

**SAĞLIKLI KİŞİLERDE AURİKÜLER
VAGUS SİNİR UYARIMININ EEG VE EMG ÖLÇÜMLERİNE ETKİSİ**

GÜLŞAH KONAĞOĞLU

AĞUSTOS 2022

**SAĞLIKLI KİŞİLERDE AURİKÜLER
VAGUS SİNİR UYARIMININ EEG VE EMG ÖLÇÜMLERİNE ETKİSİ**

**BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
LİSANÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZİ**

GÜLŞAH KONAĞOĞLU

**FİZİYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON DALINDA DOKTORA DERECEİ
İÇİN GEREKLİ ÇALIŞMALAR YERİNE GETİRİLMİŞTİR.**

AĞUSTOS 2022



T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZ SAVUNMA ONAY FORMU

Adı Soyadı	Gülşah Konakoğlu
Öğrenci No	1611052-1
Program Adı	Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Doktora Programı
Tezin Adı	Sağlıklı Kişilerde Auriküler Vagus Sinir Uyarımının EEG ve EMG Ölçümlerine Etkisi
Tez Savunma Tarihi	01.08.2022

Bu tezin Doktora tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Prof. Dr. Ahmet ÖNCÜ
Enstitü Müdürü

Bu Tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Doktora tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

Doktora Tez Savunma Jürisi		
Tez Sınav Jürisi	Unvanı Adı Soyadı	İmza
Tez Danışmanı	Dr. Öğr. Üyesi Ali Veysel Özden	
Tez İzleme Komitesi Üyesi	Doç. Dr. Hasan Kerem Alptekin	
Tez İzleme Komitesi Üyesi	Doç. Dr. Hülya Yücel	
Üye	Dr. Öğr Üyesi Hakan Solmaz	
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Aydın Arslan	



Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.

Ad, Soyad : Gülşah Konakoğlu

İmza :

ÖZET

SAĞLIKLI KİŞİLERDE AURİKÜLER VAGUS SİNİR UYARIMININ EEG VE EMG ÖLÇÜMLERİNE ETKİSİ

Konakoğlu, Gülşah

Fizyoterapi Rehabilitasyon Doktora Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Ali Veysel Özden

Ağustos 2022, 78 sayfa

Auriküler vagus sinir uyarımı (VSU), noninvaziv bir tedavi yöntemidir. Çeşitli klinik problemlerin tedavisinde kullanılabileceğine ilişkin görüşler son yıllarda önem kazanmıştır. Bu çalışmada, auriküler VSU'nun kullanımına ilişkin oluşturulacak kılavuz için temel hazırlamak amaçlanmıştır. Sağlıklı kişiler unilateral sol, unilaterel sağ ve bilateral kulaktan tek seanslık uyarım yapılmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Uyarım öncesi ve sonrası gerçekleştirilen EEG ve EMG ölçümleri ile serebral ve periferik aktivite üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Sol kulaktan uyarım yaptığımız grupta sağ el bileği ekstansör kaslarda, sağ kulaktan uyarım yapılan grupta sol el bileği ekstansör kaslarda ve her iki kulaktan uyarım yapılan grupta her iki taraf el bileği ekstansör kaslarda aktivasyon artışı olduğu tespit edilmiştir. Her üç grupta da her iki taraf el kavrama kuvvetinde artış görülmemiştir. Sol kulaktan uyarı yaptığımız grupta sol anterior bölgede, sağ kulaktan uyarım yaptığımız grupta sol anterior, sol ve sağ posterior bölgede teta gücünde artış tespit edilmiştir. Alfa gücündeki değişimi incelediğimizde sol kulaktan uyarım yapılan grupta sol posterior bölgede, sağ kulaktan uyarım yapılan grupta sol anterior, sol ve sağ posterior bölgede, her iki kulaktan uyarım yapılan grupta sol anterior ve sağ posterior bölgede artış yönünde olduğu belirlenmiştir. Alçak beta, yüksek beta ve gama gibi yüksek frekanslı dalgaların gücünde genel olarak beynin çeşitli bölümlerinde azalma olduğu gözlenmiştir. Elde ettiğimiz bulgular auriküler VSU'nun santral sinir sistemindeki projeksiyonunun kortikospinal yolları da etkileyebileceğini düşündürmüştür. Literatürde, farklı klinik problemlerde, farklı uyarım parametreleri kullanılarak farklı kulaktan yapılan

uyarımların kısa ve uzun dönem etkilerinin raporlandığı büyük ölçekli araştırmalara ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Auriküler Vagus Sinir Uyarımı, Yüzeyel Elektromiyografi, Elektroensefalografi.



ABSTRACT

THE EFFECT OF AURICULAR VAGUS NERVE STIMULATION ON EEG AND EMG MEASUREMENTS IN HEALTHY PERSONS

Konakoğlu, Gülşah

PhD Program in Physiotherapy and Rehabilitation

Supervisor: Asst. Prof. Ali Veysel Özden

August 2022, 78 pages

Auricular vagus nerve stimulation (VNS) is a noninvasive treatment modality. Opinions that it can be used in the treatment of various clinical problems have gained importance in recent years. In this study, it was aimed to lay the groundwork for a guideline on the use of the auricular VSU. Healthy individuals were divided into three groups as unilateral left, unilateral right and bilateral ear stimulations for one session. The effects on cerebral and peripheral activity were evaluated with EEG and EMG measurements performed before and after stimulation. It was determined that there was an increase in activation in the right wrist extensor muscles in the left ear stimulation group, in the left wrist extensor muscles in the right ear stimulation group, and in the wrist extensor muscles on both sides in the both ears stimulation group. There was no increase in the hand grip strength of both sides in all three groups. We detected an increase in theta power in the left anterior region in the left ear stimulation group, and in the left anterior, left posterior and right posterior regions in the right ear stimulation group. When we examined the change in alpha power, we determined that there was an increase in the left posterior region in the left ear stimulation group, in the left anterior, left posterior and right posterior regions in the right ear stimulation group, and in the left anterior and right posterior regions in the both ears stimulation group. It has been observed that there is a general decrease in the power of high frequency waves such as low beta, high beta and gamma in various parts of the brain. Our findings suggest that the projection of the auricular VNS in the central nervous system may also affect the corticospinal tracts. In the literature, it is seen that there is

a need for large-scale studies reporting the short and long-term effects of different ear stimulations using different stimulation parameters in different clinical problems.

Keywords: Auricular Vagus Nerve Stimulation, Surface Electromyography, Electroencephalography.





Babam İbrahim Hızlı'nın anısına

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında ve yürütülmesinde ilgi ve desteğini esirgemeyen, hızlı çözüm üretme ve çevik yönetim becerileriyle bu süreci çaresizlik hissetmeden tamamlamamı sağlayan, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle araştırmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Ali Veysel Özden'e, laboratuvarının kapılarını açarak cihazların kullanımı hakkında bilgi ve becerilerimi artırmamı destekleyen ve araştırma sürecini en ergonomik şekilde yürütebilmem için uygun laboratuvar koşullarının sağlanmasında çok büyük emeği olan Dr. Öğr. Üyesi Hakan Solmaz'a, sosyal medya üzerinden yaptığım duyurulara kayıtsız kalmayan, araştırma ve öğrenme tutkusuyla bilime destek vermek üzere araştırmaya katılmayı kabul eden tüm gönüllü katılımcılara, bugünlere gelmemde emeği olan aile üyelerime ve beni içten duygularla destekleyen tüm dostlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

İNTİHAL.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
İTHAF.....	viii
TEŞEKKÜR.....	ix
İÇİNDEKİLER.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xv
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xvi
Bölüm 1: Giriş.....	1
1.1 Problem Durumu.....	1
1.2 Çalışmanın Amacı.....	2
1.3 Araştırma Soruları.....	3
1.4 Çalışmanın Önemi.....	3
1.5 Tanımlar.....	4
Bölüm 2: Alan Yazın Taraması.....	5
2.1 Otonom Sinir Sistemi.....	5
2.1.1 Otonom Sinir Sisteminin Sempatik Bölümü.....	5
2.1.2 Otonom Sinir Sisteminin Parasempatik Bölümü.....	6
2.1.3 Otonom Sinir Sistemini Kontrol Eden Yüksek Merkezler.....	8
2.2 Nervus Vagus (10. Kraniyal Sinir).....	8
2.2.1 Nervus Vagus'un Çekirdekleri.....	8
2.2.2 Nervus Vagus'un Seyri.....	9
2.2.3 Nervus Vagus'un Asimetrisi ve Lateralizasyonu.....	11
2.3 Nervus Vagus'un Parasempatik Sistem ile İlişkisi.....	12
2.4 Vagal Tonus.....	13
2.4.1 Vagal Aktivitenin Kontrolünü Sağlamak İçin Kullanılan Terapötik Yöntemler.....	14
2.5 Vagus Sinir Uyarımı.....	14
2.6 Auriküler Vagus Sinir Uyarımı.....	15

2.7	Yüzeyel Elektromiyografi.....	16
2.8	Elektroensefalografi.....	17
2.8.1	Beyin Elektromanyetik Dalgaları.....	18
2.8.2	Frekans Bantları.....	18
2.8.2.1	Delta Frekans Bandı.....	19
2.8.2.2	Teta Frekans Bandı.....	19
2.8.2.3	Alfa Frekans Bandı.....	19
2.8.2.4	Beta Frekans Bandı.....	19
2.8.2.5	Gama Frekans Bandı.....	19
Bölüm 3:	Yöntem.....	21
3.1	Araştırma Modeli.....	21
3.2	Evren ve Katılımcılar.....	21
3.3	Verilerin Toplanması.....	22
3.3.1	Veri Toplama Araçları.....	22
3.3.2	Veri Toplama İşlemleri.....	28
3.3.3	Veri Analiz İşlemleri.....	30
3.4	Sınırlamalar	31
Bölüm 4:	Bulgular.....	32
4.1	Çalışmaya Katılan Bireylerin Özelliklerine İlişkin Bulgular.....	32
4.2	Çalışmaya Katılan Gruplarda VSU Öncesi ve Sonrası Maksimum El Kavrama Kuvveti ve El Bileği Ekstansör Grubu Kasların Aktivasyon Ölçümlerine İlişkin Bulgular.....	34
4.2.1	Sol Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Maksimum El Kavrama Kuvveti ve El Bileği Ekstansör Grubu Kasların Aktivasyon Ölçümlerine İlişkin Bulgular.....	34
4.2.2	Sağ Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Maksimum El Kavrama Kuvveti ve El Bileği Ekstansör Grubu Kasların Aktivasyon Ölçümlerine İlişkin Bulgular.....	36
4.2.3	Her İki Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Maksimum El Kavrama Kuvveti ve El Bileği Ekstansör Grubu Kasların Aktivasyon Ölçümlerine İlişkin Bulgular.....	38
4.3	Çalışmaya Katılan Gruplarda VSU Öncesi ve Sonrası EEG Ölçümlerine İlişkin Bulgular.....	40

4.3.1 Sol Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Bölgesel Beyin Frekanslarının Bant Gücüne İlişkin Elde Edilen Bulgular.....	40
4.3.2 Sağ Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Bölgesel Beyin Frekanslarının Bant Gücüne İlişkin Elde Edilen Bulgular.....	44
4.3.3 Her İki Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Bölgesel Beyin Frekanslarının Bant Gücüne İlişkin Elde Edilen Bulgular.....	49
Bölüm 5: Tartışma ve Sonuçlar.....	54
5.1 Araştırma Sorunlarının Bulgularının Tartışılması.....	54
5.2 Sonuçlar.....	61
5.3 Öneriler.....	62
KAYNAKÇA.....	63
EKLER	
A. Aydınlatılmış Onam Formu.....	74
B. Olgu Rapor Formu.....	76
C. Edinburgh Oldfield Anketi.....	77
D. Vagustim CE Belgesi.....	78

