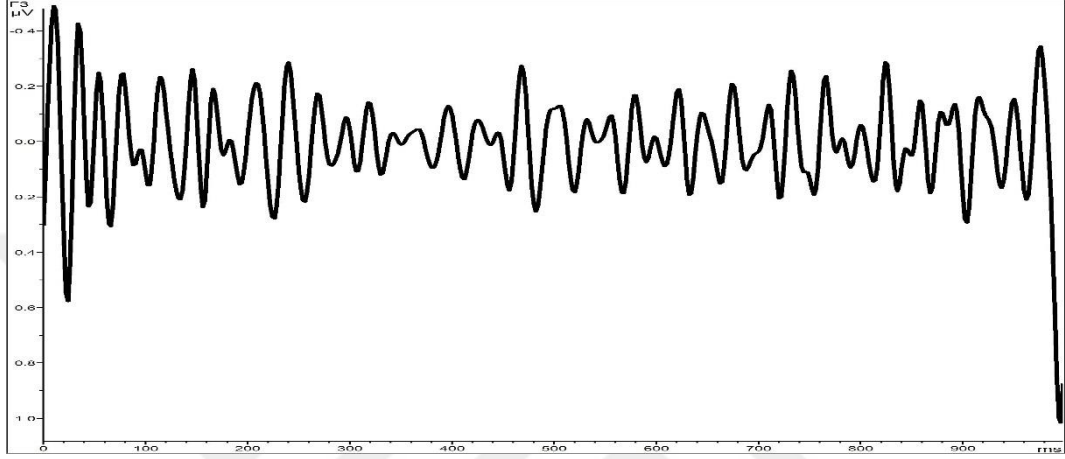
Frekans aralığı 15-30 Hz olan bu dalga çoğunlukla frontal bölgede görülür (11). Esas olarak motor aktiviteler sırasında gözlemlenir Neuper ve Pfurtscheller (28). Beta osilasyonları ayrıca sensorimotor etkileşimi gerektiren bilişsel süreçler sırasında da gözlemlenir Kilavik ve ark (29).



Şekil 4.4. Beta dalgası

#### 4.2.1.5. Gama

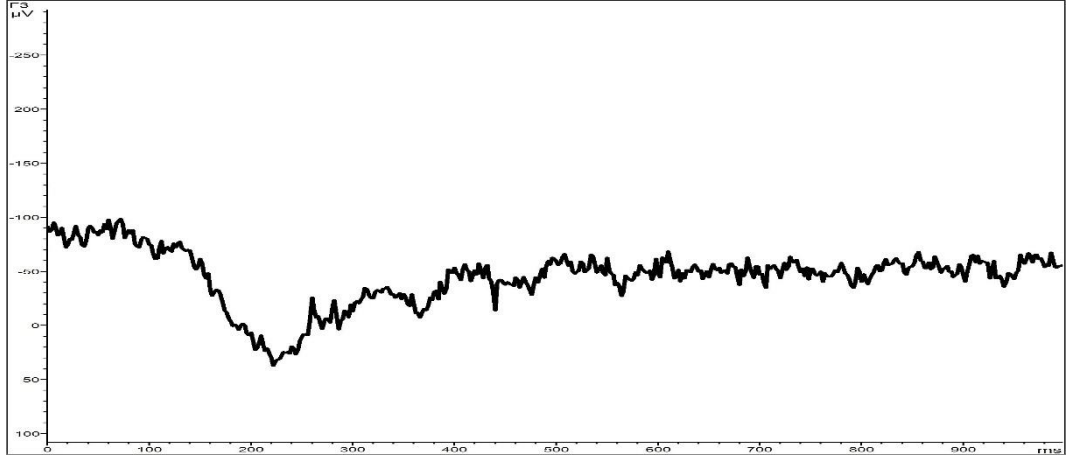
Frekansı 28 Hz veya 30 Hz' den başlayıp 100 Hz' e kadar olan geniş frekans aralığına sahip bir dalgadır. En anlamlı cevap 40 Hz frekansında ortaya çıkar ve gama ritmi olarak adlandırılır Başar ve ark (30).



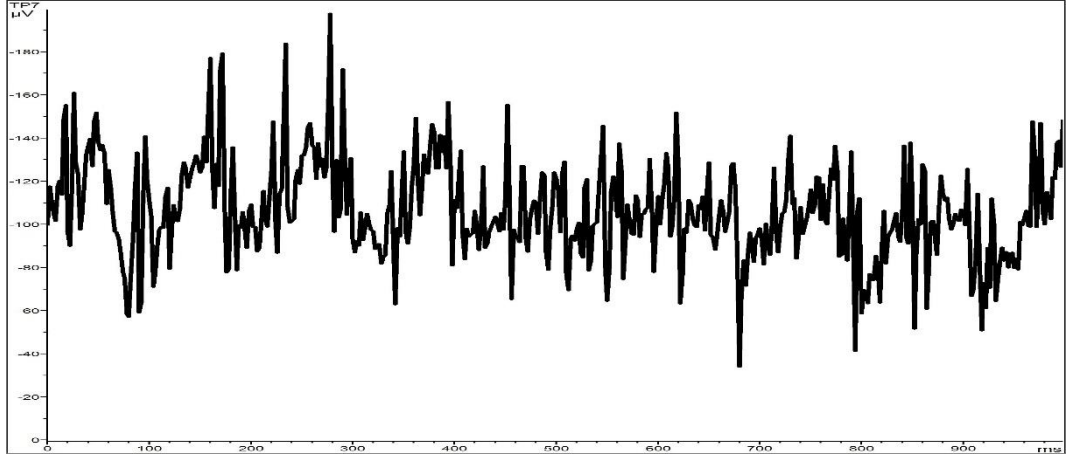
Şekil 4.5. Gama dalgası

#### 4.2.2. Artefakt

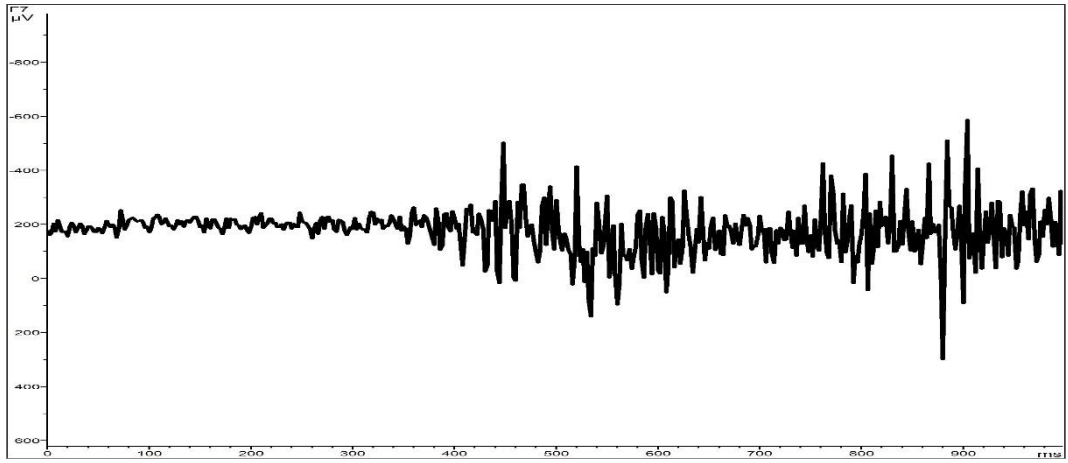
Artefakt; EEG kaydı esnasında ortaya çıkan ve beyin ile alakalı olmayan sinyallerdir (11). Artefaktlar fizyolojik ve non-fizyolojik artefaktlar olmak üzere iki kategoriden oluşur. Fizyolojik artefaktlar; kalp, nabız, solunum, terleme, dil hareketi, göz hareketi ve kas hareketleridir. Non-fizyolojik artefaktlar ise kayıt ortamındaki elektrotlar ve aygıtlardan kaynaklanan artefaktlardır (31).



Şekil 4.6. F3 elektrotunda görülen göz artefaktı



Şekil 4.7. TP7 elektrotunda görülen elektrot artefaktı



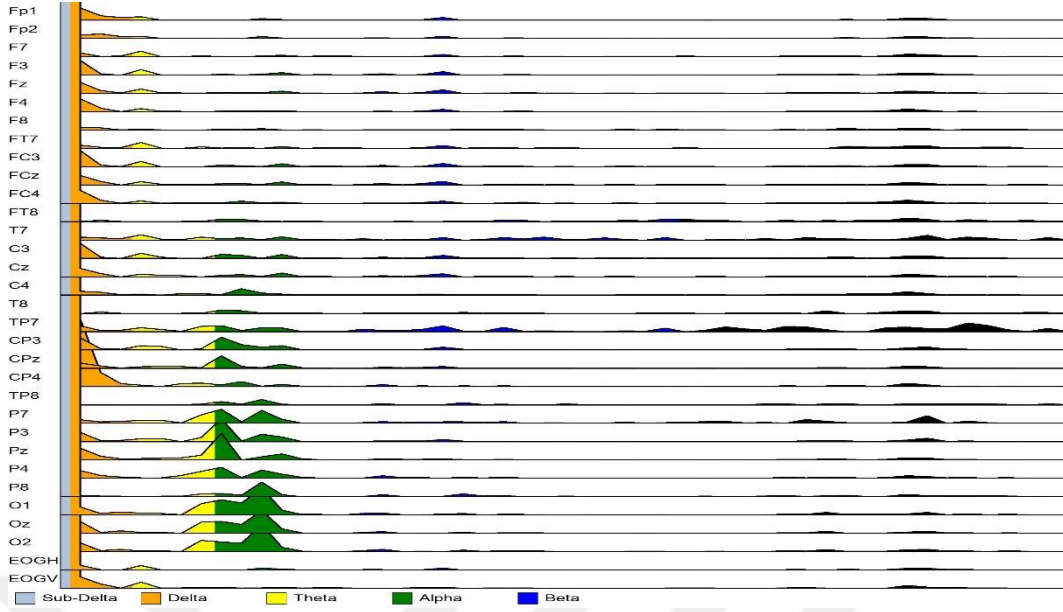
Şekil 4.8. F7 elektrotunda görülen kas artefaktı

### **4.2.3. Analiz Yöntemleri**

EEG verilerinin analizinde birçok matematiksel yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları Spektrogram analizi, Kaos analizi, Wavelet (Dalgacık) analizi, Spektral ve korelasyon analizleridir. Bu yöntemlerden en sık kullanılanı ve en önemli olanları güç spektrumu ve koherans analizleridir (11).

#### **4.2.3.1. Güç Spektrum Analizi**

Zaman serilerinin analizinde kullanılmak üzere çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan en popüler olan ve frekans analizinde kullanılan güç spektrumu yöntemidir (32). Güç spektrumu otokorelasyon fonksiyonunun kullanılmasıyla elde edilir. Otokorelasyon fonksiyonu bir verinin zaman değerlerinin birbirleri ile çarpımının tüm zamana bölünüp ortalamasının alınması ile elde edilir ve otokorelasyon fonksiyonu zaman fonksiyonunun frekans içeriğinin ölçüsü olarak da söylenebilir (6). Güç spektrumu elde edilirken otokorelasyon fonksiyonu Fourier Dönüşümüne (FD) uğratılır. Fourier Dönüşümü (FD) güç spektrum analizinde sıkça kullanılan bir yöntemdir. Fourier analizi zaman sinyalinin frekansa dönüştüren matematiksel bir yöntemdir (33). Sakin, uyanık ve hareketsiz duran bir kişiden alınan alfa aktivitesinin güç spektrumu tepe noktası 8-13 Hz olur (6). Çalışmamızda genlik-frekans karakteristiğini ölçmek amacıyla Güç Spektrum analizi kullanılmıştır.



**Şekil 4.9.** Gözler kapalı spontan EEG güç spektrumu

### 4.3. Yaşlanma

Yaşlanma; vücut işlevlerinde meydana gelen ilerleyici ve geri dönüşümü olmayan azalmadır. Ayrıca yeniden şekillenme ile devam eden, doğum ve ölüm arasındaki karmaşık yaşam sürecinin bir bölümüdür. Yaşlanma ile birlikte vücudun metabolizması yavaşlar ve vücut detoksifikasyonu önceden olduğu gibi yapamaz. Zararlı serbest radikallerin vücuttaki sayılarında artış görülür, hücrenin yenilenme süreci yavaşlar ve hücre ölümleri artar. Bunun sonucunda da yaşlanma süreci devam eder (34). Yaşlanma kronolojik olarak 65 yaş ve üzeri olarak kabul edilir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) yaşlılık dönemini 65 yaş ve üzeri yaşlı, 85 yaş ve üzeri ise çok yaşlı olarak sınıflandırmıştır. Gerontolojistlere göre ise yaşlılık 65-74 arası genç yaşlı, 75-84 arası orta yaşlı ve 85 yaş ve üstü ileri yaşlılık (ihtiyarlık) olarak sınıflandırılmıştır (35), (36).

#### 4.3.1. Yaşlılığın Epidemiyolojisi

Yaşlanma mekanizmalarına gün geçtikçe ilgi artmaktadır ve bu durum toplumdaki artan yaşlı nüfus oranıyla doğrudan ilişkilidir. Aslında küresel dünya doğurganlık düzeyi azalırken yaşam beklentisi artmaktadır. 2009 yılında % 10,8 olan

dünyadaki 60 yaş ve üstü yaşlı nüfusunun 2050 yılına kadar % 22' ye yükselmesi beklenmektedir Crampton (37), Dünya Sağlık Örgütü (WHO) (38).

Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK) verilerine göre; Türkiye için 2010 yılında 73,9 yıl olan beklenen yaşam süresi 2020 yılında 75,4 yıl olacağı düşünülmektedir. Ülkemizde 85 yaş ve üzeri olan 488.568 kişi bulunmaktadır. 2025 yılında yaşlı nüfus oranının, tüm nüfusun % 9,8' ine ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu değer de 8.253.000 yaşlıya denk düşmektedir. (39)

### **4.3.2. Yaşlanma ile Birlikte Görülen Değişiklikler**

#### **4.3.2.1. Sinir Sistemindeki Değişiklikler**

İlerleyen yaşla birlikte beyindeki hücre sayılarında azalma olur ve hücre sayılarındaki bu azalma bazı mekanizmalar geliştirilerek kompanse edilmeye çalışılır. Bu mekanizmalar; beynin az kullanılan fakat sağlam olan bölgeleriyle yeni bağlantılar kurma ve beynin bazı potansiyel bölgelerinde yeni sinir hücreleri yapımıdır. Ayrıca sinir dokusunda ihtiyaçtan fazla hücre bulunur ve bunlar ihtiyaç durumunda kolayca kompanse edilebilir (40).

Yaşlılıkla birlikte beyin daha az etkin çalışıyor olabilir. Nöron sayılarındaki azalmanın yanında tepkimeler de yavaşlar ve kişilerin kısa süreli hafıza, kelime hazinesi, yeni materyalleri öğrenme ve kelime hatırlama gibi mental fonksiyonları da etkilenebilir Knopman (41). Refleks iletim hızı azalacağından yaşlıların refleksleri yavaşlar. 60 yaşından sonra spinal kordda bulunan hücrelerin sayısında da azalma olur ve yaşlılarda duyu kayıpları da görülebilir Miller ve ark (42)

#### **4.3.2.2. Deride Görülen Değişiklikler**

Yaşlanmayla birlikte cilt altı sinir sonlanmaları azalır ve bu da duyarlılığın azalmasına neden olur. El ve ayaklarda soğuk-sıcak ve basınç duyuları da hafifler. Dolayısıyla kaza ve yanık gibi durumlara sebep olabilir. (43), (44).

## 5. MATERYAL VE METOT

### 5.1. Araştırmanın Yeri ve Zamanı

Bu araştırma için 08.03.2017 tarihinde İstanbul Medipol Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu' nun onayı alındı. Araştırmamız Mart 2017 ve Temmuz 2017 tarihleri arasında yapıldı. TENS uygulaması, EEG çekimleri ve analizleri İstanbul Medipol Üniversitesi Medipol Mega Hastanesi' nde yer alan REMER Klinik Elektrofizyoloji, Nörogörüntüleme ve Nöromodülasyon Laboratuvarı' nda gerçekleştirildi.

### 5.2. Araştırmanın Örnekleme

Araştırmamıza 25 sağlıklı gönüllü katılımcı alındı ve alınan katılımcılardan Sağlıklı Genç ve Sağlıklı Yaşlı grubu olmak üzere 2 grup oluşturuldu. Sağlıklı Genç grubu 15 ve Sağlıklı Yaşlı grubu 10 katılımcıdan oluştu.

**Tablo 5.1.** Katılımcıların Demografik Özellikleri

	Sağlıklı Genç Grubu Ort ± SS	Sağlıklı Yaşlı Grubu Ort ± SS
Yaş (yıl)	24,2 ± 3,58967	63,6 ± 3,47051
Boy uzunluğu (cm)	168,8 ± 9,48834	167,2 ± 12, 09959
Vücut ağırlığı (kg)	65,47 ± 15,59701	79,3 ± 12,78063
Eğitim durumu (yıl)	12,8 ± 4,97422	3,6 ± 5,96657
Cinsiyet (K/E n %)	8/7 % 53,3/ 46,7	5/5 % 50/ 50
Dominant El (Sağ/Sol n)	13/2	10/0

Ort: Ortalama, SS; Standart sapma

Çalışmamıza alınan Sağlıklı Genç ve Sağlıklı Yaşlı grubundaki katılımcıların EEG kayıtları yapıldı. Uygulama öncesinde katılımcılara duyu değerlendirmesi amacıyla elin dorsal yüzeyine ve ön kolun ekstensör yüzeyine Sivri- Künt testi yapıldı.

Sivri-Künt testinde çengelli iğne kullanılarak iğnenin sivri ve күnt uçları ile değerlendirme yapıldı. Teste başlamadan önce yapılacak işlem katılımcılara anlatıldı ve ardından sivri ve күnt uçlar ile uygulama bölgesine dokunularak katılımcının sivri ve күnt uçları ayırt edip etmediği belirlendi. Daha sonra katılımcılardan gözlerini kapatması istendi. Değerlendirmeye alınan katılımcıların elin dorsal yüzeyine ve ön kolun ekstensör yüzeyine her dokunuş çok hafif olacak şekilde sivri ve күnt uçlar ile dokunuldu. Her dokunuşta katılımcılara dokunulup dokunulmadığı ve hissettiyse hangi uçla dokunulduğu soruldu. Test sırasında sivri ve күnt uçların dokunuşları değiştirilerek ve düzensiz aralıklar ile yapıldı. Yapılan 10 denemeden en az 8'ini doğru yanıtlayan kişilerin ağrı duyusu normal olarak kabul edildi.

### **5.3. Araştırmaya Dahil Edilme ve Dışlanma Kriterleri**

#### **5.3.1. Sağlıklı Gençlerin Dahil Edilme ve Dışlanma Kriterleri**

Araştırmamıza herhangi bir nörolojik veya psikiyatrik hastalık tanısı almamış, duyu kaybı olmayan sağlıklı bireyler alındı. Ayrıca gönüllü bilgilendirme formunu imzalayarak çalışmaya katılmayı kabul eden kişiler çalışmaya dahil edildi. Sağlıklı genç bireylerin yaş aralığı 18-30 olarak belirlendi. Ayrıca bireylerin sigara-alkol kullanımı, ilaç alımı, uyku durumu ve dominant eli sorgulandı. TENS' in kontraendike olduğu durumlar ve bilişsel işlevleri etkileyen herhangi bir ilaç ya da madde kullanımı olan bireyler çalışmamıza dahil edilmedi.

#### **5.3.2. Sağlıklı Yaşlıların Dahil Edilme ve Dışlanma Kriterleri**

Çalışmamıza alınan sağlıklı yaşlı bireylerin yaş aralığı 60 yaş ve üzeri olarak belirlendi ve genç bireylerdeki dahil edilme kriterleri yaşlı bireyler için de geçerlidir. Yaşlı bireylere ayrıca duyu değerlendirmesi amacıyla Sivri-Künt testi yapıldı ve duysal açıdan normal olan bireyler çalışmaya dahil edildi.



## **5.4. Veri Toplama Araçları**

### **5.4.1. TENS Uygulaması**

#### **5.4.1.1. Uygulama Bölgesi**

Çalışmamıza alınan genç ve yaşlı bireylere üst ekstremitede elin dorsal yüzeyine TENS uygulandı. Aktif elektrot elin el bileğine yakın bölgesinde dorsal yüzeyine, referans elektrot ise ön kolun ekstensör yüzeyine yerleştirildi.

#### **5.4.1.2. Teknik Özellikler**

Araştırmamızda TENS uygulaması için çift kanallı (Model 120Z Dual Channel, Tokyo, Japan) TENS cihazı kullanıldı. Her iki gruptaki bireylere; dalga formu asimetrik bifazik rektangüler, atım frekansı 100 Hz ve atım genişliği 200 µs olan devamlı modda TENS uygulandı.

#### **5.4.1.3. Akım Şiddeti**

Çalışmamıza alınan bireylerin uygulamadan önce duyum eşiği belirlendi. Duyum eşiğini belirlemek için önce bireylere kontraksiyon oluşturmayacak ve karıncalanma hissi oluşturacak şekilde elektriksel akım verilip akımı ilk hissettiği anda söylemesi istendi. Bu bireyin en düşük akım şiddeti değeri olarak belirlendi. Daha sonra akımın şiddeti kademeli olarak artırılıp bireyin en fazla tolere edebildiği ama kendini rahat hissettiği anda söylemesi istendi. Bu da bireyin en yüksek akım şiddeti değeri olarak belirlendi ve tüm değerler not edildi.

#### **5.4.1.4. Uygulama Şekli ve Süresi**

Bireylerin en düşük ve en yüksek akım şiddeti değerleri belirlendikten sonra bireylere 30 dakika TENS uygulaması yapıldı. Uygulama 3 aşamada gerçekleştirildi.

1. Aşama: Bireye en düşük akım şiddetinde 10 dakika TENS uygulandı.

2. Aşama: Akım şiddeti artırılıp en düşük ve en yüksek akım şiddetinin arasında bir değer belirlenip, orta şiddette TENS uygulandı.

3. Aşama: En yüksek akım şiddetinin yaklaşık % 80' i değerinde 10 dakika TENS uygulandı.

## **5.4.2. Elektrofizyolojik Ölçümler**

### **5.4.2.1. Teknik Özellikler**

Araştırmamızda EEG kayıtları Brain Vision Recorder (Brainproduct, Munich, Germany) cihazı ile gerçekleştirildi. 30 kanaldan 0.1-250 Hz band pass ve 500 örneklem hızı özellikleriyle kayıtlama yapıldı. Kep olarak 32 Ag- AgCl elektrot yerleşimi olan elastik kep kullanıldı. Elektrotların yerleşimi uluslararası 10-20 sistemine göre yapıldı ve FP1, FP2, F7, F3, FZ, F4, F8, FT7, FC3, FCZ, FC4, FT8, T7, C3, CZ, C4, T8, TP7, CP3, CPZ, CP4, TP8, P7, P3, PZ, P4, P8, O1, OZ ve O2 elektrotlarından kayıt alındı. Ayrıca her iki kulak memesinin ön kısmına bağlantılı iki elektrot (A1+A2) referans olarak yerleştirildi, toprak elektrot ise sağ kulak memesinin arka kısmına yerleştirildi. Bunlara ek olarak EOG kaydı için sol gözün medial üst kısmına ve lateral orbital kısmına yerleştirilen elektrotlar da kullanıldı. Çekimler sırasında elektrotların empedans değerlerinin 10 k $\Omega$ ' un altında olmasına özen gösterildi.

### **5.4.2.2. Hazırlık**

Çalışmamıza başlamadan önce katılımcılara çalışmamızın amacı ve aşamaları hakkında bilgi verildi. Öncelikle kişinin kafa derisi alkolle temizlendi ve EEG kaydı için gerekli olan kepin belirlenmesi için kafa çevresi ölçüldü ve kişiye uygun kep belirlendi. Kişiye uygun kep belirlendikten sonra nasion (burun) ve inion (başın arka kısmı) arası ölçülerek bu uzunluğun % 10'u kepin başlangıç yeri olarak belirlendi. Kep takıldıktan sonra elektrotlar kepin üzerinde bulunan elektrot adaptörlerine yerleştirildi. Kep üzerindeki elektrotların haricinde sağ kulağın ön kısmına referans arka kısmına toprak elektrot ve sol kulağın ön kısmına referans elektrotları da yerleştirildi. Ayrıca sol göze göz artefaktlarını ayırt etmek için 2 elektrot yerleştirildi. Elektrot yerleştirme işlemi tamamlandıktan sonra empedanslar düşürülüp kayıt işlemine geçildi. EEG kayıtları ses, ışık ve şehir şebeke gürültüsünden (50 Hz) izole

edilmiş Faraday Kafesi adı verilen izole bir odada alındı. Çekimler sırasında oda tamamen karanlık olmayıp dimlight uygulandı. Ayrıca katılımcılar kayıt sırasında dışarıdan kamera ile izlendi.



**Resim 5.1.** Çalışmamıza alınan yaşlı katılımcının EEG çekimi

#### 5.4.2.3. EEG Kaydı

Kayıtlama eşit süre uzunluğuna sahip 4 aşamadan oluşmaktadır. Aşamalar sırasıyla;

**Spontan EEG Kaydı:** Kişinin öncelikle 5 dakika gözler açık daha sonra 5 dakika gözler kapalı bir şekilde monitörde bulunan siyah görüntüye bakması istendi.

**Spontan EEG Kaydı ve Düşük Şiddetli TENS Uygulaması:** Spontan EEG kaydı sırasında 5 dakika gözler açık ve 5 dakika gözler kapalı olmak suretiyle 10 dakika boyunca kişiye düşük şiddetli TENS uygulaması yapıldı.

**Spontan EEG Kaydı ve Orta Şiddetli TENS Uygulaması:** Spontan EEG kaydı sırasında 5 dakika gözler açık ve 5 dakika gözler kapalı olmak suretiyle 10 dakika boyunca kişiye orta şiddetli TENS uygulaması yapıldı.

**Spontan EEG Kaydı ve Yüksek Şiddetli TENS Uygulaması:** Spontan EEG kaydı sırasında 5 dakika gözler açık ve 5 dakika gözler kapalı olmak suretiyle 10 dakika boyunca kişiye yüksek şiddetli TENS uygulaması yapıldı.

EEG kaydı her aşama 10 dakika olup toplam 40 dakika sürdü ve tüm kayıt boyunca kişiden gözlerini çok fazla kırpmaması ve hareket etmemesi istendi.

## **5.5. Verilerin Değerlendirilmesi**

EEG analizleri için Brain Vision Analyzer 2.1 programı kullanıldı. EEG kayıtlaması sırasında monitöre siyah ekran görüntüsünü gönderme işlemi MATLAB (MATrix LABoratory) programı ile gerçekleştirildi. Elektrofizyolojik verilerin istatistiksel analizleri için de SPSS 22.0 programı kullanıldı.

### **5.5.1. EEG Verilerinin Gürültüden Temizlenme İşlemleri**

Ham kayıtlar öncelikle gözler açık ve gözler kapalı olmak üzere iki ana bölüme ayrıldı ve ayrı ayrı değerlendirildi. Daha sonra hem gözler açık hem de gözler kapalıya ait veriler 1' er saniyelik süpürümlere (epoch) ayrıldı. Çevrim-dışı tekniği ile göz hareketleri, göz kırpmaları ve kas hareketlerine ait artefaktlı süpürümler kayıttan temizlendi.