TABLÖLAR LİSTESİ

TABLÖLAR

Tablo 1	EEG Dalga Şekilleri.....	18
Tablo 2	Cinsiyet Tanımlayıcı İstatistik Tablosu.....	32
Tablo 3	Geschwind Skoru (GS), Yaş, BKİ Tanımlayıcı İstatistik Tablosu.....	33
Tablo 4	Sol Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası El Bileği Ekstansör Grubu Ortalama Kas Aktivasyon Değeri (mV) ve Maksimum El Kavrama Kuvveti (kg) Değerlendirme Tablosu.....	35
Tablo 5	Sağ Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası El Bileği Ekstansör Grubu Ortalama Kas Aktivasyon Değeri (mV) ve Maksimum El Kavrama Kuvveti (kg) Değerlendirme Tablosu.....	37
Tablo 6	Her İki Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası El Bileği Ekstansör Grubu Ortalama Kas Aktivasyon Değeri (mV) ve Maksimum El Kavrama Kuvveti (kg) Değerlendirme Tablosu.....	39
Tablo 7	Sol Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Teta Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular	41
Tablo 8	Sol Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Alfa Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular.....	41
Tablo 9	Sol Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Alçak Beta Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular.....	42
Tablo 10	Sol Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Yüksek Beta Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular.....	43
Tablo 11	Sol Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Gama Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular.....	43
Tablo 12	Sağ Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Teta Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular.....	45
Tablo 13	Sağ Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Alfa Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular.....	46
Tablo 14	Sağ Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Alçak Beta Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular.....	46

Tablo 15 Sağ Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Yüksek Beta Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular.....	47
Tablo 16 Sağ Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Gama Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular.....	48
Tablo 17 Her İki Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Teta Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular.....	50
Tablo 18 Her İki Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Alfa Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular.....	50
Tablo 19 Her İki Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Alçak Beta Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular.....	51
Tablo 20 Her İki Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Yüksek Beta Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular.....	52
Tablo 21. Her İki Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Gama Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular.....	52

ŞEKİLLER LİSTESİ

ŞEKİLLER

Şekil 1	Sempatik Sinir Sistemi Bölümleri.....	6
Şekil 2	Parasempatik Sinir Sistemi Bölümleri.....	7
Şekil 3	Nervus Vagus'un Çekirdekleri ve Merkezi Bağlantıları.....	9
Şekil 4	Nervus Vagus'un Dağılımı.....	10
Şekil 5	Auriküler Bölgenin Duyusal İnnervasyonu.....	15
Şekil 6	Transkutan Vagus Uyarımının Beyin Sapını Etkileme Mekanizması.....	17
Şekil 7	Farklı Frekans Aralıklarıyla Ayırt Edilen Beş Büyük Beyin Dalgası.....	20
Şekil 8	Yüzeyel EMG Ölçüm Cihazı.....	22
Şekil 9	Yüzeyel Elektrotlar.....	23
Şekil 10	Ölçüm Pozisyonu ve Elektrotların Yerleşimi.....	24
Şekil 11	Ölçüm Grafiği.....	24
Şekil 12	Emotiv EPOC+ EEG Cihazı.....	25
Şekil 13	EEG Cihazının Yerleşimi.....	26
Şekil 14	Referans ve Sensör Elektrotların Yerleşimi.....	27
Şekil 15	Ölçüm Sırasında Oluşan Bant Gücü Grafiği.....	27
Şekil 16	Vagustim Marka Auriküler VSU Cihazı.....	29
Şekil 17	Örnek Auriküler VSU Elektrot Yerleşimi.....	30
Şekil 18	Sol kulaktan VSU yapılan grupta bölgesel beyin frekanslarının bant gücü değişikliklerine ilişkin grafikler.....	44
Şekil 19	Sağ kulaktan VSU yapılan grupta bölgesel beyin frekanslarının bant gücü değişikliklerine ilişkin grafikler.....	49
Şekil 20	Her iki kulaktan VSU yapılan grupta bölgesel beyin frekanslarının bant gücü değişikliklerine ilişkin grafikler.....	53

KISALTMALAR LİSTESİ

AV	Atriyoventriküler
BKİ	Beden Kitle İndeksi
EEG	Elektroensefalografi
EKG	Elektrokardiyografi
EMG	Elektromiyografi
FMS	Fibromiyalji Sendromu
GS	Geschwind Skoru
KHD	Kalp Hızı Değişkenliği
NTS	Nucleus Tractus Solitarii
OSS	Otonom Sinir Sistemi
PSS	Periferik Sinir Sistemi
SA	Sinoatriyal
TENS	Transkutanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonu
VSU	Vagus Sinir Uyarımı
Hz	Hertz
kg	Kilogram
mV	Milivolt
μ s	Mikrosaniye
μ V	Mikrovolt
μ V ²	Mikrovolt kare
s	Saniye
V	Volt

Bölüm 1

Giriş

1.1 Problem Durumu

Otonom sinir sistemi (OSS), vücudun visseral fonksiyonlarının büyük bir kısmını düzenleyen bölümdür. OSS'nin hem afferent, hem de efferent sinir lifleri içeren parasempatik ve sempatik bölümleri organların çoğunda zıt fonksiyonlar ortaya çıkarmaları nedeniyle fizyolojik açıdan antagonist olarak tanımlansalar da bu iki bölüm aynı zamanda birbiriyle bağlantılı çalışmaktadır. Bu sayede vücudu dengede tutmakta, sabit iç ortamın korunmasını sağlamaktadır (Snell, 2017).

Alt otonom merkezleri denetleyerek OSS'yi kontrol eden yüksek merkez olarak hipotalamus'un ön kısmı ile parasempatik sistem, arka kısmı ile sempatik sistem uyarılır. Ayrıca OSS'nin belirli bir yere kadar istemli kontrol altına alınabileceği, bazen de beyin üst merkezlerinin otonom sistem aktivitesini anormal etkileyebileceği bildirilmektedir (Snell, 2017).

OSS'nin sempatik ve parasempatik bölümü, periferik sinir sistemi (PSS) ve merkezi sinir sistemi (MSS) boyunca dağılmaktadır. Efferent otonom sinyaller vücudun çeşitli organlarına bu iki temel bölümle aktarılır. Tüm parasempatik liflerin yaklaşık yüzde 75'i vagus siniri (10. kranial sinir) içinde seyreder. Bu nedenle parasempatik sistem denilince akla ilk vagus gelir (Gökçe, Cengiz ve Erbaş, 2018). Vagus sinirinin homeostazide, stres kontrolünde ve immün sistemin regülasyonunda rol oynadığı bildirilmektedir. Beyin sapında çekirdekleri bulunan nervus vagus, boyundan inerek neredeyse tüm iç organlarla bağlantı yapar (Özden ve diğerleri, 2021).

Periferik organların şekli veya yerleşimi de simetrik olmadığından, OSS'nin nöral ağı asimetri gerektirir ve vagus yoluyla merkezi regülasyon lateralize olur. Vagusun nöral kontrolü ipsilateraldir, örneğin sol vagus siniri beyin sapının sol tarafından başlamaktadır. Vagus sinirinin sol ve sağ dalı olmak üzere her iki tarafta bulunan lifler ipsilateral olarak beyin sapında bulunan çekirdeklerden ya nucleus dorsalis nervi vagi'den ya da nucleus ambiguus'dan köken alır. Hem nucleus dorsalis nervi vagi, hem de nucleus ambiguus da lateralizedir. Otonom işlevi düzenlemede

beynin sağ tarafının işlevsel baskınlığı, beynin sol tarafında motor ve dil baskınlığına etki eder (Porges, Doussard-Roosevelt ve Maiti, 1994).

Vagal tonus, özellikle vagus sinirinin organlara, özellikle de kalbe uyguladığı temel parasempatik modülasyonun bir göstergesidir (Rattaz, Puglisi, Tissot ve Favez, 2022). Vagal tonusu yüksek ve uygun vagal düzenleme kapasiteleri olan bireylerde, otonom sinir sistemi tepki verme ve hızla homeostaziye dönme kapasitesine sahiptir (Porges ve diğerleri, 1994).

Vagal tonusu düzenlemek için ilaç tedavisi, cerrahi, yoga, meditasyon, akupunktur ve nefes egzersizleri gibi yöntemler kullanılarak parasempatik etki artırılmakta veya baskılanmaktadır. Vagal aktivitenin kontrolü bunların dışında "Vagus Sinir Uyarımı" (VSU) gibi yöntemlerle de yapılabilir (Gökçe ve diğerleri, 2018).

VSU, vagus sinirini uyaran herhangi bir tekniği tanımlar, invaziv yöntemlerle servikal bölgeden, non-invaziv yöntemlerle de servikal veya auriküler bölgeden yapılabilmektedir (Özden ve diğerleri, 2021). Ancak, invaziv yöntemlere kıyasla daha basit ve ucuz oluşu, cerrahinin neden olduğu komplikasyonlar ve efferent liflerin uyarılmasının sonucu olarak görülen yan etkiler söz konusu olmadığından, yalnızca afferent lifleri uyarması ve bilateral uygulama gibi ek avantajlar sağlaması nedeniyle non-invaziv yöntem olarak auriküler VSU tedavideki gerekliliği nedeniyle ön plana çıkmaktadır. Yan etkisi az ve kolay uygulanan bir tedavi olmasına rağmen farklı klinik problemler için doğru uyarım parametrelerini bulmak ve uyarımın hangi kulaktan yapılması gerektiğine ilişkin klinik karar almak problem olmaya devam etmektedir (Porges ve diğerleri, 1994).

1.2 Çalışmanın Amacı

Auriküler VSU, serebral aktivite üzerinde etkilere sahiptir. Bu nedenle çalışmamızda Elektroensefalografi (EEG) ile uyarımın beyin frekans bantları üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Ek olarak sekonder bir periferik etkisi olup olmadığı ise maksimum izometrik kavrama sırasında el bileği ekstansör kaslarının yüzeyel Elektromiyografi (EMG) ile ölçümü ve EMG cihazına bağlı bir el dinamometresi ile el kavrama kuvveti ölçümü ile incelenmiştir. Hem OSS'nin, hem de vagus sinirinin asimetrisinin ve lateralizasyonunun etkisini değerlendirebilmek için

ölçümler dominant ve non-dominant olmak üzere her iki el bileğinde gerçekleştirilmiştir.

Literatürde VSU üzerine çok sayıda makale bulunmakta, ancak sağ-unilateral, sol-unilateral veya bilateral auriküler VSU'nun etkilerinin karşılaştırılması üzerine yeterli bilgi bulunmamaktadır.

Çalışmamızda “sağ unilateral”, “sol unilateral” ve “bilateral” auriküler VSU yapmak üzere üç gruba ayrılan gönüllü katılımcıları, uyarımın öncesinde ve sonrasında gerçekleştirilen EEG ve yüzeyel EMG ölçümleri ile değerlendirmek amaçlanmıştır. Auriküler VSU'nun akut etkisini ilk test ve son test ölçümü şeklinde her bir grupta ayrı ele alarak incelemenin yanı sıra, farklı uyarım yöntemi kullanmış olduğumuz her üç grupta, uyarımın vagal aktivite üzerine etkilerinin karşılaştırılması hedeflenmiştir.

1.3 Araştırma Soruları

Çalışmamızda farklı kulaklardan yapılan VSU'nun serebral ve periferik aktivite üzerindeki etkisi EEG ve EMG ölçümleriyle değerlendirilmiştir. Araştırma sorularımız aşağıda verilmiştir.

Auriküler vagus sinir uyarımı serebral aktivite üzerinde ne gibi etkilere sahiptir?

Uyarımın sekonder bir periferik etkisi var mıdır?

Uyarımın hangi kulaktan yapıldığı serebral ya da periferik aktivite üzerindeki etkisini ne ölçüde etkiler?

Elde ettiğimiz bulgular doğrultusunda spesifik uyarım yapılabilecek klinik durumlar hangileridir?

1.4 Çalışmanın Önemi

Tıpta yapay zeka kullanım oranı gün geçtikçe artmaktadır. Non-invaziv auriküler VSU'nun pek çok klinik problemde kullanımı da giderek yaygınlaşmaktadır. Standart uyarıma oranla daha yüksek bir etkiye sahip olacağı düşünülen kişiselleştirilmiş uyarım parametreleri oluşturmak için yapılan araştırmalar devam etmektedir. Yakın gelecekte yapay zeka kullanımının artması ile sensörler vasıtasıyla verilerin toplanması ve makine öğrenmesi algoritmaları sayesinde her uyarımın ardından alınacak geri bildirimlerin sonucuna göre elde edilen her başarılı uyarım ile veri seti zenginleştirilerek, uyarımların iyileştirilmesi, bu sayede kişiselleştirilmiş

uyarım ile hastaya etkili ve güvenli tedavi sunulabileceği öngörülmektedir (Özden ve diğerleri, 2021).

Çalışmamızın sağlıklı kişilerde farklı kulaktan yapılan uyarımlarda EEG ve EMG ölçümü ile saptanacak değişiklikler, auriküler VSU'nun farklı klinik hastalıklarda kullanımına dair fikir verebileceği düşüncesindeyiz. Aynı zamanda araştırmamızın tıpta yapay zeka kullanımının entegre edilerek VSU tedavilerini şekillendirecek çalışmalara katkı sağlayacağı görüşündeyiz.