### **5.5.3. Güç Spektrum Analizi**

Artefakt temizleme işleminden sonra kalan süpürümlere Hızlı Fourier Dönüşümü uygulandı. Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT/ HFD) yapılan tüm süpürümlerin ortalaması alındı. Böylece her bir kişi için frekans aralıklarındaki güç

spektrumları elde edildi. Her bir kişinin güç spektrumları her bir elektrot için delta (0.5-3.5 Hz), teta (4-7 Hz), alfa (8-13 Hz), beta (15-28 Hz) ve gama (28-48 Hz) frekanslarının en yüksek genlik değerleri ölçüldü ve her bir frekansta açığa çıkan en yüksek değer, o kişinin istatistiksel analizinde kullanılan değer olarak belirlendi.

#### **5.5.4. İstatistiksel Analiz**

İstatistiksel yöntem olarak ‘‘Tekrarlayan Ölçümler ANOVA’’ analizi ‘‘SPSS 22.0’’ programı ile gerçekleştirildi. Bu analizde TENS’ in etkisini görebilmek amacıyla sadece gençlerin ve sadece yaşlıların dahil olduğu iki ayrı ANOVA analizi yapıldı. Gruplar arasındaki farkı belirleyebilmek için ayrı bir ANOVA analizi yapıldı. Gruplar (sağlıklı genç ve sağlıklı yaşlı) gruplar arası faktör (between subject factor) olarak alındı. Grup içi faktör (within subjects factor) 3 hemisfer (sağ, sol ve orta) ve 5 lokasyon (frontal, santral, santro-parietal, parietal, oksipital) olarak tanımlandı. Greenhouse- Geisser düzeltilmiş p değerleri dikkate alındı. Tüm karşılaştırmalar için anlamlılık düzeyi  $p < 0.05$  olarak belirlendi.

#### **5.7. Araştırmanın Sınırlılıkları**

Çalışmamıza alınan katılımcıların gruplardaki sayılarının az olması ve gruplardaki katılımcı sayılarının eşit olmayışı çalışmamızın sınırlılıklarındandır.

## **6. BULGULAR**

Analizler çalışmamıza katılan 25 gönüllü katılımcı üzerinden yapıldı. Her iki gruptaki katılımcıların güç spektrumlarının büyük ortalamaları (Grand Average) alındı. Bunun sonucunda diğer frekanslara oranla en belirgin frekansın alfa olduğu görüldü. Bu nedenle alfa frekansının ölçümlerine öncelik verildi.

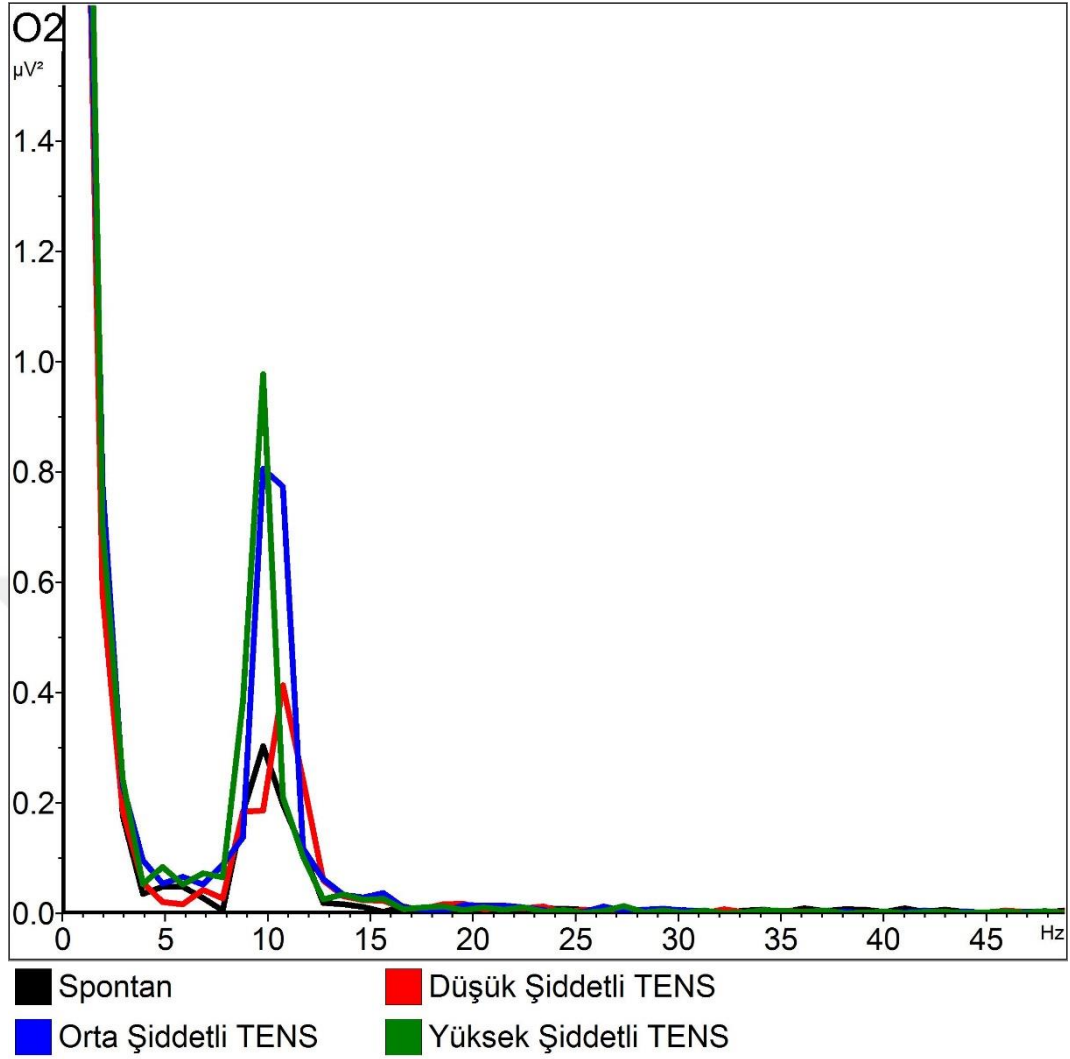
### **6.1. Maksimum Genlik Ölçümleri**

Maksimum genlik ölçümleri için alfanın frekans aralığı 8-13 Hz olarak belirlendi ve ölçümler bu frekans aralığında yapıldı. Sağlıklı Genç ve Sağlıklı Yaşlı grubundaki katılımcıların alfa değerleri tekrarlayan ölçümler ANOVA ile analiz edildi.

#### **6.1.1. Grup İçi İstatistiksel Analizler**

##### **6.1.1.1. Sağlıklı Genç Grubu İstatistiksel Analiz Sonuçları**

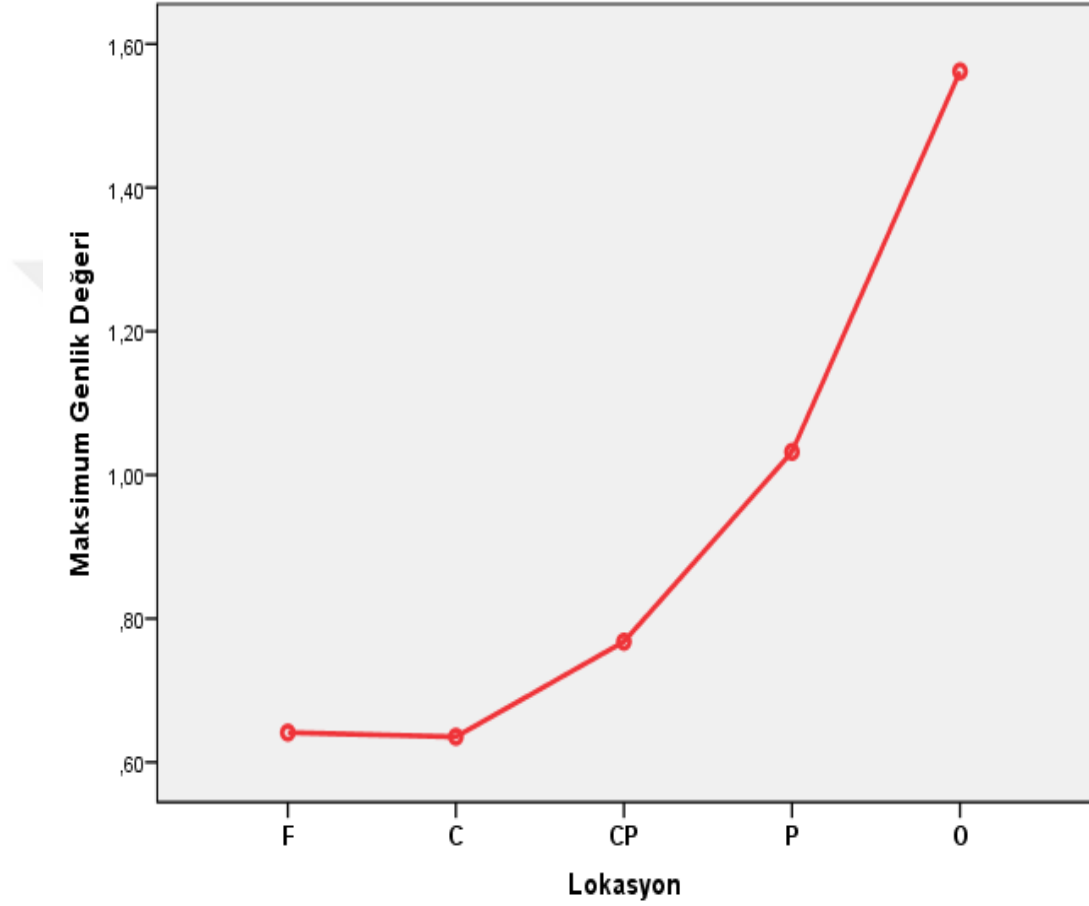
Sağlıklı Genç grubundaki gözler açık/ gözler kapalı alfa değerlerinin istatistik sonuçlarına göre TENS uygulamasında akım miktarının artırılması ile alfa değerlerindeki artış istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p=0.046$ ). Şekil 6.1' de görüldüğü üzere TENS uygulaması ile alfa maksimum genlik değerinin arttığı ve akım miktarı arttıkça alfa değerlerinin de arttığı belirlendi.



**Şekil 6.1.** Sağlıklı Genç grubunda gözler açık koşulunda O2 elektrotunda alfa dalgalarının akım şiddetlerine göre büyük ortalaması

Şekil 6.1 Gözler açık koşulunda EEG’de O2 elektrotunda açığa çıkan güç spektrum değerlerini göstermektedir. “Y” eksenini güç spektrum yoğunluğunu “X” eksenini ise EEG’ de açığa çıkan frekans değerlerini göstermektedir. Alfa frekansı 8-13 Hz arasında değer almaktadır. Siyah çizgi gözler kapalı spontan EEG verisini göstermektedir. Kırmızı çizgi EEG kaydı alınırken aynı anda minimum düzeyde TENS uygulaması sonrasında açığa çıkan alfa aktivitesini, Mavi çizgi orta düzeyde TENS uygulaması sonrasında açığa çıkan alfa aktivitesini, Yeşil çizgi ise maksimum düzeyde TENS uygulaması sonrasında açığa çıkan alfa aktivitesini göstermektedir. Resim denemeye katılan tüm gençlere ait verilerin ortalaması alınarak hesaplanan “Büyük Ortalama” yı göstermektedir. Hiçbir TENS uygulaması yok iken alfa frekansının değeri  $0.3 \mu\text{V}^2$  dir. Minimum düzeyde TENS uygulaması ile alfa değeri yükselmekte, orta düzeyde minimumdan daha yüksek (mavi çizgi) olmaktadır. En yüksek alfa aktivitesi TENS’ in maksimum düzeyde uygulanması ile açığa çıkar. Bu dereceli artış sadece genç bireylerde gözükmemekte ancak Şekil 6.4’ de görüldüğü gibi yaşlı bireylerde gözükmemektedir.

Lokasyon faktörü istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p=0.007$ ). Diğer bölgelerde de yoğunluk sırasıyla parietal, santro-parietal, santral ve frontaldır. Alfa en düşük frontal ve santral bölgede gözlemlendi.

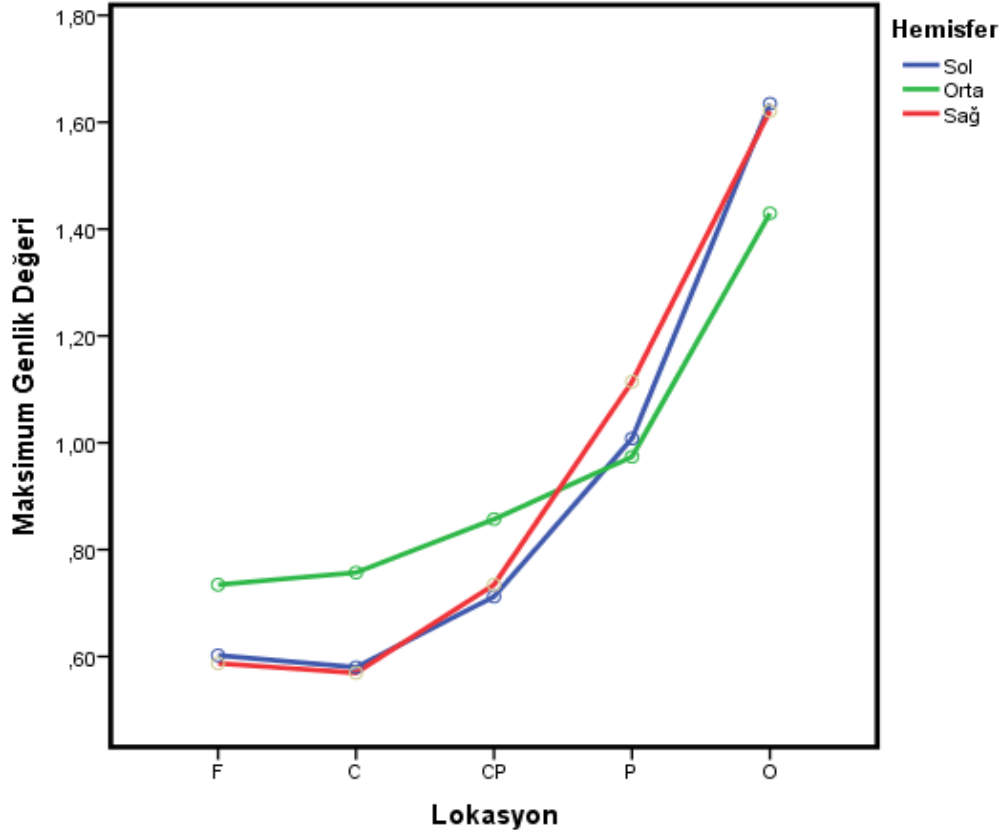


**Şekil 6.2.** Sağlıklı Genç grubundaki maksimum alfa değerlerinin lokasyona göre farkları

( F: Frontal, C: Santral, CP: Santro-Parietal, P: Parietal, O: Oksipital)



Lokasyon- Hemisfer farkı istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p=0.005$ ). Şekil 6.3' de görüldüğü gibi oksipital bölgede sol ve sağ hemisferlerin orta hatta ve diğer lokasyonlara göre daha yüksek genliğe sahip olduğu belirlendi.



Şekil 6.3. Alfa dalgalarının lokasyonlara göre hemisfer farkı  
( F: Frontal, C: Santral, CP: Santro-Parietal, P: Parietal, O: Oksipital)

Diğer tüm grup içi faktörlerde (gözler açık x gözler kapalı, hemisfer, gözler açık-kapalı x akım şiddeti, gözler açık-kapalı x lokasyon, akım şiddeti x lokasyon, gözler açık-kapalı x akım şiddeti x lokasyon, gözler açık-kapalı x hemisfer, akım şiddeti x hemisfer, gözler açık-kapalı x akım şiddeti x hemisfer, gözler açık-kapalı x lokasyon x hemisfer, akım şiddeti x lokasyon x hemisfer) alfa değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı sonuç bulunmadı.

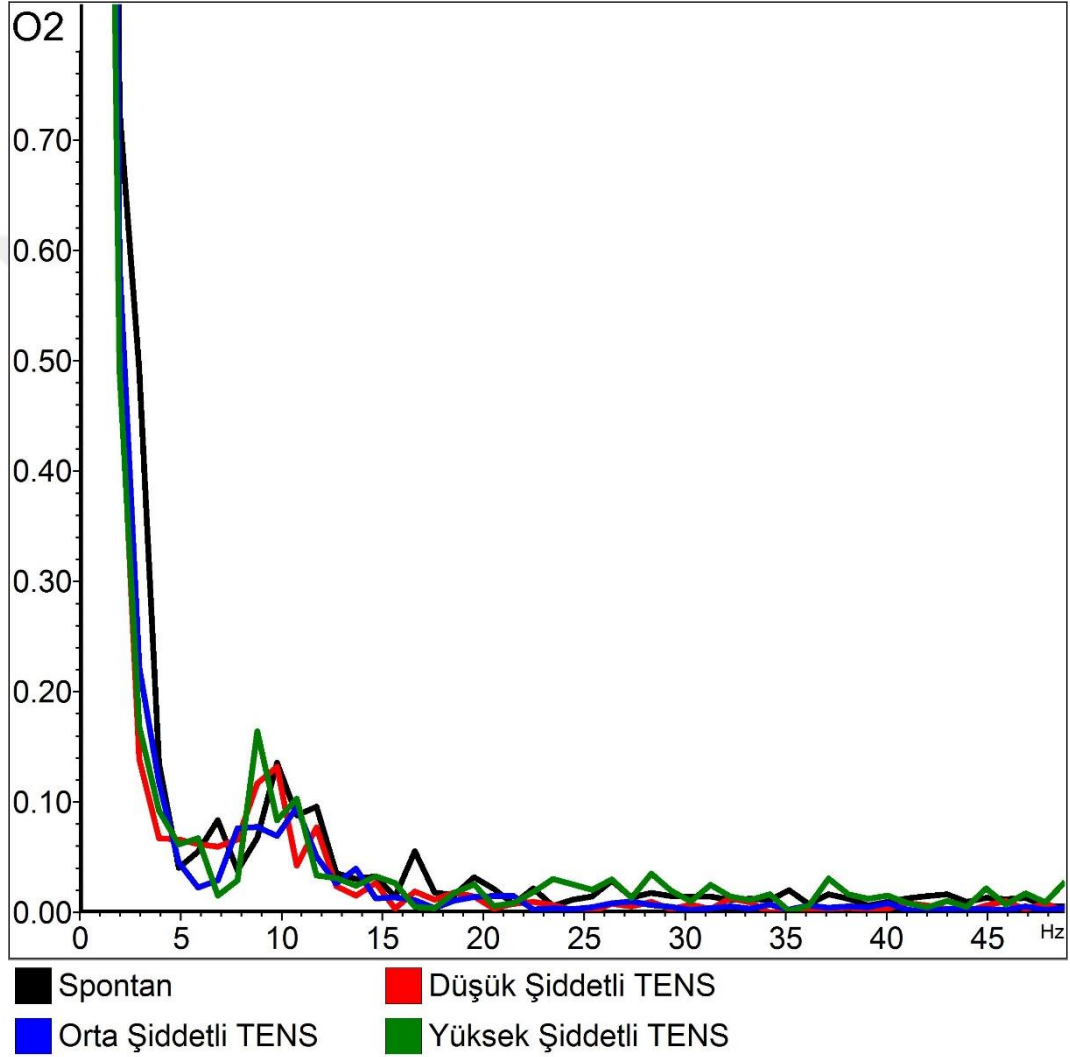
**Tablo 6.1.** Sağlıklı Genç grubunda grup içi faktörlere göre istatistiksel anlamlılık düzeyleri

<b>Faktör</b>	<b>p</b>
Hemisfer	.488
Lokasyon	<b>.007</b>
Akım şiddeti	<b>.046</b>
Gözler açık x Gözler kapalı	.100
Lokasyon x Hemisfer	<b>.005</b>
Akım şiddeti x Hemisfer	.603
Akım şiddeti x Lokasyon	.325
Gözler açık/kapalı x Hemisfer	.947
Gözler açık/kapalı x Lokasyon	.310
Gözler açık/kapalı x Akım şiddeti	.221
Akım şiddeti x Lokasyon x Hemisfer	.541
Gözler açık/kapalı x Lokasyon x Hemisfer	.326
Gözler açık/kapalı x Akım şiddeti x Hemisfer	.528
Gözler açık/kapalı x Akım şiddeti x Lokasyon	.662

İstatistiksel anlamlı ( $p < 0.05$ ) sonuçlar koyu renkle gösterilmiştir.

### 6.1.1.2. Sağlıklı Yaşlı Grubu İstatistiksel Analiz Sonuçları

Sağlıklı Genç grubunda TENS uygulamasında akım miktarı arttıkça alfa genlik değerlerinin artması istatistiksel olarak anlamlı görülürken Sağlıklı Yaşlı grubunda bu faktör istatistiksel olarak anlamlı değildir ( $p=0.697$ ).

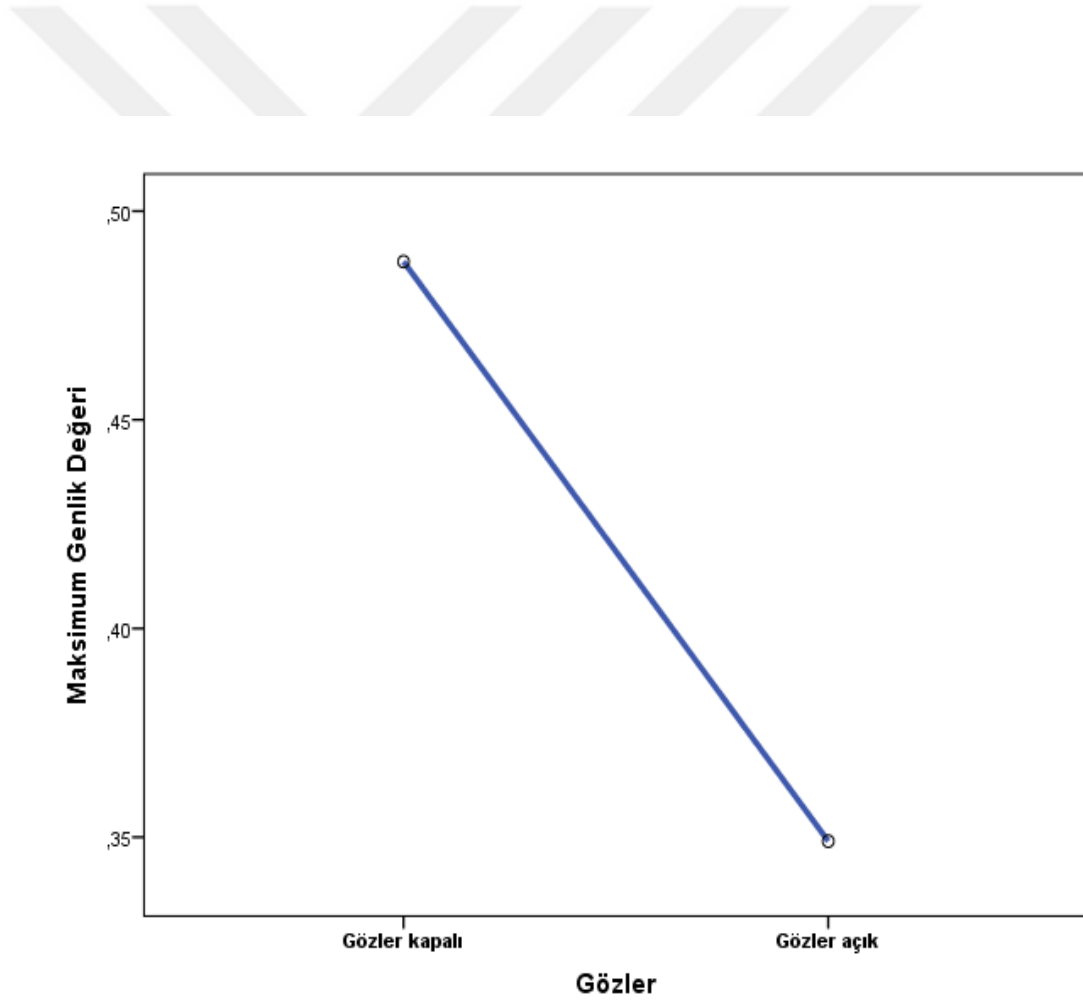


**Şekil 6.4.** Sağlıklı Yaşlı grubunda gözler kapalı koşulunda O2 elektrotundaki alfa dalgalarının akım şiddetlerine göre büyük ortalaması

Şekil 6.4 Gözler kapalı koşulunda EEG’de O2 elektrotunda açığa çıkan güç spektrum değerlerini göstermektedir. “Y” eksenini güç spektrum yoğunluğunu “X” eksenini ise EEG’de açığa çıkan frekans değerlerini göstermektedir. Alfa frekansı 8-13 Hz arasında değer almaktadır. Siyah çizgi gözler kapalı spontan EEG verisini göstermektedir. Kırmızı çizgi EEG kaydı alınırken aynı anda minimum düzeyde TENS uygulaması sonrasında açığa çıkan alfa aktivitesini, Mavi çizgi orta düzeyde TENS uygulaması

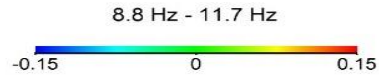
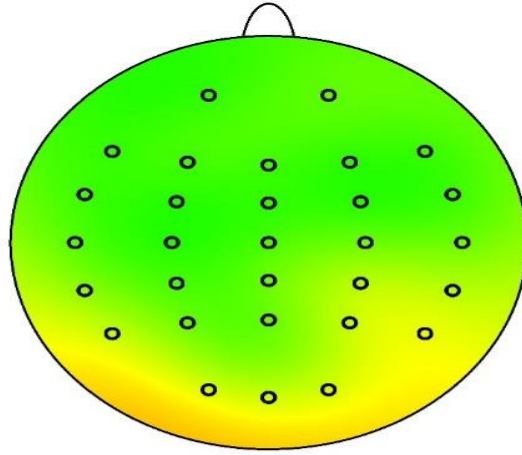
sonrasında açığa çıkan alfa aktivitesini, Yeşil çizgi ise maksimum düzeyde TENS uygulaması sonrasında açığa çıkan alfa aktivitesini göstermektedir. Resim denemeye katılan tüm yaşlılara ait verilerin ortalaması alınarak hesaplanan “Büyük Ortalama” yı göstermektedir. Hiçbir TENS uygulaması yok iken alfa frekansının değeri  $0.15 \mu v^2$  dir. Akım yoğunluğu dereceli olarak arttırılarak yapılan TENS uygulaması ile alfa değeri Şekil 6.1’ de görüldüğü üzere genç bireylerdeki gibi dereceli olarak artmamaktadır.

Sağlıklı Yaşlı grubunda alfa değerlerindeki gözler açık ve kapalı arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p=0.038$ ). Gözler açık olduğundaki değerlere kıyasla gözler kapalı durumda alfa değerlerinin daha yüksek genliğe sahip olduğu gözlemlendi.

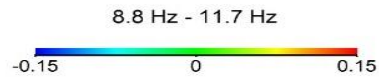
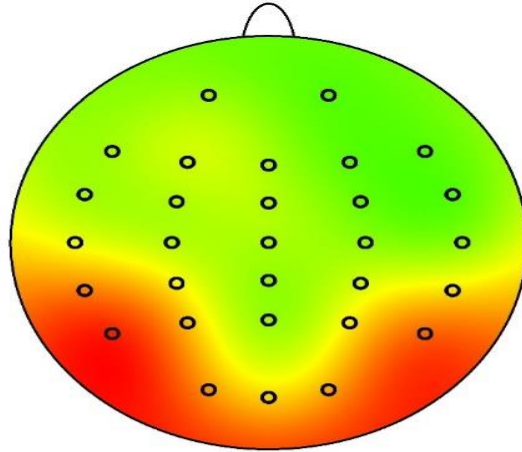


Şekil 6.5. Maksimum alfa genliklerinin gözler açık ve gözler kapalı farkı

A.