1.5 Tanımlar

Antite: Klinik tablo.

Auriküler: Kulak ve işitme duyusuna ait.

Stimülasyon: Uyarım.

Visseral: İç organlarla ilgili.

Afferent sinir: Duyu Siniri.

Efferent sinir: Motor Sinir.

Artefakt: Anlamlandırılmayan yapay değişiklikler.

Bölüm 2

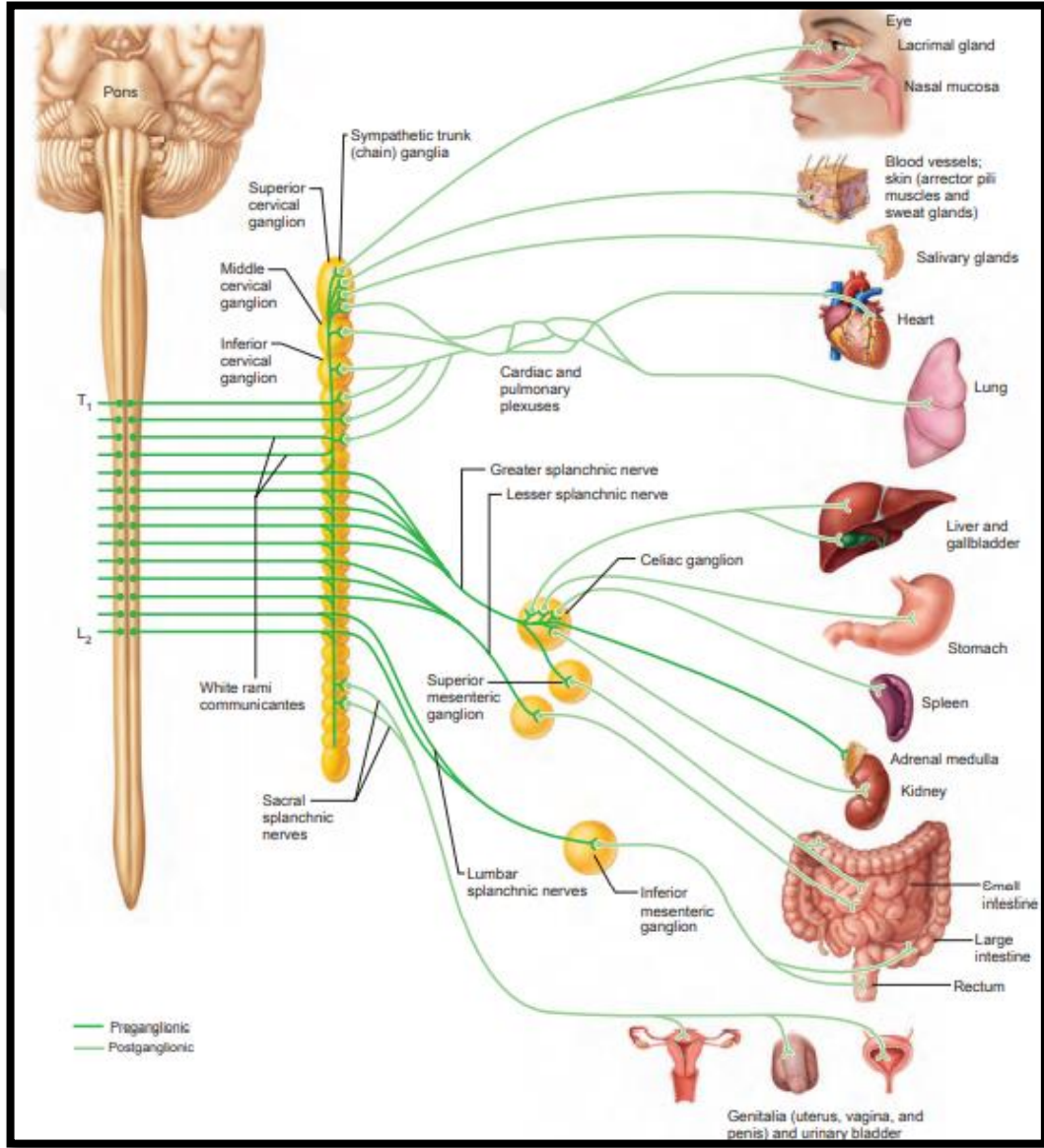
Alan Yazın Taraması

2.1 Otonom Sinir Sistemi

OSS, vücutta istem dışı çalışan visseral fonksiyonların çoğunu düzenleyen, somatik sinir sistemine benzer şekilde afferent, ara ve efferent nöronlara sahip bir sinir sistemi bölümüdür. Sempatik ve parasempatik bölümü, PSS ve MSS boyunca dağılmaktadır. Hem parasempatik bölümü, hem de sempatik bölümü afferent ve efferent sinir lifleri içermektedir. OSS'nin parasempatik ve sempatik bölümünün fizyolojik antagonistler olarak tanımlanmasının nedeni, her iki bölümün de organların çoğunda zıt fonksiyonlar ortaya çıkarmasıdır. Ancak bu iki bölüm aynı zamanda birbiriyle bağlantılı çalışmaktadır. Ortaya çıkarmış oldukları birbirine zıt fonksiyonlar vücudu dengede tutmakta, sabit iç ortamın korunmasını sağlamaktadır (Snell, 2017).

2.1.1 Otonom sinir sisteminin sempatik bölümü. Sempatik bölüm, parasempatik bölüme oranla OSS üzerinde daha geniş yer kaplamaktadır. Birçok abdominopelvik organı, kıl foliküllerini, ter bezlerini, birçok kan damarı duvarındaki kasları, kalp ve akciğeri innerve etmektedir (Snell, 2017). Sempatik sistem; katabolik yani enerji tüketen bir sistem olup, vücudu tehlike ve acil durumlar için hazır tutmaktadır (Moore, Dalley ve Agur, 2014). Dolayısıyla kalp hızının artmasını, barsak ve deri arteriollerinin daralmasını böylece bu bölgede bulunan kanın daha yaşamsal organlar olan beyin, kalp ve iskelet kaslarına dağılmasını, iskelet kaslarındaki arteriollerin genişlemesini ve kan basıncını yükselmesini sağlayarak vücudu tehlike anında “savaş ya da kaç” durumuna hazır hale getirir (Snell, 2017). Sempatik efferent sinir lifleri, medulla spinalis'in birinci torakal segmentiyle ikinci lumbal segmentleri arasındaki torakalumbal segmentten (T1-L2) köken almaktadır. Bu preganglionik lifler, columna vertebralisin her iki yanında yer alan truncus sympathicus'taki ganglionlara ulaşmaktadır ve truncus sympathicus aracılığıyla vücudun ilgili kısımlarına dağılmaktadır (Adıgüzel, 2011; Kutlu, 2019). Bu preganglionik sempatik lifler, postganglionik liflerden daha kısa olup, birbirlerine oranı 1/10 şeklindedir (Snell, 2017). Preganglionik nöronların transmitteri asetilkolindir, postganglionik nöronların transmitteri ise noradrenalindir (Akyüz ve Leblebiciler, 2012; Ünal, 2019).

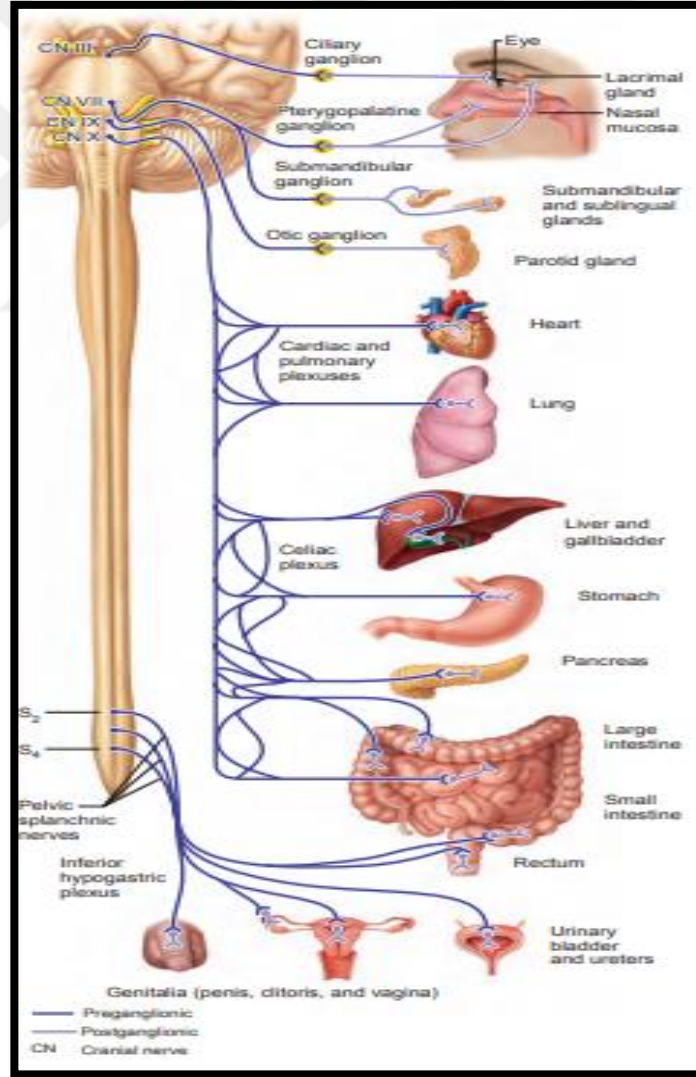
Sempatik afferent lifler ise, iç organlardaki duyuyu iletmektedir. Bu lifler sempatik ganglionlardan sinaps yapmadan spinal sinire geçerek, ilgili sinire ait ganglion spinale'deki nöron gövdesine ulaşır, aksonlar medulla spinalis'e geçerek hipotalamus gibi üst merkezlere yükselirler (Snell, 2017). OSS'nin sempatik bölümleri Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1 Sempatik sinir sistemi bölümleri (Marieb ve Hoehn, 2019).

2.1.2 Otonom sinir sisteminin parasempatik bölümü. Parasempatik bölümün aktiviteleri anaboliktir, enerjinin sağlanmasına ve depolanmasına yöneliktir. Kalp hızının yavaşlamasını, göz bebeklerinin küçülmesini, peristalsizmin ve granduler

aktivitenin artmasını sağlar. Parasempatik bölümün efferent sinir lifleri, 3, 7, 9 ve 10. kranial sinirlerden ve sakral 2-4 segmentlerden köken almaktadır, bu nedenle kraniosakral sistem olarak da adlandırılmaktadır. Bu efferent sinir lifleri miyelinlidir, pregangliyoniktir ve postganglionik liflere oranı 1/3'tür. Preganglionik lifler innerve ettikleri organa yakın yerleşimli ganglionlardaki postganglioner nöronlarla sinaps yapar, bu sinapsların nörotransmitteri de asetilkolindir. Parasempatik bölümün afferent sinir lifleri ise visseral organlardan duyuyu sakrospinal sinire ait ganglion spinale'ye ya da kranial sinirlere ait duysal ganglionlardaki hücre gövdelerine iletir. Bu hücrelerin aksonları merkezi sinir sistemine girerek, hipotalamus gibi OSS'nin üst merkezlerine yükselirler (Snell, 2017). OSS'nin parasempatik bölümleri Şekil 2'de görülmektedir.