B.



**Şekil 6.6.** A. Lokasyonlara göre gözler açık spontan EEG alfa frekans değerleri B. Lokasyonlara göre gözler kapalı spontan EEG alfa frekans değerleri

Şekil 6.6 spontan EEG' de gözler açık ve gözler kapalı koşulunda alfa değerlerini göstermektedir. Kırmızı renkte görülen bölgeler alfa aktivitesinin en yüksek olduğu bölgelerdir. Alfa aktivitesinin orta ve düşük yoğunlukta olduğu bölgeler sırasıyla turuncu, sarı ve yeşil renkte görülür. Şekil A' da görüldüğü üzere gözler açık koşulunda oksipital bölgede alfa aktivitesi sarı renkte görülürken Şekil B' de gözler kapalı koşulunda kırmızı ve turuncu renkte görülür.

Diğer tüm grup içi faktörlerde (akım şiddeti, lokasyon, hemisfer, gözler açık-kapalı x akım şiddeti, gözler açık-kapalı x lokasyon, akım şiddeti x lokasyon, gözler açık-kapalı x akım şiddeti x lokasyon, gözler açık-kapalı x hemisfer, akım şiddeti x hemisfer, gözler açık-kapalı x akım şiddeti x hemisfer, lokasyon x hemisfer, gözler açık-kapalı x lokasyon x hemisfer, akım şiddeti x lokasyon x hemisfer) alfanın maksimum genlik ölçümleri değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı sonuç bulunmadı.

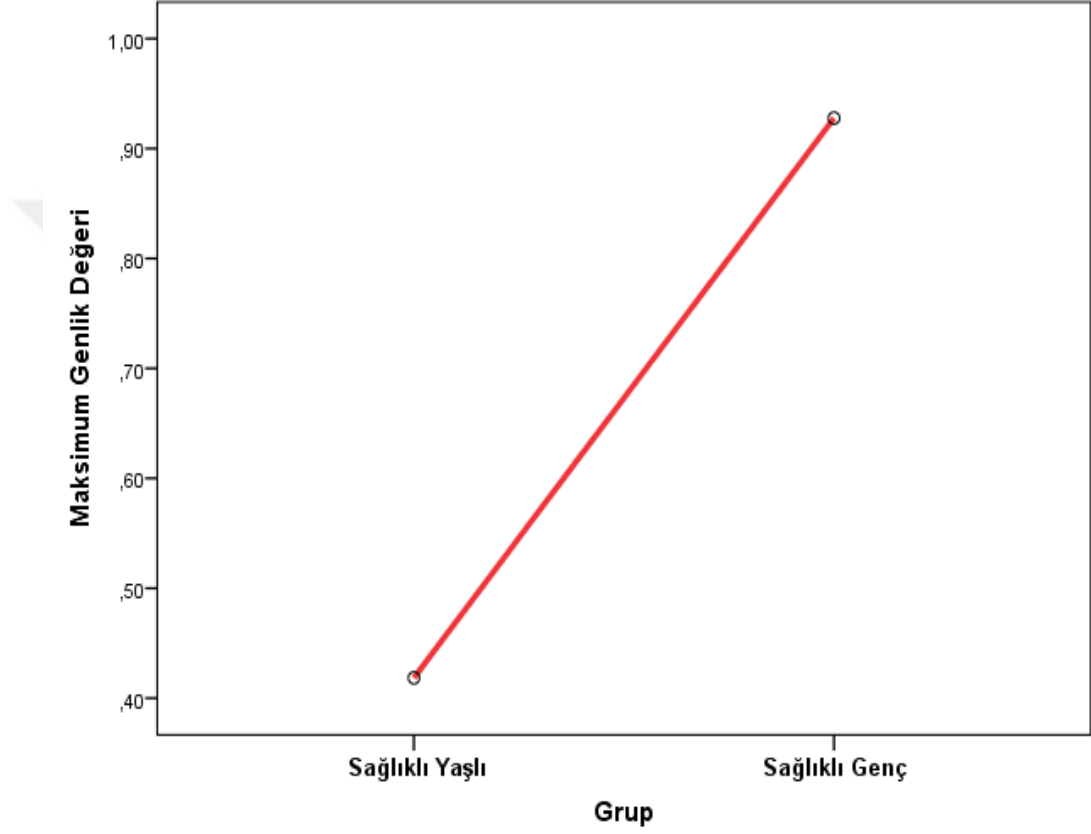
**Tablo 6.2.** Sağlıklı Yaşlı grubunda grup içi faktörlere göre istatistiksel anlamlılık düzeyleri

<b>Faktör</b>	<b>p</b>
Hemisfer	.161
Lokasyon	.207
Akım şiddeti	.697
Gözler açık x Gözler kapalı	<b>.038</b>
Lokasyon x Hemisfer	.140
Akım şiddeti x Hemisfer	.870
Akım şiddeti x Lokasyon	.338
Gözler açık/kapalı x Hemisfer	.120
Gözler açık/kapalı x Lokasyon	.267
Gözler açık/kapalı x Akım şiddeti	.362
Akım şiddeti x Lokasyon x Hemisfer	.711
Gözler açık/kapalı x Lokasyon x Hemisfer	.077
Gözler açık/kapalı x Akım şiddeti x Hemisfer	.287
Gözler açık/kapalı x Akım şiddeti x Lokasyon	.237

İstatistiksel anlamlı ( $p < 0.05$ ) sonuçlar koyu renkle gösterilmiştir.

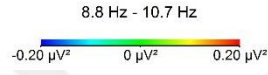
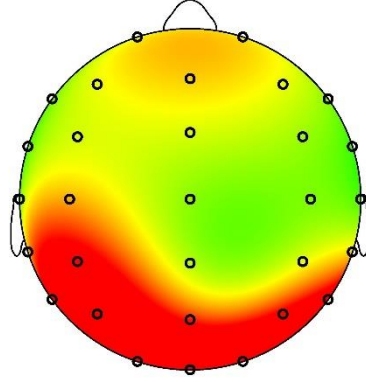
### 6.1.2. Gruplar Arası İstatistiksel Analizler

Sağlıklı Genç grubundaki maksimum alfa genlik değerlerinin Sağlıklı Yaşlı grubuna kıyasla daha yüksek olduğu gözlemlendi ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir, anlamlı olma eşiğine yakındır ( $p=0.069$ ).

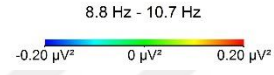
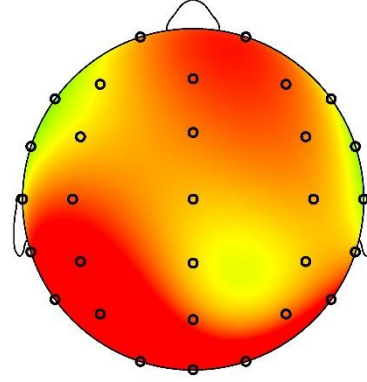


Şekil 6.7. Gruplara göre maksimum alfa genlik değerleri

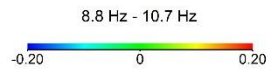
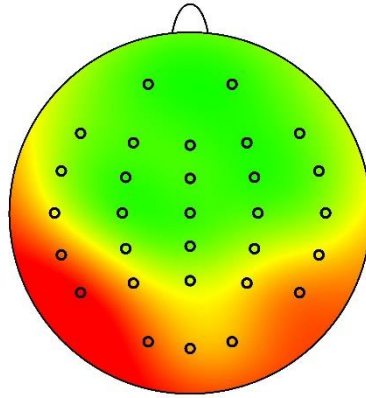
A.



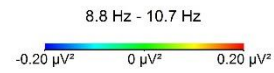
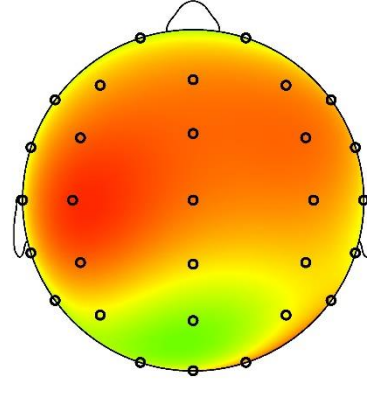
B.



C.



D.



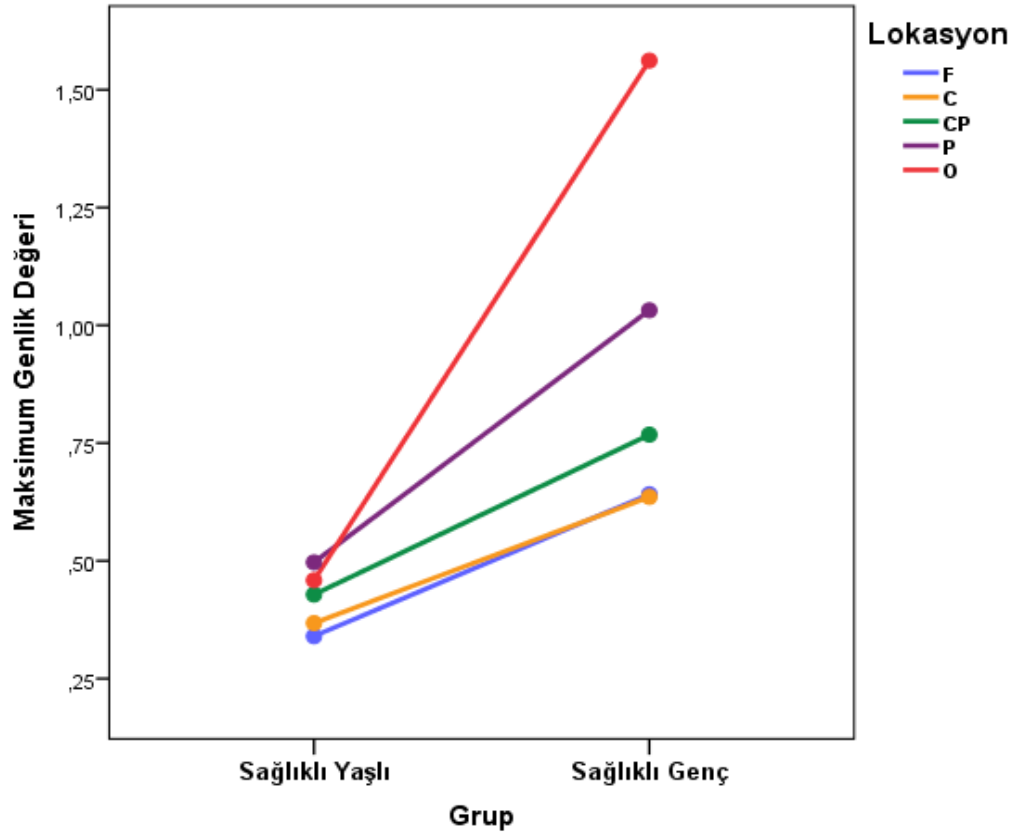
**Şekil 6.8.** A. Sağlıklı Genç grubu gözler kapalı koşulunda O1 elektrotundaki spontan EEG alfa aktivitesinin haritalama analizi, B. Sağlıklı Genç grubu gözler kapalı koşulunda O1 elektrotunda maksimum düzeyde TENS uygulaması ile görülen alfa aktivitesinin haritalama analizi, C. Sağlıklı Yaşlı grubu gözler kapalı koşulunda O1 elektrotundaki spontan EEG alfa aktivitesinin haritalama analizi, D. Sağlıklı Yaşlı grubu gözler kapalı koşulunda O1 elektrotunda maksimum düzeyde TENS uygulaması ile görülen alfa aktivitesinin haritalama analizi

Şekil 6.8 gözler kapalı koşulunda spontan EEG’de O1 elektrotunda açığa çıkan 8.8-10.7 Hz frekanslı alfa aktivitesinin haritalama analizini göstermektedir. Kırmızı renklerin olduğu bölgeler alfa aktivitesinin en yüksek olduğu bölgelerdir. Turuncu ve sarı renklerin olduğu bölgelerde kırmızı renkli bölgelere oranla alfa aktivitesi daha düşüktür. Yeşil renkli bölgeler ise alfa aktivitesinin en düşük olduğu bölgelerdir. Şekil A’ da hiçbir TENS uygulaması yok iken ve Şekil B’ de görüldüğü üzere



maksimum düzeyde TENS uygulaması ile Sağlıklı Genç grubunda alfa aktiviteleri yüksek yoğunlukta kırmızı renkte görülürken Şekil C’ de hiçbir TENS uygulaması yok iken ve Şekil D’ de görüldüğü gibi maksimum düzeyde TENS uygulaması ile Sağlıklı yaşlı grubunda daha düşüktür ve turuncu ve sarı renkte görülür.

Lokasyon grup farkı istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p=0.045$ ). Sağlıklı Genç grubunda başta oksipital olmak üzere diğer tüm lokasyonlardaki alfa genlik değerlerinin Sağlık Yaşlı grubuna oranla daha yüksek olduğu gözlemlendi.



**Şekil 6.9.** Maksimum alfa genlik değerlerinin lokasyon grup farkı  
( F: Frontal, C: Santral, CP: Santoro-Parietal, P: Parietal, O: Oksipital)

Diğer tüm gruplar arası faktörlerde (grup, hemisfer x grup, akım şiddeti x grup, gözler açık/kapalı x grup, lokasyon x hemisfer x grup, akım şiddeti x hemisfer x grup, akım şiddeti x lokasyon x grup, gözler açık/kapalı x hemisfer x grup, gözler açık/kapalı x lokasyon x grup, gözler açık/kapalı x akım şiddeti x grup) alfanın maksimum genlik ölçümü değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı sonuç bulunmadı.