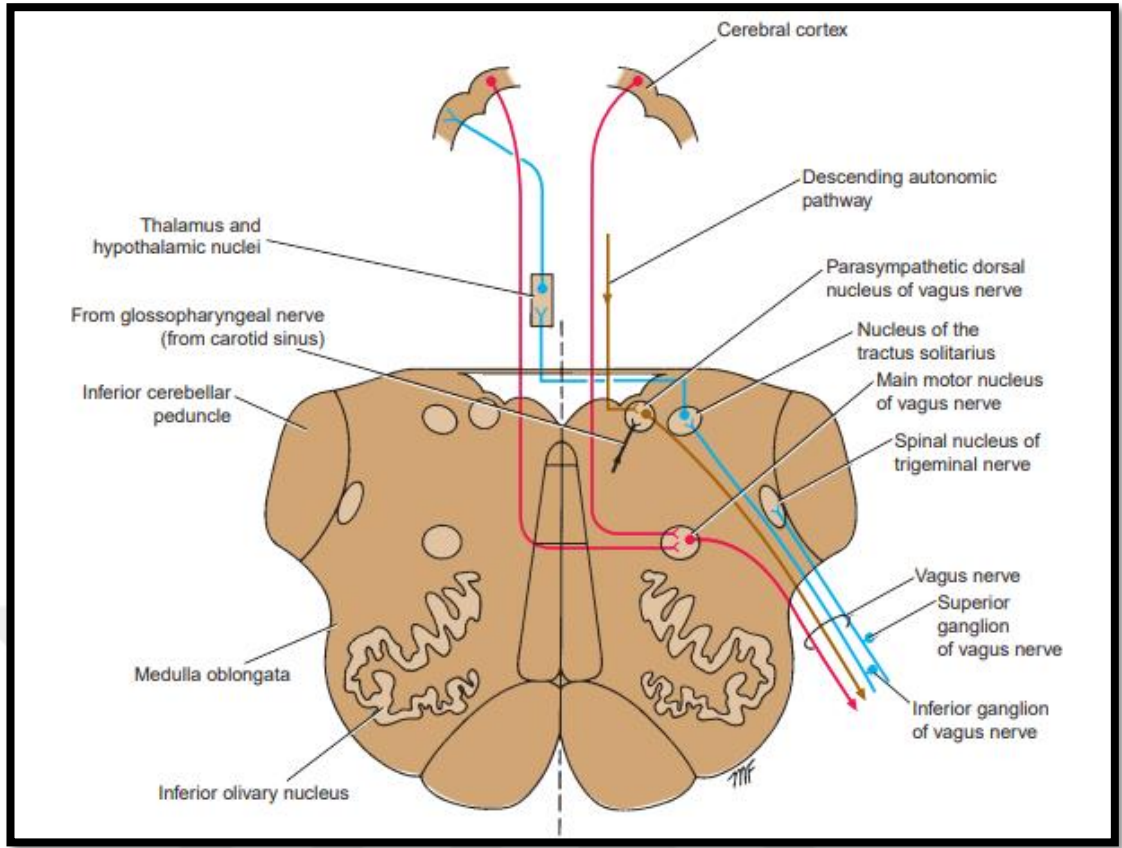
Şekil 2 Parasempatik sinir sistemi bölümleri (Marieb ve Hoehn, 2019).

2.1.3 Otonom sinir sistemini kontrol eden yüksek merkezler. Hipotalamus, nöroendokrin ve otonom sistemin entegrasyonunu sağlayarak vücut homeostazını korur, beyin sapı ve medulla spinalis'te bulunan alt otonom merkezleri kontrol eder. Hipotalamus'un ön kısmı ile parasempatik sistem, arka kısmı ile sempatik sistem uyarılır. Serebral korteksin ve limbik sistemin bazı bölümlerinin uyarılmasıyla, hipotalamus tarafından bazı otonomik etkilerin ortaya çıktığı bilinmektedir. Ayrıca OSS'nin belirli bir yere kadar istemli kontrol altına alınabileceği, bazen de beyin üst merkezlerinin otonom sistem aktivitesini anormal etkileyebileceği bildirilmektedir (Snell, 2017).

2.2 Nervus Vagus (10. Kraniyal Sinir)

Vagus siniri motor ve duysal karakterde yapıya sahip bir sinir olup motor, duyu ve parasempatik olmak üzere üç tane çekirdeği vardır.

2.2.1 Nervus vagus'un çekirdekleri. *Motor çekirdek (Nucleus Ambiguus)*, medulla oblongata'da formatio reticularis'in derininde yer almakta olup, tractus corticonuclearis sayesinde her iki serebral hemisferden lifler alır. Motor çekirdekten başlayan efferent lifler larynx'in intrinsik kaslarını ve pharynx'in konstriktör kaslarını innerve eder. *Duyusal çekirdek*, Nucleus Tractus Solitarii'nin (NTS) alt parçası olup, buradaki sinir hücreleri tat duyusunu periferik uzantıları ile taşınan ve vagus sinirine ait ganglion inferius'un santral uzantılarıyla sinaps yapar. Duyusal çekirdekten başlayan efferent lifler orta düzlemde çapraz yaparak, yukarı yönde devam ederek thalamus'un karşı tarafında bulunan nuclei ventrales thalamii ve hypothalamus'un çekirdeklerinde sonlanır. Thalamus'tan başlayan nöronların aksonları capsula interna ve corona radiata'dan geçerek gyrus postcentralis'te sonlanır. Genel duyu ile bilgiler, vagus sinirinin ganglion superius'u ile alınır ve trigeminal sinire ait nucleus spinalis nervi trigemini'ye taşınır. *Parasempatik çekirdek (Nucleus Dorsalis Nervi Vagi)* ise nucleus nervi hypoglossi'nin arka dış tarafında, dördüncü ventrikül tabanının alt bölümünde yer alır. Hipotalamus'tan inen otonom yollarla ve nervus glossopharyngeus ile afferent lifler alır. Efferent lifleri kalp, bronş, özofagus, mide, ince barsak ve kalın barsakta transvers kolon'un 1/3 distal kısmındaki istemsiz kasları innerve eder (Snell, 2017). Vagus sinirinin çekirdekleri ve merkezi bağlantıları Şekil 3'de görülmektedir.



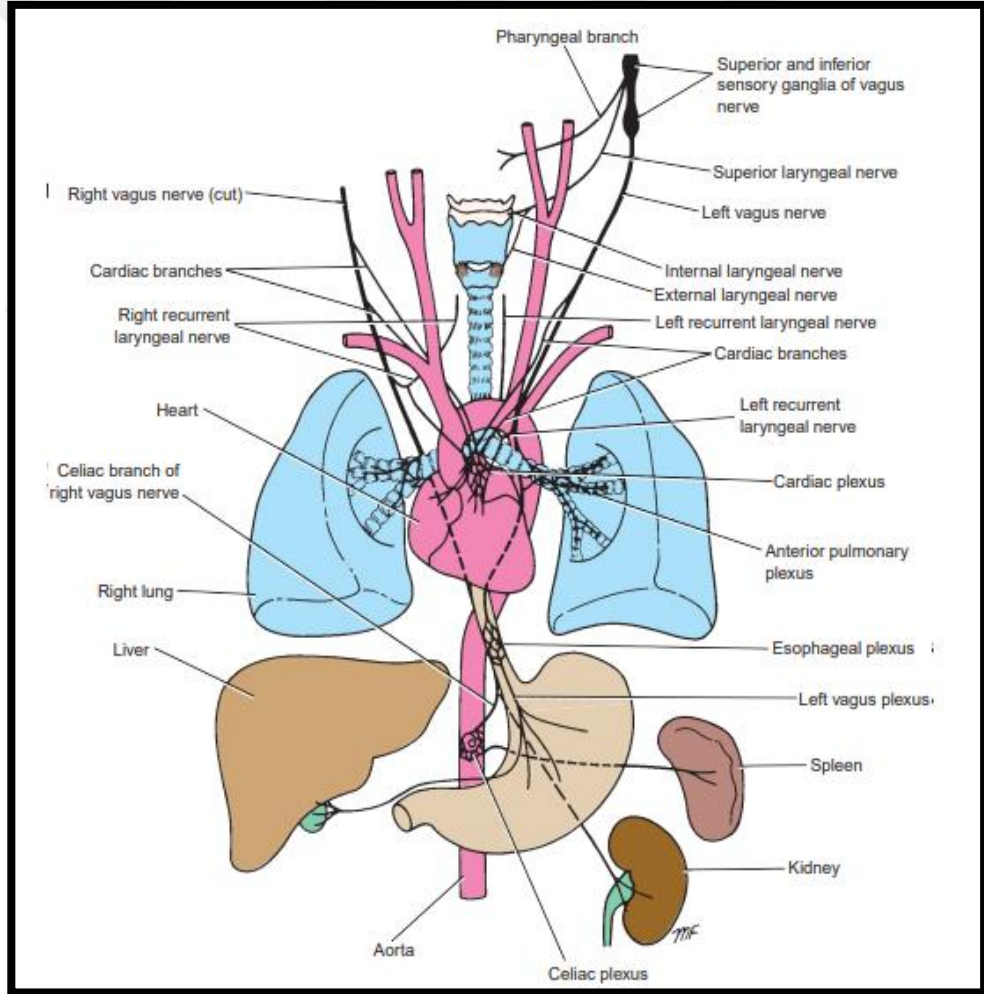
Şekil 3 Nervus vagus'un çekirdekleri ve merkezi bağlantıları (Snell, 2010).

2.2.2 Nervus vagus'un seyri. Nervus Vagus, medulla oblongata'da pedunculus cerebellaris inferior ile oliva arasında bulunan sulcus retroolivaris'ten çıkar. Fossa cranii posterior'da dışa doğru seyredip, foramen jugulare'den geçerek kafayı terk eder. Nervus vagus'a ait ganglion superius ve ganglion inferius olmak üzere iki duyu ganglionu vardır. Ganglion superius, foramen jugulare'nin içinde; ganglion inferius ise altında bulunmaktadır (Snell, 2017). Gangliyon superius'dan ayrılan ramus meningeus, beyin zarlarının fossa cranii posterior'da kalan bölümünden duyu almaktadır. Ayrıca Arnold siniri olarak da bilinen ramus auricularis, nervus vagusun tek deri siniridir ve kulak kepçesinin arka yüzü, dış kulak yolunun arka tarafı ve kulak zarının buraya komşu olan kısımlarından duyu alır (Gökçe ve diğerleri, 2018). Aksesuar sinirin kranial radiks'i, vagus siniri ile ganglion inferius'un altında birleşir ve vagus sinirinin ramus pharyngealis ve nervus laryngeus recurrens dalları içinde seyreder (Snell, 2017).

Sağ *nervus vagus*, toraksa girdikten sonra pulmoner pleksusun yapısına katılır, ardından özofagusun arka tarafından ilerleyerek özofagal pleksusun yapısına katılır.

Diyafragma üzerindeki hiatus özofagustan geçer ve abdomen'e ulaşır. Truncus vagalis posterior'u oluşturur ve bu trunkus midenin arka yüzünde dağılır. Rami coeliaci isimli dalı duodenum, karaciğer, böbrekler, ince barsak ve kalın barsakta transvers kolonun 1/3 alt kısmını innerve eder (Snell, 2017).

Sol nervus vagus ise toraksa girdikten sonra arcus aortae'nın sol tarafını çaprazlar ve aşağı yönde ilerleyip pulmoner pleksusun yapısına katılır. Daha sonra özofagusun ön tarafından ilerleyerek özofagal pleksusun yapısına katılır. Diyafragmada ki hiatus özofagustan geçerek abdomene ulaşır. Truncus vagalis anterior'u oluşturur ve bu trunkus mide, karaciğer, duodenum'un üst parçası ve pankreas başında dağılan dallara ayrılır (Snell, 2017). Vagus sinirinin dağılımı Şekil 4'de görülmektedir.



Şekil 4 Nervus vagus'un dağılımı (Snell, 2010).

2.2.3 Nervus vagus'un asimetrisi ve lateralizasyonu. Periferik OSS asimetriktir. Periferik organların şekli veya yerleşimi de simetrik olmadığından, OSS'nin nöral kontrolünün lateralize olması şaşırtıcı değildir. Örneğin, kalp sola doğru konuşlanmış biçimdedir, sağ nervus vagus sinoatrial (SA) düğümüne ve sol nervus vagus ise atriyoventriküler (AV) düğümüne gider. Çift vagal innervasyonu olan diğer organlardan mide ve bağırsakların eğimli biçimde, böbreklerin bir tarafta daha yüksek veya akciğerlerin bir tarafta daha büyük olması periferik organların asimetrik yerleşimine örnek gösterilebilir.

Otonom süreçlerin asimetrik sinirsel kontrolü, memelilerin özelliğidir. Bununla birlikte, ensefalizasyon süreci memeli türleri arasında farklılık gösterir ve insan benzersiz bir şekilde büyük bir serebral kortekse sahiptir. Vagusun nöral kontrolü ipsilateral olduğundan (sol vagus sinirinin beyin sapının sol tarafından köken alması gibi), sağ hemisfer -sağ taraftaki kortikal ve subkortikal yapılar da dahil olmak üzere- beyin sapında otonomik fonksiyonun etkin bir şekilde düzenlenmesini sağlar. OSS'nin nöral ağı asimetri gerektirir ve vagus yoluyla merkezi regülasyon lateralize olur. Vagus sinirinin sol ve sağ dalı olmak üzere her iki tarafında lifler ya nucleus dorsalis nervi vagi'den ya da nucleus ambiguus'dan köken alır.