**Tablo 6.3.** Gruplar arası faktörlere göre istatistiksel anlamlılık düzeyleri

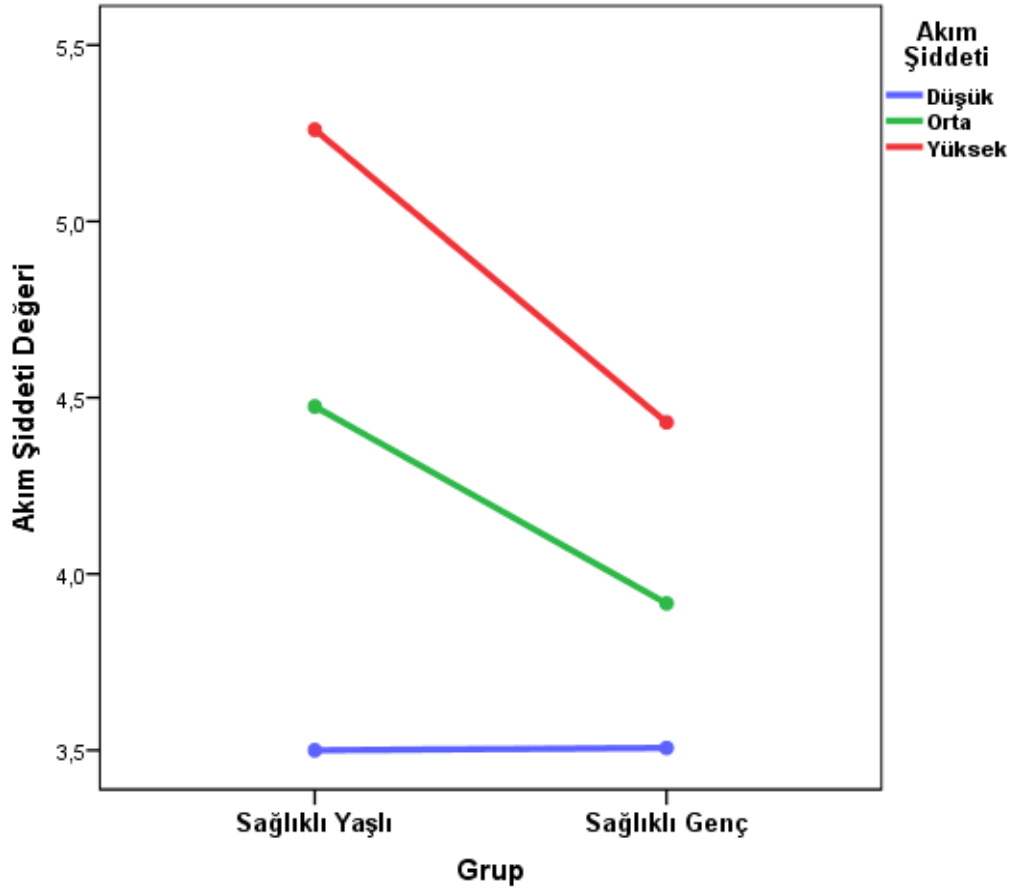
<b>Faktör</b>	<b>p</b>
Grup	.069
Hemisfer x Grup	.897
Lokasyon x Grup	<b>.045</b>
Akım şiddeti x Grup	.255
Gözler açık/kapalı x Grup	.742
Lokasyon x Hemisfer x Grup	.100
Akım şiddeti x Hemisfer x Grup	.773
Akım şiddeti x Lokasyon x Grup	.588
Gözler açık/kapalı x Hemisfer x Grup	.174
Gözler açık/kapalı x Lokasyon x Grup	.434
Gözler açık/kapalı x Akım şiddeti x Grup	.423

İstatistiksel anlamlı ( $p < 0.05$ ) sonuçlar koyu renkle gösterilmiştir.

## 6.2. Akım Şiddeti Değerlerinin Sonuçları

Sağlıklı Genç ve Sağlıklı Yaşlı grubundaki katılımcıların akım şiddeti değerleri tekrarlayan ölçümler ANOVA ile analiz edildi.

Akım Şiddeti x grup farkı istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p=0.027$ ). Şekil 6.10' da görüldüğü üzere Sağlıklı Yaşlı grubunun algıladıkları orta ve yüksek şiddetli akım değerlerinin Sağlıklı Genç gruba oranla daha yüksek olduğu gözlemlendi.



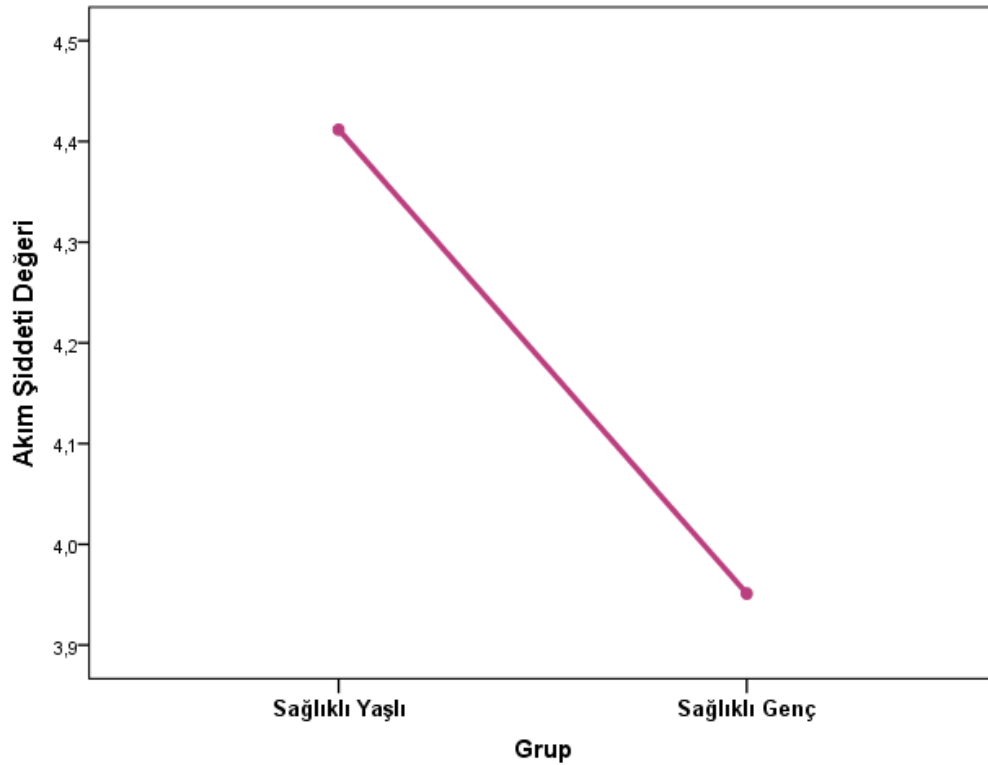
Şekil 6.10. Farklı akım şiddetlerine göre grup farkı

**Tablo 6.4.** Gruplara göre akım şiddeti değerleri

	<b>Sağlıklı Genç Grubu</b> <b>Ort ± SS</b>	<b>Sağlıklı Yaşlı Grubu</b> <b>Ort ± SS</b>
<b>Düşük (mA)</b>	3,50 ± 0,47089	3,78 ± 0,28205
<b>Orta (mA)</b>	3,91 ± 0,46084	4,47 ± 0,58890
<b>Yüksek (mA)</b>	4,43 ± 0,49706	5,26 ± 1,30059

Ort: Ortalama, SS: Standart Sapma, mA: Miliamper

Ortalama akım şiddeti değerlerinde gruplar arası fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ( $p=0.052$ ). Şekil 6.11’ da görüldüğü gibi Sağlıklı Yaşlı grubunun akım şiddeti değerleri Sağlıklı Genç grubuna göre daha yüksektir.



**Şekil 6.11.** Akım şiddeti değerlerinin grup farkı (Akım şiddeti değeri: mA)

## 7. TARTIŞMA

Çalışmamızda sağlıklı gençlerde ve sağlıklı yaşlılarda düşük akım şiddetinden yüksek akım şiddetine doğru dereceli olarak farklı akım şiddetlerinde verilen TENS' in beyinde nasıl değişiklik gösterdiği, hangi frekanslarla temsil edildiği ve gençler ile yaşlılar arasındaki fark incelendi. Bu tez kapsamında aşağıdaki sonuçlara ulaşıldı.

Sağlıklı gençlerde hem spontan EEG alfa aktivitesi hem de dereceli olarak farklı akım şiddetlerinde verilen TENS uygulaması ile ortaya çıkan alfa aktivitesi sağlıklı yaşlılardan yüksektir.

Sağlıklı gençlerde oksipitalde ve parietalde yüksek olan alfa aktivitesi yaşlılara göre daha yüksektir.

Sağlıklı gençlerde TENS uygulamasının alfa aktivitesini arttırdığı ve akım miktarı kademeli olarak arttıkça alfa aktivitesinin de arttığı görüldü. Sağlıklı yaşlılarda bu durum aynı değildir.

Sağlıklı gençlerde TENS uygulaması ile sırasıyla en yüksek oksipital bölgede ve parietal bölgede değişiklik görüldü. Sağlıklı yaşlılarda ise en yüksek parietal bölgede değişiklik olduğu ancak bunun anlamlı olmadığı görüldü.

Sağlıklı yaşlılarda gözler kapalı durumdaki alfa aktivitesi gözler açık durumdakinden yüksektir. Sağlıklı gençlerde de gözler kapalı durumdaki alfa aktivitesi gözler açıktan yüksektir ancak bu durum anlamlı değildir.

Sağlıklı yaşlıların algıladıkları orta ve yüksek şiddetli akım değerleri sağlıklı gençlerden daha yüksektir. Sağlıklı yaşlıların akım şiddeti değerleri sağlıklı gençlerden yüksektir ve bu durum anlamlılığa yakın görüldü.

Bu tez çalışması ile dünya literatüründe ilk kez TENS' in direkt etkisi EEG beyin osilasyonları ile incelendi. Bu etki incelenirken yaş faktörü de göz önüne alındı, yaşlanmanın etkisi ile duysal algıda ve beynin dinamik yapısında açığa çıkabilecek muhtemel değişiklikler saptandı. Bu çalışmanın ortaya çıkardığı en önemli sonuçlardan biri genç bireylerde TENS' in uyaran şiddeti artırıldığında EEG'de alfa aktivitesinin de göreceli olarak artış göstermesidir. Yaşlı bireylerde ise

bu dereceli artış görülmemektedir. Bu tezin önemli sonuçlarından bir diğeri de TENS uygulaması sırasında açığa çıkan alfa aktivitesinin genel olarak genç sağlıklılarda yaşlı sağlıklılardan yüksek olmasıdır. Bu sonuçlar TENS' in beynin dinamik yapısındaki yansımalarını görmek açısından önemlidir ve literatürde bu alanda bir standart oluşturabilir. İleride kişi sayısı arttırılarak cinsiyet farklılıkları da saptanmalıdır. Artan kişi sayısı ile sağlıklı kişilerde genel bir standardizasyona gidilebilir. Bu standardizasyon daha sonra farklı patolojilerde duyu hasarı değerlendirilmesinde kullanılabilir. İleride yapılacak çalışmalar ile farklı hastalık tiplerinde bu etkinin nasıl farklılık gösterdiği araştırılabilir.

Bu tez çalışması ile TENS daha çok somatosensöryel bir uyarın olarak kullanıldı, ağrı giderici özelliği değerlendirilemedi. Klinik uygulamasında ağrı giderici olarak kullanılan TENS' in etkisi ileride yapılacak çalışmalar ile gösterilebilir. Ağrı polikliniklerine başvuran hastalar ile tedavi öncesi, tedavi esnasında ve tedavi bitiminde EEG aktivitesinin nasıl değiştiği incelenirse TENS' in ağrı giderici etkinliğinde beynin dinamik yapısı nasıl değişiyor araştırılabilir. Bu tez tüm bu çalışmalara öncülük edebilecek bir ön çalışmadır.

### **7.1. Alfa Aktivitesinin Fonksiyonel Anlamı**

EEG aktivitesi genel olarak farklı frekansların üst üste binmesi ile oluşan doğrusal olmayan karmaşık bir sinyaldir. Bu farklı frekanslar düşük frekanslardan yüksek frekanslara değişiklik gösterir (Delta (0.5-3.5 Hz) , teta (4-7 Hz) , alfa (8-13 Hz), beta (15-30 Hz), gamma (28-48 Hz)). Bizim tez çalışmamızda da kullandığımız spontan EEG'de kişinin genel olarak herhangi bir aktivite gerçekleştirmeden beyin elektriksel aktivitesi ölçülür ve farklı frekansların nasıl değiştiği incelenir. Gözler açık durumda alınan EEG' de ortaya çıkan aktivite ile gözler kapalı durumda alınan EEG' de ortaya çıkan aktiviteler birbirinden farklıdır. Bu sebeple spontan EEG değerlendirilirken hem gözler açık durumda hem de gözler kapalı olarak değerlendirme yapılır. EEG'de açığa çıkan bu farklı frekanslar bebeklikten gelişme çağına, yaşlılığa ve hastalıklara göre değişiklik gösterir. Tüm frekansların tek tek özelliklerine değinmek bu tez tartışmasında mümkün olmasa da en önemli farkların tespit edildiği alfa frekansına değinmekte yarar vardır. Hans Berger'in alfa frekansını

keşfetmesi ve sonrasında Adrian ve Matthew' in çalışmaları ile alfa ritmi 'uyanık ancak sakin bir zihin hali'' olarak tariflenmiştir (45). Sessiz bir ortamda normal bir kişinin gözler kapalı durumda, istirahat durumundayken alınan EEG kayıtlamasında görülen dominant ritm alfa'dır. Spontan aktivitede alfa frekansı 8-13 Hz arasında özellikle posterior bölgenin ana ritmidir. Bebeklerde alfa aktivitesi görülmez, alfa aktivitesi üç yaşından sonra EEG'de açığa çıkmaya başlar ve gelişme çağında değişiklik göstermeye devam eder. Araştırmalar kişi on altı yaşına geldiğinde alfa aktivitesinin stabil olduğunu söyler. Gözlerin açılması veya duysal uyarım gibi bazı durumlarda alfa aktivitesi baskılanır (10), (46), (47).

Gözler kapatıldığında açığa çıkan alfa aktivitesi gözler açık durumunda açığa çıkan alfa aktivitesinden yüksektir. Alfa aktivitesi genel olarak oksipital bölgenin ve bir miktar da parietal bölgenin dominant ritmi olmasına rağmen yaşın ilerlemesi ile frontal bölgelerde de alfa aktivitesi artar. Bunun dışında posterior bölgelerde alfa aktivitesinde azalma Alzheimer, Parkinson gibi hastalıklarda oldukça sık görülür (48). Bu hastaların alfa aktivitesi sağlıklı yaşlı bireylere göre daha düşüktür. Bu sebeple EEG'de alfa aktivitesi oldukça dominant olarak görülen ve bozulması patolojik olarak tanımlanabilecek önemli frekanslardan biridir. Alfa aktivitesi hücresele düzeyde ölçülmüş ve bunun sonucunda alfa aktivitesinin beynin temel fizyolojik özelliklerini yansıttığı belirtilmiştir. Başar' a göre alfa aktivitesi beynin fonksiyonel durumunu yansıtır (10).

Alfa frekansı çok yönlü işlevsel özelliklere sahiptir; alfa ritimleri duysal, motor ve bilişsel fonksiyonlar da dahil olmak üzere önemli fonksiyonel özelliklere sahiptir. Çeşitli işlevlerde yapı taşları olarak işlev görürler. Yetişkin beyinde alfa frekansı ilişkili fonksiyona ve topolojiye bağlıdır. Örneğin; oksipital korteks yüksek genlikli düzenli alfa aktivitesi gösterirken, frontal korteks dinlenme durumunda zayıf alfa aktivitesine sahiptir (46).

Alfa frekansları duysal uyarılma sırasında modüle edilir Schürmann ve Başar (49). Alfa frekansı beyinde birçok bölgede saptansa da uyarının tipi ve kayıtlama bölgesiyle büyük ölçüde ilişkili olduğu görülmektedir. Alfa frekansının; duysal uyarım verilmesiyle birlikte beyindeki işleme merkezi ile uyumlu olması, alfa frekansının duysal işleme ile ilgili özel bir role sahip olduğunu düşündürmektedir (8).

Deney hayvanları üzerinde yapılan bir çalışmada cilde uygulanan somatosensöryel bir uyarı sonucu insanlarda postsantral gyrusa karşılık gelen alanda (Brodmann 1) EEG' de elektriksel aktivitede değişiklik olduğu saptanmıştır (47).

Talamik nukleuslar kortekste alfa aktivitesini belirleyen temel kaynaklardır. Talamusun aktivasyonu ile alfa aktivitesi tetiklenir (50). Bu da alfa aktivitesinin duysal açıdan önemli olduğunu göstermektedir.

Yapılan bir çalışmada alfa frekansının duysal işlemeyi inhibe eden bir işleve sahip olduğu belirtilmiştir (51). Buna paralel olarak çalışmalarda yüksek genlikli alfa frekanslarının görevle ilişkili olmayan kortikal alanların faaliyetinin inhibisyonu ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (52), (53). Klimesch (54) alfa frekanslarının amplitüdünün artmasının inhibisyondan kaynaklı olduğunu öne sürmüştür. Alfa frekansındaki artışın somatosensöryel bölgedeki senkronizasyon, hücresel uyarılabilirlikteki azalma ve ağrı hissini baskılama işlevine bağlı olduğu bildirilmiştir (55).

Teorik olarak alfa dalgalarının inhibitör nöronların aktivitesini gösterdiği ileri sürülmüştür (50). TENS uygulamasında somatosensöryel uyarı olarak elektriksel akım verilir. TENS' in etki mekanizmalarına bakıldığında hem kapı kontrol teorisinde hem de opioid sistem teorisinde inhibitör nöronlar görev alır. İnhibitör nöronlar tarafından inhibisyon spinotalamik yol vasıtasıyla gerçekleştirilir (17). Dolayısıyla inhibitör mekanizmada spinotalamik yol ve talamus önemlidir. Gerek TENS' in etki mekanizmasının inhibitör nöronlarla gerek ise alfanın inhibitör nöronların aktivasyonu ile ortaya çıkmasından kaynaklı TENS uygulamasının alfa aktivitesinde artışa neden olduğu düşünülebilir.

Yaşlanmayla birlikte beyindeki sinir hücrelerinin sayısında azalma olur ve cilt altında bulunan reseptör sayılarında da azalma olur (40), (56). Alfa frekansındaki azalma talamus ve korteksin önemsiz bilgileri inhibe etme işlevini gerçekleştirememesinden kaynaklandığını göstermektedir (50).



Çalışmamızda gençlerde TENS uygulaması ile alfa aktivitesinde artış görüldü. Bu sonuç TENS' in somatosensöryel uyaran olarak kullanılması ve hem TENS' in hem de alfa frekansının inhibitör mekanizmayla ilişkili olduğunun kanıtıdır. TENS uygulamasının inhibitör mekanizmayı aktifleştirdiği ve alfa aktivitesinin de inhibitör mekanizmanın aktivasyonu ile arttığı düşünülebilir.

Çalışmamızda gençlerde alfa aktivitesinin yaşlılardan yüksek olduğu görüldü. Bu sonuç; yaşla birlikte beyindeki sinir hücrelerinin sayısının azalması, talamus, spinotalamik yol ve korteksin inhibisyon mekanizmasını tam olarak gerçekleştirememesinin kaynaklı olduğu düşünülebilir.

Çalışmamızda yaşlılarda alfa aktivitesi gözler kapalı durumda gözler açık duruma göre yüksektir. Gözler açıkken alfa baskılanır özellikle posterior lokasyonlarda belirgindir (55). Pek çok araştırmacı tarafından yapılan çalışmalar gözler kapatıldığında alfa aktivitesinin arttığını göstermektedir ve gözler açık veya kapalı olma durumuna göre amplitüdünün değişmesi alfa aktivitesinin oksipital bölgede bulunan vizüel korteksin baskın frekansı olduğunu göstermektedir.

Çalışmamızda TENS uygulaması ile elektriksel uyaran kullanılmıştır. Elektriksel uyarının cilt tarafından tanımlanması ve işleme sürecinin daha az zaman alması TENS' in etki mekanizmalarını görmek açısından önemlidir (57).

Çalışmamızda yaşlıların algıladıkları elektriksel akım şiddeti değerleri gençlerden yüksektir. Bu sonuç; yaşla birlikte cilt altındaki reseptör sayılarında azalma ve beyindeki sinir hücrelerinin sayısının azalmasına bağlı olarak duyarlılıklarının azalmasının kanıtıdır (55), (40), (43), (44).

Literatürde TENS uygulaması sırasında alınan spontan EEG kaydıyla ilgili bir çalışma mevcut değildir. Çalışmamız sağlıklı bireylerde TENS uygulamasının etkisini spontan EEG ile inceleyen ilk çalışmadır. Elde edilen bu sonuçlar literatürde sağlıklı gençlerde ve sağlıklı yaşlılarda bir standardizasyon oluşturması bakımından önemlidir. Sağlıklı bireylerde açığa çıkan bu bulgular özellikle duyu kaybı olmak üzere farklı patolojilerin duyu değerlendirmelerinde objektif bir değerlendirme olarak kullanılabilir.

## 8. SONUÇ

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar şöyle sıralanabilir;

- Sağlıklı gençlerde TENS uygulaması alfa aktivitesini artırır ve akımın şiddeti arttıkça alfa aktivitesi de artar. Sağlıklı yaşlılarda bu durum değişir.
- Sağlıklı yaşlılarda gözler kapalı durumda alfa aktivitesi gözler açık durumdan yüksektir.
- Sağlıklı gençlerde hem hiçbir uygulama olmadığında hem de TENS uygulaması ile ortaya çıkan alfa aktivitesi sağlıklı yaşlılardan yüksektir.
- Sağlıklı gençlerde oksipital ve parietal bölgedeki alfa aktivitesi sağlıklı yaşlılardan yüksektir.
- Sağlıklı yaşlıların algıladıkları orta ve yüksek akım şiddeti değerleri sağlıklı gençlerden yüksektir.
- Sağlıklı yaşlıların algıladıkları akım şiddeti değerleri sağlıklı gençlerden yüksektir.

## 9. KAYNAKLAR

1. DeSantana JM, Walsh DM, Vance C, Rakel BA, Sluka KA. Effectiveness of transcutaneous electrical nerve stimulation for treatment of hyperalgesia and pain. *Current rheumatology reports*, 10(6), 492-499, 2008.
2. Lynch L, Simpson KH. Transcutaneous electrical nerve stimulation and acute pain. *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain*, 2(2), 49-52, 2002.
3. Kane K, Taub A. A history of local electrical analgesia. *Pain*, 1(2), 125-138, 1975.
4. Melzack R, Wall PD. Pain mechanisms: a new theory. *Survey of Anesthesiology*, 11(2), 89-90, 1967.
5. Dowswell T, Neilson JP, Lavender T. Transcutaneous electrical nerve stimulation for pain relief in labour. status and date: Edited, published in, (1), 2008.
6. Başar E. EEG-brain dynamics: relation between EEG and brain evoked potentials. Elsevier-North-Holland Biomedical Press, 1980.
7. Niedermeyer E. Alpha rhythms as physiological and abnormal phenomena. *International Journal of Psychophysiology*, 26(1), 31-49, 1997.
8. Başar E, Schürmann M, Başar-Eroglu C, Karakaş S. Alpha oscillations in brain functioning: an integrative theory. *International journal of psychophysiology*, 26(1), 5-29, 1997.
9. Başar E, Güntekin B. Darwin's evolution theory, brain oscillations, and complex brain function in a new "Cartesian view". *International Journal of Psychophysiology*, 71(1), 2-8, 2009.
10. Başar E. A review of alpha activity in integrative brain function: fundamental physiology, sensory coding, cognition and pathology. *International Journal of Psychophysiology*, 86(1), 1-24, 2012.
11. Tülay EE. Beyin elektriksel aktivitesinin ölçümü ve sinyal analizi.(Doctoral dissertation, İstanbul Kültür Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı), 2009.

12. Yüksel M. Fibromiyalji sendromunda kantitatif EEG bulguları, TENS ve akupunkturun tedavideki etkinliği. 2014.
13. Vance CG, Dailey DL, Rakel B. A, Sluka KA. Using TENS for pain control: the state of the evidence. *Pain management*, 4(3), 197-209, 2014.
14. Kasat V, Gupta A, Ladda R, Kathariya M, Saluja H, Farooqui AA. Transcutaneous electric nerve stimulation (TENS) in dentistry-A review. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 6(5), e562, 2014.
15. Johnson M. Transcutaneous electrical nerve stimulation: mechanisms, clinical application and evidence. *Reviews in pain*, 1(1), 7-11, 2007.
16. Sluka KA, Walsh D. Transcutaneous electrical nerve stimulation: basic science mechanisms and clinical effectiveness. *The Journal of pain*, 4(3), 109-121, 2003.
17. Eti Z. Transkutan Elektriksel Sinir Stimülasyonu p. 643-6 İçinde: Erdine S (Ed). Ağrı. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri, 2007.
18. Tarakçı E. Transkutanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonu p. 119-28 İçinde: Özdiñler AR (Ed). Fiziksel Modaliteler ve Elektroterapi. İstanbul: İstanbul Tıp Kitabevi, 2014.
19. Katch EM. Applications of transcutaneous electrical nerve stimulation in dentistry. *Anesthesia progress*, 33(3), 156, 1986.
20. Coenen A, Zayachkivska O. Adolf Beck: A pioneer in electroencephalography in between Richard Caton and Hans Berger. *Advances in cognitive psychology*, 9(4), 216, 2013.
21. Berger H. Über das elektrenkephalogramm des menschen. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 87(1), 527-570, 1929.
22. Güntekin B, Başar E. Gender differences influence brain's beta oscillatory responses in recognition of facial expressions. *Neuroscience Letters*, 424(2), 94-99, 2007.
23. Güntekin B, Başar E. Brain oscillations are highly influenced by gender differences. *International Journal of Psychophysiology*, 65(3), 294-299, 2007.

24. Jones KA, Porjesz B, Chorlian D, Rangaswamy M, Kamarajan C, Padmanabhapillai A, ... & Begleiter H. S-transform time-frequency analysis of P300 reveals deficits in individuals diagnosed with alcoholism. *Clinical Neurophysiology*, 117(10), 2128-2143, 2006.
25. Kolev V, Yordanova J, Basar-Eroglu C, Basar E. Age effects on visual EEG responses reveal distinct frontal alpha networks. *Clinical Neurophysiology*, 113(6), 901-910, 2002.
26. Güntekin B. Yüz İfadesini Beyin Elektrofizyolojik Olarak Nasıl Algılar. Beyin Dinamiği Yöntemleri ile Analiz, Doktora tezi, Dokuz Eylül Üni., Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2006.
27. Walter WG, Dovey VJ. Electro-encephalography in cases of sub-cortical tumour. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, 7(3-4), 57, 1944.
28. Neuper C, Pfurtscheller G. Event-related dynamics of cortical rhythms: frequency-specific features and functional correlates. *International journal of psychophysiology*, 43(1), 41-58, 2001.
29. Kilavik BE, Zaepffel M, Brovelli A, MacKay WA, Riehle A. The ups and downs of beta oscillations in sensorimotor cortex. *Experimental neurology*, 245, 15-26, 2013.
30. Başar E, Başar-Eroğlu C, Karakaş S, Schürmann M. Brain oscillations in perception and memory. *International journal of psychophysiology*, 35(2), 95-124, 2000.
31. Britton JW, Frey LC, Hopp JL, Korb P, Koubeissi MZ, Lievens WE, ... & St, L. E. *Electroencephalography (EEG): An introductory text and atlas of normal and abnormal findings in adults, children, and infants*, 2016.
32. Başar E. *Brain Function and Oscillations. Volume I: Brain Oscillations. Principles and Approaches*, p.80, Springer Berlin, 1998.
33. Engin EZ. Sayısal ses işleminin tıbbi tanıda kullanılması (Doctoral dissertation, Ege Üniversitesi), 2003.