Nucleus dorsalis nervi vagi lateralizedir. Sol ve sağ nucleus dorsalis nervi vagi'den mideye giden yollar farklı düzenleyici işlevlere sahiptir. Sol nucleus dorsalis nervi vagi'den, mide sıvılarının öncelikle salgılanmasını sağlayan kalp ve vücut kısımlarını innerve eder. Sağ nucleus dorsalis nervi vagi, midenin alt kısmını innerve ederek pilorik sfinkteri regülasyonunu ve duodenuma boşalmayı düzenler.

Nucleus ambiguus da lateralizedir. Sağ nucleus ambiguus, atrial hızı düzenlemek ve kalp hızını belirlemek için SA düğümüne vagal girdi sağlarken; sol nucleus ambiguus, ventriküler hızı düzenlemek için AV düğümüne vagal girdi sağlar. Nucleus ambiguus asimetrisi, yumuşak damak, farinks ve yemek borusu gibi diğer organlarda daha az belirgindir.

İşlevsel olarak, nucleus dorsalis nervi vagi sindirim ve solunumun vejetatif işlevleriyle; nucleus ambiguus ise hareket, emosyonel durum ve iletişim ile ilişkili süreçlerle daha fazla ilgilidir. Vokal tonlama için vagal bağlantılar larinkse aracılık eder, dolayısıyla duygu ve iletişim süreçleriyle yakından ilişkilidir. Duygu ifadesi ve bilginin sinyalleşmesi için kritik olan yüz ifadeleri de vagal fonksiyonla ilgilidir.

Kalbin sempatik innervasyonu da asimetriktir. Ayrıca, kalbe lateralize sempatik girdinin duygu durumuyla ilgili olduğu varsayılmıştır. Kalbin ve gırtlığın vagal

kontrolünde olduğu gibi, araştırmalar sağ hemisfere verilen hasarın sol hemisfer hasarına göre daha fazla sempatik sonuçlara sahip olduğunu göstermiştir.

Vagus sinirinin lateralitesi, memeli sinir sisteminin n rofizyolojisine ve n roanatomisine bağlıdır. Memeli sinir sisteminde, beyin sapının sağ tarafı, homeostazın ve fizyolojik reaktivitenin birincil merkezi düzenlemesini sağlar. Bu nedenle, sağ beyin sapı yapıları, dikkat süreçlerini, duygu ifadesini ve metabolik çıktıdaki değişikliklerin başlamasını fasilite etmek için vagal aktivitenin kontrolü ile periferel fizyolojik olayları başlatır.

Otonom işlevi düzenlemede beynin sağ tarafının işlevsel baskınlığı, beynin sol tarafında motor ve dil baskınlığına etki eder. Hem i  (visseral) hem de dış ( evresel) geri bildirime yanıt olarak homeostazı düzenleme ve fizyolojik durumu modüle etme ile ilgili beynin sağ tarafına ait görevler, beynin sol tarafında diğer işlevlerin kontrolünün gelişmesini sağlamıştır. Ancak periferik otonom organların asimetrisi ve OSS'nin medüller kontrolü nedeniyle, otonom fonksiyonun ve dolayısıyla duygu durumun regülasyonunda beynin sağ tarafı her zaman baskındır (Porges ve diğerleri, 1994).

MSS karmaşıktır ve birçok durumda hem ipsilateral hem de kontralateral bağlantılara sahiptir. MSS'de yer alan kortikospinal yol liflerinin üçte ikisinin gyrus precentralis'ten, üçte birinin gyrus postcentralis'ten çıkmaktadır. Gyrus precentralis'in farklı bölümlerinde yapılan elektrik stimülasyonu, piramidal liflerin çoğunluğunun medulla oblongata ile medulla spinalis'in birleştiği yerde orta hattı çaprazlaması nedeniyle vücudun karşı tarafının değişik kısımlarının hareketine yol açar (Snell, 2017).

2.3 Nervus Vagus'un Parasempatik Sistem ile İlişkisi

Tüm parasempatik liflerin takriben yüzde 75'i, 10. kraniyal sinir olan nervus vagus içinde seyreder ve vücutta göğüs ve karın bölgelerine dağılım yapar. Dolayısıyla parasempatik sistem söz konusu olduğunda, ilk önce nervus vagus düşünülür. Vagus sinirleri kalbe, akciğerlere, özofagusa, mideye, ince bağırsakların tümüne, kolonun proksimal yarısına, karaciğere, safra kesesine, pankreasa ve uterusun üst bölümlerine parasempatik sinirler yollar (Gökçe ve diğerleri, 2018). Parasempatik uyarılmanın etkisi özetle aşağıdaki gibidir.

- G z pupilla ve göz siliyer kaslarında konstrüksiyon

- Kalp kasının kasılma kuvvetinde ve kalp hızında azalma
- Bezlerde bol sekresyon uyarımı
- Koroner damarlarda dilatasyon
- Akciğer bronşlarında konstrüksiyon
- Bağırsak peristaltizminde ve tonusta artma, mesane detrüör kasında kasılma ve trigon kasta gevşeme (Guyton ve Hall, 2013).

Nervus vagus aslında asetilkolin salınımı sayesinde vücudumuzun sakinleşmesini sağlar. Daha güçlü bir vagus yanıtına sahip bireylerin stres, yaralanma veya hastalık sonrasında, daha çabuk toparlanma ve daha hızlı iyileşme olasılığı daha yüksektir (Dalli, Collas, Arnadottir ve Serhan, 2017; Rosenfeld, 2018).

2.4 Vagal Tonus

Vagal tonus, 10. kranial sinir olan nervus vagusu ve OSS'nin temel bir bileşenini ifade eder. Sinir sisteminin bu bölümü istemli kontrol halinde değildir ve çeşitli vücut bölümlerinin, vücut dinlenme halinde iken düzenlenmesinden sorumludur (Berntson, Cacioppo ve Quigley, 1993). Bu bağlamda vagal ton, özellikle vagus sinirinin uyguladığı temel parasempatik eylemin doğasını gösterir. Vagal ton organların, özellikle de kalbin parasempatik modülasyonunun bir göstergesidir (Rattaz ve diğerleri, 2022).

Polivagal teoriye göre, vagal ton çevresel ihtiyaçlara yönelik gerekli metabolik kaynakları harekete geçirmek için etkisini artırarak ya da azaltarak yanıt verir (Porges, 1995, 2001). Örneğin, ortam güvenli olduğunda, yüksek vagal ton (yani yüksek parasempatik etki) kalp atış hızını düşürür, sakinleşmeyi teşvik eder ve bireyin sosyal olarak meşgul olmasına izin verir, buna "vagal fren" adı verilir (Rattaz ve diğerleri, 2022). Buna karşılık, kişi sosyal stresle karşı karşıya kaldığında, parasempatik etkide azalma anlamına gelen vagal tonda düşüş meydana gelmesi muhtemeldir (Moore ve Calkins, 2004). Bu "vagal frenin" serbest bırakılması, bireyin dış dünyadan gelen taleplerle başa çıkmak için kalp debisindeki artış (yani kalp hızındaki artış) gibi fizyolojik kaynakları kullanmasını sağlar. Vagal ton, duygusal işlevsellik ile ilişkilidir ve duygusal düzenleme yeteneklerinin bir göstergesi olarak kabul edilir (Rattaz ve diğerleri, 2022).

Yüksek vagal tonus ve uygun vagal düzenleme kapasiteleri olan bireylerde, otonom sinir sistemi tepki verme (uygun reaktivite) ve hızla homeostaziye dönme (kendi kendini düzenleme ve sakinleştirme) kapasitesine sahiptir (Porges ve diğerleri, 1994).

2.4.1 Vagal aktivitenin kontrolünü sağlamak için kullanılan terapötik yöntemler. Vagal tonusu artırmak için kullanılan çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Alpha 7 nikotinik reseptörlerin farmakolojik stimülasyonu, santral kolinerjik yolların uyarımı, perhiz, beslenme, fiziksel aktivite gibi yöntemlerin yanısıra hipnoz, mindfulness (bilinçli farkındalık), nefes egzersizleri, yoga ve akupunktur gibi tamamlayıcı teknikler de kullanılmaktadır (Bonaz, Sinniger ve Pellissier, 2021). Vagus sinirinin etkisini ortadan kaldırmak amacıyla yapılan vagotomi vagus sinirinin dallarından birinin kesilmesidir (Hall, 2011). Duodenal ve gastrik peptik ülser hastalığında tedavi etmek ve önlemek için uzun yıllar yaygın olarak uygulanmıştır. Günümüzde ilaçlar ve çeşitli yöntemler yoluyla parasempatik etki artırılmakta veya bastırılmaktadır. Vagal aktivitenin kontrolü bunların dışında Vagal Sinir Stimülasyonu gibi yöntemlerle de yapılabilir (Gökçe ve diğerleri, 2018).

2.5 Vagus Sinir Uyarımı

VSU terimi genel olarak vagus sinirini uyaran herhangi bir tekniği tanımlamak için kullanılabilir. Özel klinik deneyler sonunda 1997 yılında dirençli epilepsi ve 2005 yılında dirençli depresyon tedavisinde endikasyonu ABD Gıda ve İlaç Dairesi (US Food and Drug Administration- FDA) tarafından onaylanmış bir tedavi yöntemidir (Howland, 2014).

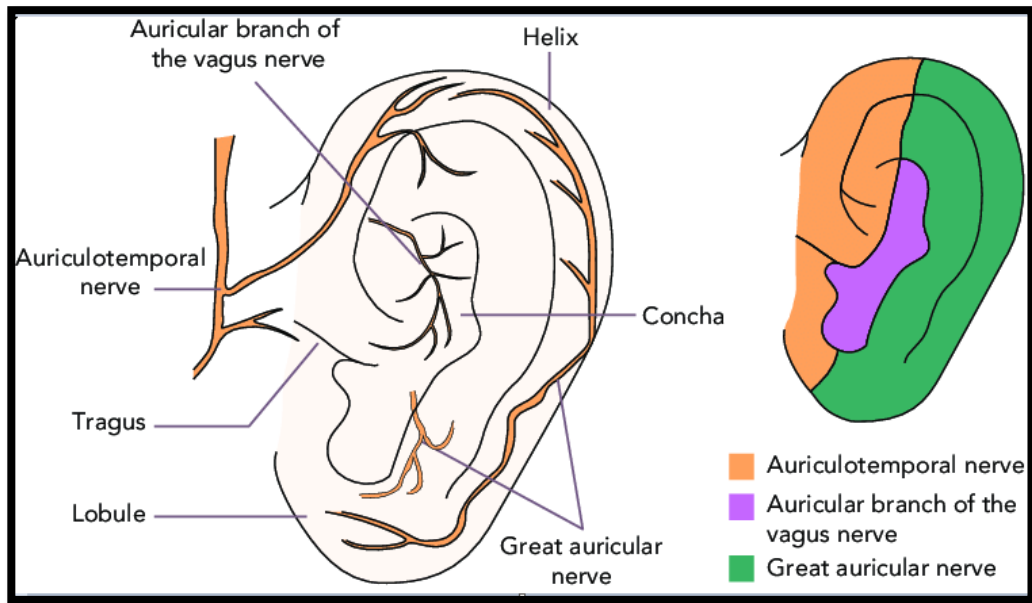
VSU, invaziv yöntemlerle servikal bölgeden, non-invaziv yöntemlerle de servikal veya auriküler bölgeden yapılabilmektedir (Özden ve diğerleri, 2021). Ancak, invaziv yöntemlerle gerçekleştirilen VSU cerrahi gerektirmekte olduğundan komplikasyonlara neden olabilmektedir. Bunun yanı sıra efferent lifleri de uyarması nedeniyle yan etkiler ortaya çıkabilmektedir. Tüm bunlar ve maliyeti nedeniyle kullanımı sınırlıdır (Mertens ve diğerleri, 2018).

Tedavideki gerekliliği nedeniyle VSU ile ilgili non-invaziv yöntemler ön plana çıkmaktadır. Non-invaziv VSU, insan fizyolojisini etkilemekte olup; invaziv VSU yöntemine göre daha ucuz ve basit bir alternatif olabilir (He ve diğerleri, 2012).

Noninvaziv yöntemle vagus sinirinin afferent lifleri dış kulakta (vagus sinirinin auriküler dalı) veya boyunda (vagus sinirinin servikal dalı) kutanöz dağılımları sayesinde uyarılabilir. Auriküler dal uyarımı ile somatosensorial innervasyon sağlanır. Auriküler dal uyarımı, servikal dalın uyarımına göre daha işlevseldir (Butt, Albusoda, Farmer ve Aziz, 2020).