34. Şekeroğlu ZA, Şekeroğlu V. Oksidatif mitokondrial hasar ve yaşlanmadaki önemi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 2(2), 69-74, 2009.
35. World Health Organization. Psychogeriatrics: report of a WHO scientific group [meeting held in Geneva from 19 to 23 October 1970], 1972.
36. World Health Organization. The uses of epidemiology in the study of the elderly: report of a WHO Scientific Group on the Epidemiology of Aging [meeting held in Geneva from 11 to 17 January 1983], 1984.
37. Crampton A. Global aging: emerging challenges. *The Pardee Papers*, 6, 1-25, 2009.
38. World Health Organization. World report on ageing and health. World Health Organization, 2015.
39. Keskin AO, Uncu G, Tanburoğlu A, Adapınar DÖ. Yaşlanma Ve Yaşlılıkla İlgili Nörolojik Hastalıklar/ Aging And Senility Related Neurologic Diseases. *Osmangazi Journal Of Medicine*, 38, 2016.
40. Nalbant, S. Yaşlılıkta Fizyolojik Değişiklikler. *Nobel Medicus*, 2008.
41. Knopman DS, Boeve BF, Petersen RC. Essentials of the proper diagnoses of mild cognitive impairment, dementia, and major subtypes of dementia. In *Mayo Clinic Proceedings* (Vol. 78, No. 10, pp. 1290-1308), Elsevier, October, 2003.
42. Miller KE, Zylstra RG, Standridge JB. The geriatric patient: a systematic approach to maintaining health. *American Family Physician*, 61(4), 1089-1104, 2000.
43. Karakaş S. Yaşlanmanın Anatomisi. *The Journal of Turkish Family Physician*, 2012.
44. Yıldırım B, Özkahraman Ş, Ersoy S. Yaşlılıkta görülen fizyolojik değişiklikler ve hemşirelik bakımı. *Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(2), 19-23, 2012.
45. Adrian, ED, Matthews BH. The Berger rhythm: potential changes from the occipital lobes in man. *Brain*, 57(4), 355-385, 1934.

46. Başar E, Güntekin, B. A short review of alpha activity in cognitive processes and in cognitive impairment. *International Journal of Psychophysiology*, 86(1), 25-38, 2012.
47. Yılmaz Ö. Fizyoterapide Kullanılmak Üzere Somatosensoriyel Uyaranların Değerlendirilmesine Yönelik Elektrofizyolojik Bir Metotun Geliştirilmesi. (Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi/Sağlık Bilimleri Enstitüsü/Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı), 2006.
48. Babiloni C, Del Percio C, Lizio R, Noce G, Cordone S, Lopez S, ... & Arnaldi D. Abnormalities of cortical neural synchronization mechanisms in patients with dementia due to Alzheimer's and Lewy body diseases: an EEG study. *Neurobiology of Aging*, 55, 143-158, 2017.
49. Schürmann M, & Başar E. Functional aspects of alpha oscillations in the EEG. *International Journal of Psychophysiology*, 39(2), 151-158, 2001.
50. Klimesch W, Sauseng P, Hanslmayr S. EEG alpha oscillations: the inhibition-timing hypothesis. *Brain research reviews*, 53(1), 63-88, 2007.
51. Ray WJ, & Cole HW. EEG activity during cognitive processing: influence of attentional factors. *International Journal of Psychophysiology*, 3(1), 43-48, 1985.
52. Klimesch W. Memory processes, brain oscillations and EEG synchronization. *International journal of psychophysiology*, 24(1), 61-100, 1996.
53. Klimesch W. EEG-alpha rhythms and memory processes. *International Journal of Psychophysiology*, 26(1), 319-340, 1997.
54. Klimesch W. Evoked alpha and early access to the knowledge system: the P1 inhibition timing hypothesis. *Brain research*, 1408, 52-71, 2011.
55. Le Pera D, Svensson P, Valeriani M, Watanabe I, Arendt-Nielsen L, Chen AC. Long-lasting effect evoked by tonic muscle pain on parietal EEG activity in humans. *Clinical Neurophysiology*, 111(12), 2130-2137, 2000.

56. Kalisch T, Tegenthoff M, & Dinse H R. Improvement of sensorimotor functions in old age by passive sensory stimulation. *Clinical interventions in aging*, 3(4), 673, 2008.

57. Buchthal F, & Schmalbruch H. Motor unit of mammalian muscle. *Physiological reviews*, 60(1), 90-142, 1980.





## 10. EKLER

### EK-1 Gönüllü Bilgilendirme Formu

#### GÖNÜLLÜ BİLGİLENDİRME FORMU

Sayın Gönüllü;

Bu çalışma, " Sağlıklı Bireylerde Transkutanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonunun EEG Üzerindeki Etkisi " amacıyla yapılmaktadır. Bu amaç doğrultusunda (18-30 yaş) sağlıklı genç ve (60 yaş ve üzeri) sağlıklı yaşlı bireylerin TENS (Transkutanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonu) uygulaması sırasında EEG (Elektroensefalografi) ile beyin aktivasyonundaki değişim incelenecektir. Çalışmaya toplam 30 gönüllü birey alınacaktır.

Analiz yöntemlerinden EEG yöntemiyle, kişilerin beyin aktivitesi ölçülerek ve bilgisayar ortamında analiz işlemleri yapılarak gerçekleştirilecektir. Tüm kişilerdeki beyin elektrik aktivitesi hiçbir girişim yapılmadan 30 dakika kaydedilecek ve bilgisayar işlemlerinden geçirildikten sonra değerlendirilecektir. İşlem için uygulanacak elektrotlar ve jellerin kişiye hiçbir zararı ve yan etkisi bulunmamaktadır. TENS; pille çalışan cihazlarla yapılan ve ağırlı durumlarda kullanılan bir uygulamadır. Uygulama sırasında TENS elektrotları elin dış yüzeyine yerleştirilecektir ve uygulama 30 dakika sürecektir. Uygulamanın zararlı bir etkisi yoktur. İstenildiğinde kullanımına son verilebilir.

Çalışmaya katılmak tamamen gönüllülük esasına dayanmaktadır. Çalışmaya katılmama veya katıldıktan sonra herhangi bir anda çalışmadan ayrılma hakkına sahiptir. Her iki durumda da bir ceza veya hakkınız olan yararların kaybı kesinlikle söz konusu olmayacaktır. Bu araştırmada yer almanız nedeniyle size hiçbir ödeme yapılmayacaktır. Size ait tüm tıbbi ve kimlik bilgileriniz gizli tutulacaktır. Araştırma yayınlansa bile kimlik bilgileriniz verilmeyecektir, ancak araştırmanın izleyicileri, yoklama yapanlar, etik kurullar, ve resmi makamlar gerektiğinde tıbbi bilgilerinize ulaşabilir. Siz de istediğinizde tıbbi bilgilerinize ulaşabilirsiniz.

## **Çalışmaya Katılma Onayı**

Yukarıda gönüllüye araştırmadan önce verilmesi gereken bilgileri okudum. Aklıma gelen tüm soruları araştırmacıya sordum, yazılı ve sözlü olarak bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntıyla anlamış bulunmaktayım. Çalışmaya katılmayı isteyip istemediğime karar vermem için bana yeterli zaman tanındı. Bu koşullar altında, bana ait tıbbi bilgilerin gözden geçirilmesi, transfer edilmesi ve işlenmesi konusunda araştırma yürütücüsüne yetki veriyor ve söz konusu araştırmaya ilişkin bana yapılan katılım davetini hiçbir zorlama ve baskı olmaksızın büyük bir gönüllülük içerisinde kabul ediyorum.

### **Gönüllünün:**

Adı Soyadı:

Adresi:

Tel:

Tarih ve İmza :

### **Velayet veya vesayet altında bulunanlar için veli veya vasinin :**

Adı Soyadı:

Adresi:

Tel:

Tarih ve İmza :

### **Araştırma yapan araştırmacının :**

Adı Soyadı:

Görevi:

Adresi:

Tel:

Tarih ve İmza:

**Olur alma işlemine başından sonuna kadar tanıklık eden kuruluş görevlisinin /görüşme tanığının:**

Adı Soyadı:

Görevi :

Adresi:

Tel:

Tarih ve İmza:



## 11. ETİK KURUL ONAYI



T.C.  
İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ  
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığı

E-İmzalıdır

Sayı : 10840098-604.01.01-E.6805  
Konu : Etik Kurulu Kararı

10/03/2017

Sayın Ebru YILDIRIM

Üniversitemiz Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kuruluna yapmış olduğunuz "Sağlıklı Bireylerde Transkutanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonunun EEG Üzerindeki Etkisi" isimli başvurunuz incelenmiş olup, etik kurulu kararı ekte sunulmuştur

Bilgilerinize rica ederim.

Prof. Dr. Hanefi ÖZBEK  
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar  
Etik Kurulu Başkanı

Ek:  
-Karar Formu (2 sayfa)

Bu belge 5070 sayılı e-İmza Kanununa göre Prof. Dr. Hanefi ÖZBEK tarafından 10.03.2017 tarihinde e-imzalanmıştır. Evrağınızı <https://ebys.medipol.edu.tr/e-imza> linkinden B6C09A1CXE kodu ile doğrulayabilirsiniz.

İstanbul Medipol Üniversitesi  
Kavacık Mah. Ekinçiler Cad.No:19 Kavacık Kavşağı 34810  
Beykoz/İSTANBUL

Tel: 444 85 44  
İnternet: [www.medipol.edu.tr](http://www.medipol.edu.tr)  
Ayrıntılı Bilgi İçin : [bilgi@medipol.edu.tr](mailto:bilgi@medipol.edu.tr)

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR  
ETİK KURULU KARAR FORMU

<b>BAŞVURU BİLGİLERİ</b>	<b>ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI</b>	Sağlıklı Bireylerde Transkutanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonunun EEG Üzerindeki Etkisi			
	<b>KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI</b>	Ebru Yıldırım			
	<b>KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI</b>	Fizyoterapist			
	<b>KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ</b>	İstanbul			
	<b>DESTEKLEYİCİ</b>	-			
	<b>ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER</b>	TEK MERKEZ <input checked="" type="checkbox"/>	ÇOK MERKEZLİ <input type="checkbox"/>	ULUSAL <input checked="" type="checkbox"/>	ULUSLARARASI <input type="checkbox"/>

**İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR  
ETİK KURULU KARAR FORMU**

Değerlendirilen Belgeler	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili	
		ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ/PLANI	24.02.2017		Türkçe <input checked="" type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU	24.02.2017		Türkçe <input checked="" type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>	
Karar Bilgileri	Karar No: 76		Tarih: 08/03/2017		
	Yukarıda bilgileri verilen Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın gereke, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve araştırmanın etik ve bilimsel yönden uygun olduğuna "oybirliği" ile karar verilmiştir.				

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU	
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI	Prof. Dr. Hanefi ÖZBEK

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişki		Katılım *		İmza
Prof. Dr. Şeref DEMİRAYAK	Eczacılık	İstanbul Medipol Üniversitesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Hanefi ÖZBEK	Farmakoloji	İstanbul Medipol Üniversitesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Yrd. Doç. Dr. Sibel DOĞAN	Psiko-onkoloji	İstanbul Medipol Üniversitesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Yrd. Doç. Dr. Devrim TARAKCI	Ergoterapi	İstanbul Medipol Üniversitesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Yrd. Doç. Dr. İlknur KESKİN	Histoloji ve Embriyoloji	İstanbul Medipol Üniversitesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Yrd. Doç. Dr. Mehmet Hikmet ÜÇİŞİK	Biyoteknoloji	İstanbul Medipol Üniversitesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	

\* :Toplantıda Bulunma

## 12. ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı	Ebru	Soyadı	YILDIRIM
Doğum Yeri		Doğum Tarihi	
Uyruğu		TC Kimlik No	
E-mail		Tel	

### Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Doktora/Uzmanl		
Yüksek Lisans	İstanbul Medipol Üniversitesi	2017
Lisans	İstanbul Medipol Üniversitesi	2016
Lise	Sultangazi Atatürk Lisesi	2011

### İş Deneyimi (Sondan geçmişe doğru sıralayın)

	Görevi	Kurum	Süre (Yıl - Yıl)
1.			-
2.			-
3.			-

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*
İngilizce	İyi	İyi	İyi

\* Çok iyi, iyi, orta, zayıf olarak değerlendirin

Yabancı Dil Sınav Notu								
KPDS	YDS	IELTS	TOEFL IBT	TOEFL PBT	TOEFL CBT	FCE	CAE	CPE
	56,25							

Başarılmış birden fazla sınav varsa, tüm sonuçlar yazılmalıdır

KPDS: Kamu Personeli Yabancı Dil Sınavı; YDS: Yabancı Dil Bilgisi Seviye Tespit Sınavı; IELTS: International English Language Testing System; TOEFL IBT: Test of English as a Foreign Language-Internet-Based Test TOEFL PBT: Test of English as a Foreign Language-Paper-Based Test; TOEFL CBT: Test of English as a Foreign Language-Computer-Based Test; FCE: First Certificate in English; CAE: Certificate in Advanced English; CPE: Certificate of Proficiency in English

	Sayısal	Eşit Ağırlık	Sözel
ALES Puanı	79,14484	76,33522	62,52280
(Diğer) Puanı			

### Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma becerisi
Microsoft Office Program	İyi
SPSS	Orta
MATLAB	Zayıf
EEGLAB	Orta
Brain Vision Analyzer	İyi

\*Çok iyi, iyi, orta, zayıf olarak değerlendirin

Uluslararası ve Ulusal Yayınları/Bildirileri/Sertifikaları/Ödülleri/Diğer