2.6 Auriküler Vagus Sinir Uyarımı

Dış kulak aurikülotemporal sinir, büyük auriküler sinir ve vagus sinirinin auriküler dalı olmak üzere üç duyu siniri tarafından beslenir (Howland, 2014). Kulak kepçesinin duysal innervasyonu karmaşıktır ve tam olarak belirlenmemiştir. Özellikle fasiyal sinirden kaynaklanan kutanöz innervasyonun detayları daha fazla açıklama gerektirmektedir. Vagusun aurikular dalı temporal kemiği ve fasiyal kanalı geçerken, stylomastoid foramenin yaklaşık 4 mm üzerinde fasiyal sinire çıkan bir dalın katkıda bulunarak, fasiyal sinir yoluyla kulak kepçesine taşınan vagus liflerinin olduğu düşünülmektedir (Standring, 2016). Auriküler bölgenin duysal innervasyonu Şekil 5'te görülmektedir.



Şekil 5 Auriküler bölgenin duysal innervasyonu (Jiang, Po, Amil ve Dasari, 2020).

Auriküler VSU, vagus sinirinin auriküler dalının dağıldığı kutanöz alanı hedef alır. Güncel literatür bilgisi ışığında, vagus sinirinin kulakta en yoğun olduğu bölgeye

ilişkin net bir fikir birliğine henüz varılamamış olmakla birlikte konka ve tragusun iç kısmının vagal aktiviteyi modüle etmek için en uygun bölge olduğu bildirilmektedir (Özden ve diğerleri, 2021).

Yan etkisi az ve kolay uygulanan bir tedavi olmasına rağmen farklı klinik antiteler için, frekans, süre, atım genişliği, seans sayısı veya tedavi süresiyle ilgili olarak nasıl uygulanması gerektiğine ilişkin yerleşik bir klinik paradigma yoktur. Önemli bir diğer sorun ise hangi kulaktan yapılması gerektiğine ilişkindir. İnvaziv servikal VSU efferent lifleri de uyardığı için bu kardiyak yan etkiyi azaltmak amacıyla sol taraftan yapılmaktadır. Benzer şekilde auriküler uyarımda sıklıkla sol taraftan yapılmaktadır. Fakat sağ veya sol kulaktan yapılan VSU aynı yere, NTS'ye gitmektedir. Sağ ve sol tarafta vagus sinirinin auriküler dalının eş zamanlı olarak uyarılması, beyin sapında artan duyuşal girdi nedeniyle potansiyel olarak uyarımın etkisini artırabilir (Kaniusas ve diğerleri, 2019; Özden ve diğerleri, 2021). Vagus siniri, periferdeki spesifik sensörleri ve efektörleri MSS'ne bağlar. Nervus Vagus aracılığıyla gerçekleşen bağlantılar, daha yüksek beyin bölgeleri olan hipotalamusa ve kortekse doğru projeksiyonlar içermektedir. Bu sayede vagus siniri subkortikal ve kortikal beyin bölgelerine modüler olarak erişmektedir (Gazi Üniversitesi Akademik Veri Yönetim Sistemi, 2020). Transkutan vagus uyarımının beyin sapını etkileme mekanizması Şekil 6'da görülmektedir.

Literatürde bilateral auriküler VSU ile yapılan çalışma sayısı çok azdır. Yakın gelecekte yapay zeka kullanımının artmasıyla, sensörler vasıtasıyla sağ unilateral ya da sol unilateral olarak mı veya bilateral olarak mı auriküler VSU yapılması gerektiğine karar verilebileceği düşünülmektedir (Özden ve diğerleri, 2021).

2.7 Yüzeyel Elektromiyografi

Yüzeyel Elektromiyografi (EMG), kas yüzeyine yerleştirilen elektrotlar aracılığıyla aksiyon potansiyeline bağlı olarak oluşan zar potansiyelinde ortaya çıkan elektriksel aktivitenin kaydedilmesi yöntemidir (Cerrah, Ertan ve Soylu, 2010; Farina, Merletti ve Enoka, 2004). Sinyaller deri üzerinden non-invaziv yöntemle kaydedilmekte olup ağrısız ve kolay uygulanabilen bir yöntemdir. Ölçüm için donanım ve yazılım açısından cihaza uygun bilgisayar gerekmektedir (Ada, 2015; Merlo ve Campaini, 2010; Soylu, 2010).

1966; Blume, Grivin ve Kaufmann,1982; Klimesch, 1999; Smith, 2005; Thatcher, Walker, Gerson ve Geisler, 1989). Bu kullanım alanları dışında birçok bilim dalında ve araştırmada EEG'den yararlanılmaktadır (Yarimoğlu, 2020).

2.8.1 Beyin elektromanyetik dalgaları. Dünya yüzeyi ve atmosferin iyonosfer tabakası arasında 3 Hz'den başlayarak 60 Hz'ye kadar ulaşan, genel olarak 7,83 Hz'lik elektromanyetik dalgaların titreşimi söz konusudur. Beyin dalgaları ile iyonosferin alt titreşim dalgaları birbiri ile aynı aralıkta yer alır (Bal, 2020).

2.8.2 Frekans bantları. EEG sinyallerinin sıklığı frekans, sinyallerin miktarı ise genlik olarak tanımlanmaktadır. EEG'nin frekansı, EEG dalga paternlerinin bir saniye içindeki tekrarlama sayısıdır ve birimi Hertz (Hz)'dir. EEG sinyalleri kabaca 5 frekans bandına ayrılmakta olup ayrıca bunlar dışında bazı alt frekans bantları da bulunmaktadır. Temel frekans bantları; delta (0,5 – 4 Hz), teta (4 – 8 Hz), alfa (8 – 13 Hz), Beta (13 – 30 Hz) ve Gama (30 Hz ve üstü) Tablo 1'de verilmiştir. Bu frekanslardaki ölçümlerin çokluk miktarı olarak adlandırılan genlik tepeden tepeye veya 'y' ekseninin sıfır noktasından pozitif veya negatif yönde ölçülen potansiyel farkıdır ve birimi Volt (V)'dir. EEG uygulamalarında potansiyel farklar çok düşük seviyelerdedir, bu nedenle birim olarak genellikle mikrovolt (μV) kullanılır (Yarimoğlu, 2020).

Tablo 1

EEG Dalga Şekilleri

Frekans isimleri	Bant dalga frekansı (Hz)
Delta	0,5-4
Teta	4-8
Alfa	8-13
Beta	13-30
Gama	30 ve üstü

2.8.2.1 Delta frekans bandı. 0,5 – 4 Hz aralığında olup, yavaş beyin dalgalarıdır. Meditatif durumlarda ve derin uykunun rüyasız evrelerinde yoğunlukla ortaya çıkmaktadırlar (Molaee-Ardekani, Senhadji, Shamsollahi, Wodey ve Vosoughi-Vahdat, 2007).

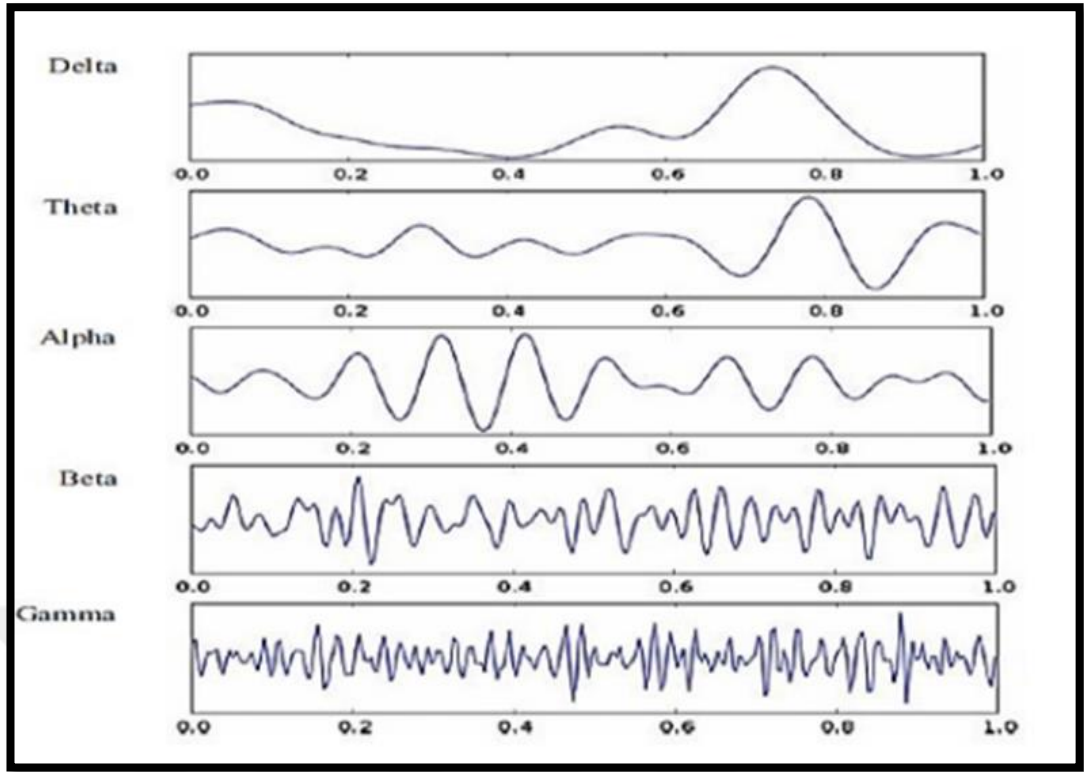
2.8.2.2 Teta frekans bandı. 4 – 8 Hz aralığında olup, yavaş ve düşük salınım gösteren dalgalarıdır. Rahatlamayı, dinlenmeyi, yaratıcılığı, içe dönmeyi, duygusal bağ kurmayı sağlayan dalgalarıdır. Uyku-uykusuzluk arasındaki zamanda uykuya dalmadan hemen önce yoğun ve baskın olarak gözlenen dalgalarıdır. Eskiye ait bilgilerin hatırlanması gibi fonksiyonlar sırasında yoğun gözlenebilir (Liwluck ve Sittiprapaporn, 2017).

2.8.2.3 Alfa frekans bandı. 8 – 13 Hz aralığında bulunan, genellikle gözler kapalı ve durgun durumlarda daha yoğun gözlemlenen dalgalarıdır (Nishifuji, Sato, Maino ve Tanaka, 2010). Teorik anlamda alfa dalgaları inhibitör nöronların aktivasyonunu yansıtır. Bazı kortikal bölgelerden de oluşturulabilir ancak korteksin alfa aktivasyonunu belirleyen ana kaynağı talamik nükleuslardır. Kortikal alfa talamokortikal-talamik girdi ağı tarafından modüle edilir. Alfa bant gücündeki azalma talamokortikal devrede önemsiz bilgilerin inhibisyonunun gerçekleştirilememesine yönelik disfonksiyonu gösterir (Klimesch, Sauseng ve Hanslmayr, 2007). Öğrenme, iş görme, odaklanma ile devreye giren, erişkin insan beyinde hakim olan dalgadır (Bal, 2020).

2.8.2.4 Beta frekans bandı. 13 – 30 Hz aralığında bulunan, nispeten hızlı dalgalarıdır. Uyanık ve dinç kişilerde daha fazla görülür (Nishifuji ve diğerleri, 2010). Beta dalgaları kişinin döndüğü, algıların açık ve çevresel farkındalığı yüksek olduğu, heyecanlandığı, huzursuzluk duyduğu, dikkatini verdiği zaman devreye girmektedir (Bal, 2020).

2.8.2.5 Gama frekans bandı. 30 Hz ve üstündeki hızlı dalgalarıdır. Dikkat, çalışan hafıza ve cisim tanımada etkili dalgalar olup bu dalgaların fazla olması kaygı, yüksek uyarılmışlık ve stresin göstergesidir (Herrmann ve Demiralp, 2005).

Farklı frekans aralıklarıyla ayırt edilen beş büyük beyin dalgası Şekil 7’de gösterilmiştir.



Şekil 7 Farklı frekans aralıklarıyla ayırt edilen beş büyük beyin dalgası (Bal, 2020).

Bölüm 3

Yöntem

3.1 Araştırma Modeli

Çalışmamıza dahil edilen gönüllü katılımcılar “sağ-unilateral”, “sol-unilateral” ve “bilateral” kulaktan uyarım yapılmak üzere randomizasyon yoluyla üç gruba ayrılmıştır. Uygulamanın akut etkisi, tek seanslık auriküler VSU öncesinde ve sonrasında yapılan EEG ve EMG ölçümleri ile her üç grupta da değerlendirilmiştir. EEG ölçümüyle beyin frekans bantlarının gücüne olan etkisi, EMG ölçümüyle de kasların elektriksel aktivitesi üzerine olan etkisi değerlendirilmiştir. Her üç grupta da tek seanslık auriküler vagus sinir uyarımının akut etkisi değerlendirilmiş ve gruplar arası karşılaştırma yapılmıştır. Dolayısıyla çalışmamız randomizasyon yapılmış, kontrol grubu olmayan deneysel bir araştırmadır.

3.2 Evren ve Katılımcılar

Çalışmamızda her üç gruba da 18-45 yaş arası, herhangi bir kronik hastalığı olmayan düzenli olarak herhangi bir ilaç kullanmak durumunda olmayan sağlıklı bireyler dahil edilmiştir.

Ön kolda yer alan el bileği ekstansör kaslarının aktivasyonunu değerlendirdiğimiz yüzeysel EMG ölçüm yöntemi nedeniyle üst ekstremitede (omuz, dirsek, el bileği ve parmaklar) ortopedik problemleri olan veya üst ekstremitede geçirilmiş cerrahi operasyon öyküsü olan, bununla birlikte diyabet, gut, kronik böbrek yetmezliği, romatoid artrit, tiroid hastalıkları gibi herhangi bir sistemik hastalığı olan bireyler her üç grupta da çalışma dışı tutulmuştur.

Örneklere bağlı olduğumuz kurumlarda e-mail gruplarından ve sosyal medya üzerinden yapılan duyurularla ulaşılmıştır. Gönüllü katılımcı olarak çalışmaya katılmayı kabul eden ve araştırmaya dahil edilme kriterlerini karşılayan sağlıklı kişiler gönüllülük esasına göre çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmamıza dahil edilen gönüllüler “sağ-unilateral”, “sol-unilateral” ve “bilateral” uyarım yapmak üzere üç gruba randomizasyon yoluyla atanmıştır. Her grupta 30 kişi olmak üzere çalışmamızda toplamda 90 gönüllü katılımcı bulunmaktadır.

3.3 Verilerin Toplanması

Gruplardaki gönüllü katılımcı sayısını belirlemek için yaptığımız araştırmaya benzer bir çalışma bulunmadığından ve kaynaklarımızın sınırlı kullanımından dolayı ön test yapamadığımız için G*Power güç analizi hesaplamalarında kullanılan ve uygulanan teste göre değişen Cohen'in sunduğu hazır etki büyüklüğü değerini kullanılmıştır (Cohen,1969). Bu G*Power örneklem hesaplamasında her grubun kendi içinde auriküler vagus sinir uyarımının öncesinde ve sonrasında EEG ve EMG ölçümleri yapılacağı için t-test kullanımına uygun olduğu görülmüş olup hesaplamada t-test kullanımı baz alınmıştır.

Genel literatürde, β en fazla 0,20; güç (1- β) ise en az 0,80 olarak kabul görmektedir. G*Power paket programı kullanılarak yapılan güç analizinde, etki büyüklüğü 0,5 olmakla birlikte, Tip 1 hata olasılığı (anlamlılık seviyesi) 0,05 ve testin gücü (Tip 2 hata olasılığı) en az yüzde 0 olduğu durumda örneklem sayısı 27 kişi olarak hesaplanmıştır. Üç farklı grupta da auriküler VSU uygulamasından önce ve sonra her grupta EEG ve EMG ölçümü yapılarak grup içi farklılıklar değerlendirileceği için her grupta 27 gönüllü katılımcı olmak üzere üç grupta toplam 81 gönüllü katılımcı sayısı uygun ve yeterli bir sonuç olarak yorumlanabilmektedir.

3.3.1 Veri toplama araçları. Yüzeysel EMG ölçümünün yapılacağı BIOPAC EMG (Biopac systems, Santa Barbara, CA, USA) cihazı Şekil 8'de verilmiştir. Ölçümler Şekil 9'da verilen MEDEKS marka yüzeysel elektrotlar (Ag-Cl) kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 8 Yüzeysel EMG ölçüm cihazı (Kınalı ve Üçsular, 2018).



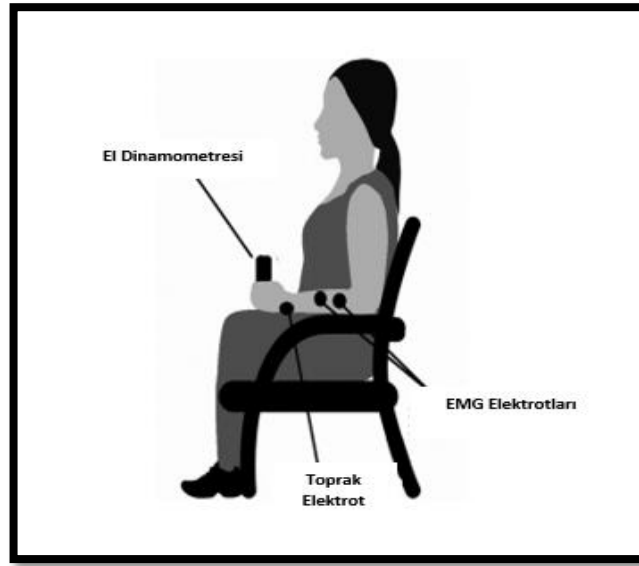
Şekil 9 Yüzeyel elektrotlar

Yüzeyel EMG ile her iki el bileği ekstansör grubu kasların aktivasyon ölçümü (mV) ve cihaza bağlı bir el dinamometresi ile el kavrama kuvveti (kg) ölçümü yapılmıştır. Ölçüm sırasında 2 adet kanal kullanılmıştır.

Kanal 1 ile EMG (5-1000 Hz) seçilerek, 3 adet yüzeyel elektrot ile el bileği ekstansör grubu kasların ölçümü yapılmıştır. Ölçüm sırasında yüzeyel elektrotlardan biri toprak elektrot olarak ulnanın stiloid çıkıntısına yerleştirilmiştir. Diğer iki yüzeyel elektrot ise el bileği ekstansör grubu kasların üzerine yaklaşık 0.5 cm aralıklarla yerleştirilmiştir.

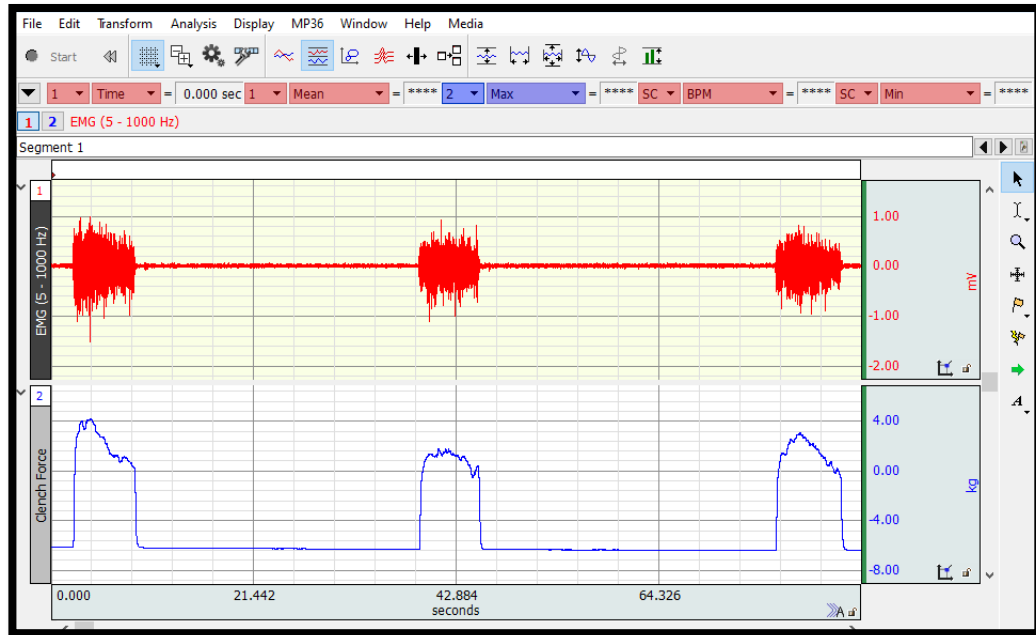
Kanal 2 ile Clench Force (kg) seçilerek el bileği ekstansör grubu kas aktivasyonunun yüzeyel EMG ölçümü ile eş zamanlı olarak aynı cihazın el dinamometresi ile el kavrama kuvveti ölçülmüştür.

Ölçümler, Amerikan El Terapistleri Derneği tarafından belirlenen standart el dinamometresi ölçüm pozisyonunda alınmıştır. Belirtilen standart, 0 derece omuz fleksiyonu, 0 derece omuz abduksiyonu, 90 derece dirsek fleksiyonu ve ön kol nötralde olacak şekilde dik bir oturma pozisyonudur. Ölçüm pozisyonu alındıktan sonra el dinamometresi ile 5 s boyunca maksimum izometrik kavrama yapması istenerek, ölçümler arasında 30 s dinlenme arası verilerek aynı ölçüm 2 kez daha tekrar edilmiş olup toplamda 3 kez ölçüm yapılmıştır ve 3 ölçümün ortalaması kaydedilmiştir. Ölçüm diğer taraftaki el bileği için de tekrar edilmiş olup auriküler VSS öncesinde ve sonrasında her iki el bileğine de yapılmıştır. Ölçüm pozisyonu ve elektrotların yerleşimi Şekil 10'da gösterilmektedir.



Şekil 10 Ölçüm pozisyonu ve elektrotların yerleşimi (Kınalı ve Üçsular, 2018).

Yapılan ölçümler sonrası MATLAB dosyası olarak kaydedilen sinyaller değerlendirilmiştir. MATLAB dosyasındaki verilerde yer alan 30 s aralıklar ile yapılan 5 s'lik 3 ölçüm kesitinin ortalaması hesaplanarak el bileği ekstansör grubu kasların ortalama aktivasyon değeri (mV) ve maksimum kavrama kuvveti (kg) parametreleri hesaplanmıştır. Yapılan ölçümlerin grafikleri Şekil 11'de görüldüğü gibidir.



Şekil 11 Ölçüm grafiği

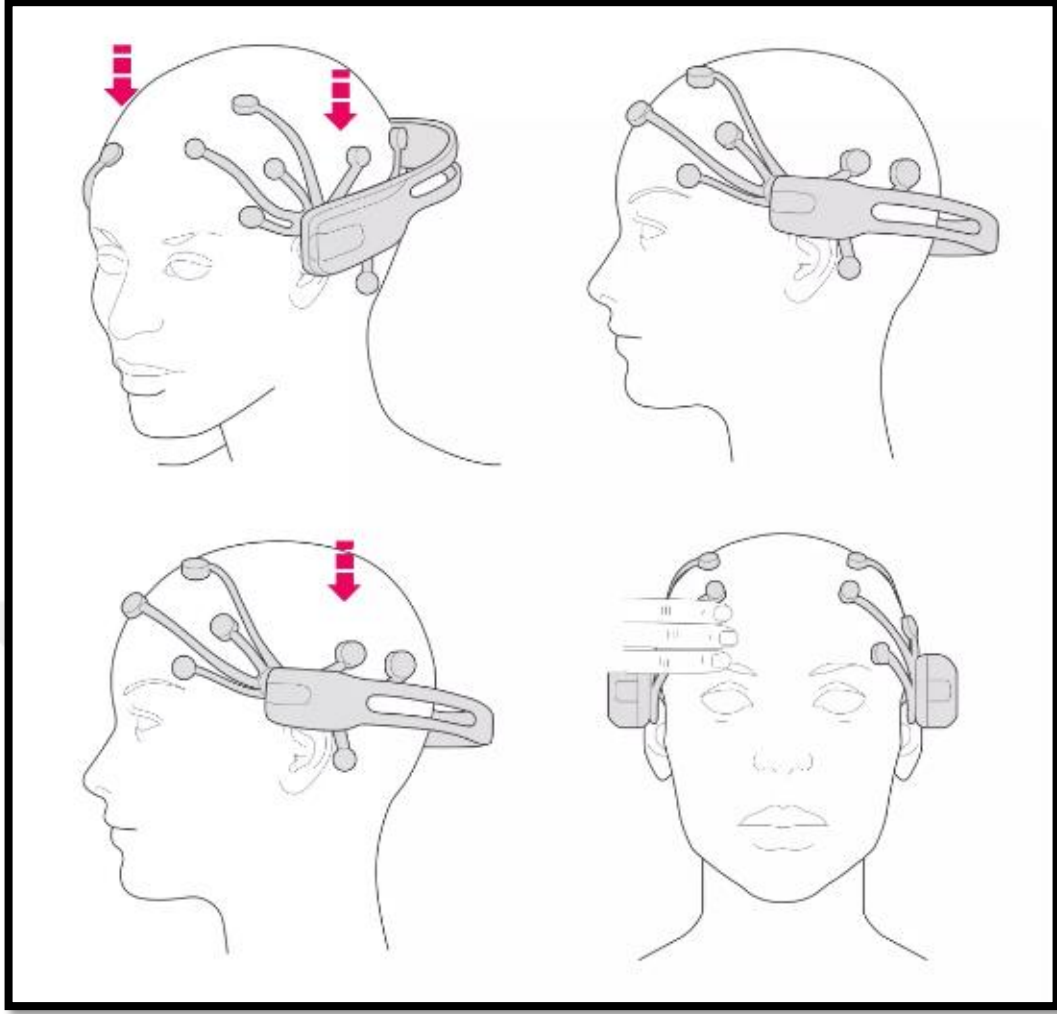
Auriküler VSU öncesi ve sonrasında her iki el bileğinde de belirtilen ölçümler EMG ile yapılmış olup, sonucunda ulaşılan değerler kaydedilmiştir.

Beyin frekans bantlarının gücü auriküler VSU öncesinde ve sonrasında 10 dk süre ile Emotiv EPOC+ 14 kanallı mobil EEG cihazı ile ölçülmüştür. Ölçüm yapılan cihaz Şekil 12’de görülmektedir.



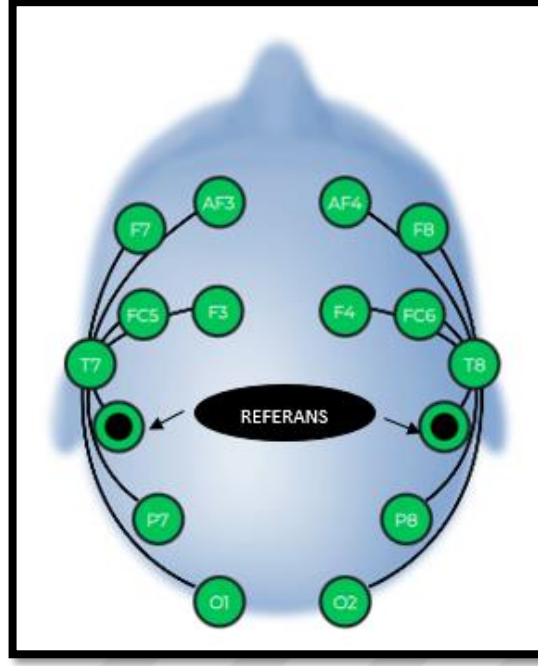
Şekil 12 Emotiv EPOC+ EEG cihazı (Standring, 2016).

Lens solüsyonu ile ıslatılan elektrot pedleri, cihazın manuel kitabında belirtilen yerleşim şekline göre kafatasının üst noktasından başlayarak, siyah kauçuk kaplaması olan referans sensörleri her bir kulak memesinin hemen arkasındaki kemiğe yerleştirildi. Referans sensörlerinin doğru yerleştirilmesi, ölçüm için kritik öneme sahiptir. Sağ ve sol tarafta bulunan her iki ön sensör, kaşların yaklaşık 3 parmak üzerinde olmalıdır. Şekil 13’de cihazın yerleştirilme yöntemi gösterilmektedir. Ardından cihaz Bluetooth veya USB ile eşleştirilmektedir.



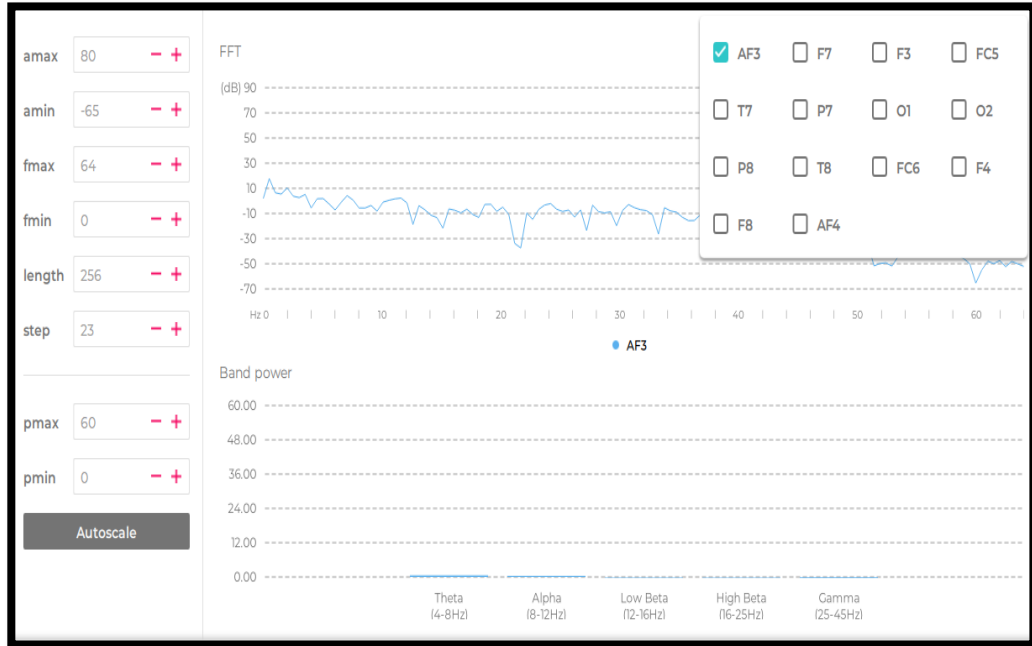
Şekil 13 EEG cihazının yerleşimi (Emotiv, 2018)

EMOTİV EPOC+ 14 kanallı mobil EEG cihazı uluslararası 10-20 sistemini kullanmaktadır. Frontal ve prefrontal lobların yanı sıra temporal, parietal ve oksipital lobları da kapsamaktadır. Kullanılan elektrot sensörleri AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, AF4 ‘dür. Referans ve sensör elektrot yerleşimi Şekil 14’de verilmiştir.



Şekil 14 Referans ve sensör elektrotların yerleşimi

Cihazda bulunan 14 kanalın her bir elektrot sensörü için teta (4 – 8 Hz), alfa (8 – 12 Hz), alçak beta (12 – 16 Hz), yüksek beta (16 – 25 Hz) ve gama (25 – 45 Hz) olmak üzere 5 farklı frekans bant gücü değeri bulunmaktadır. Ölçüm sırasında bant gücüne ilişkin ekranda oluşan grafik örneği Şekil 15’ de görülmektedir.



Şekil 15 Ölçüm sırasında oluşan bant gücü grafiği

Her bir elektrot sensörünün kontakt kalitesi yüzde 100 olacak şekilde test edilerek ölçüme başlanmıştır. EEG ölçümleri uyarım öncesinde ve sonrasında 10 dk boyunca gönüllü katılımcıların gözleri kapalı olacak şekilde yapıldı. Katılımcının dikkatini dağıtabilecek ses, ışık gibi faktörler engellendi ve her katılımcının uyanık olup olmadığı kontrol edildi.

Ölçümden elde edilen veriler virgülle ayrılmış bir dosya uzantısı olan CSV (Comma Seperated Values) formatında kaydedildi ve daha sonra Excel programında “ortalama bant gücü” analiz edildi. 14 kanalın her birine ait frekans bantlarının gücü (μV^2) hesaplandı.

Daha sonra elde edilen EEG verileri, beyin 4 kadrana bölünerek analiz edilmiştir. Buna göre sol anterior bölge (AF3+F7+F3+FC5), sağ anterior bölge (AF4+F8+F4+FC6), sol posterior bölge (T7+P7+O1) ve sağ posterior bölge (T8+P8+O2) olmak üzere dört bölgeye ait teta, alfa, alçak beta, yüksek beta ve gama frekanslarının her birine ait ortalama bant gücü (μV^2) hesaplanmıştır.

3.3.2 Veri toplama işlemleri. Veri toplama süreci 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada tüm gönüllü katılımcılara araştırma hakkında bilgi verilmiştir ve çalışmaya alınan katılımcıların yazılı onayları alınmıştır. “Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu” ektedir (Bkz. Ekler A. Aydınlatılmış Onam Formu). Uygulamanın etkinliği açısından katılımcılara kahve ve sigara tüketiminin VSU’dan en az 2 saat önce veya en az 2 saat sonra yapılması, son 24 saatte alkol tüketilmemesi, ölçüme gelmeden 3 saat kadar süre ile özellikle üst ekstremiteler ile ağır iş yapılmaması, ölçüme kısa kollu bir kıyafet ile gelinmesi, eğer kollarında fazla tüylenme varsa kesilmesi gerektiği ve EEG ölçümü öncesinde saçlarının temiz olmasının önem taşıdığı konusunda bilgilendirme yapılmıştır. Tarafımızdan hazırlanmış olan “Olgu Rapor Formu” ile çalışmaya alınan her üç gruptaki olguların kişisel ve demografik bilgilerine ilişkin veriler kaydedilmiştir (Bkz. Ekler B. Olgu Rapor Formu). Elin lateralizasyonu, Edinburgh Oldfield Anketi ‘nden elde edilen Geschwind Skoru (GS) ile belirlenmiştir. (Bkz. Ekler C. Edinburgh Oldfield Anketi). Edinburgh Oldfield Anketi, bireylerin günlük yaşam aktiviteleri sırasında el tercihlerini sorgulayan geçerli ve güvenilir bir ankettir (Oldfield, 1977; Uysal, Ekinci, Çoban ve Yakut, 2019). Bu ankette, yazı yazma, resim yapma, top veya taş fırlatma, makas tutma, diş fırçalama sırasında fırçayı tutan el, ekmek keserken bıçağı tutan el, çatal tutma (bıçaksız), çekiç tutan el (çivi çakarken), kibrit çakarken kibrit çöpünü

tutan el, şişe veya kavanoz açarken kapağı tutan el sorulmuştur ve bu fonksiyonları yerine getirirken hangi ellerini tercih ettikleri saptanmıştır. El tercihi ile ilgili olarak “daima sol el”, “genellikle sol el”, “her iki el”, “genellikle sağ el” ve “daima sağ el” cevaplarına sırasıyla -10, -5, 0, +5, +10 puan verilmiştir. Sonuç olarak ortaya çıkan toplam puan GS olarak değerlendirildi. GS, -100 ile +100 arasında değişmektedir. GS değerinin negatif yönde olması solaklık, pozitif yönde olması ise sağ ellilik lehinedir (Tan, 1988).

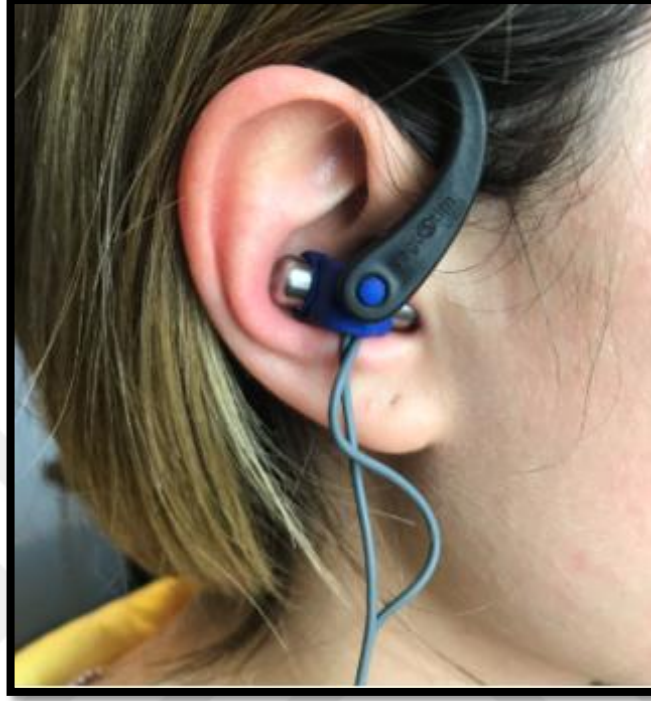
İkinci aşamada uygulanacak olan auriküler VSS öncesinde ve sonrasında her üç grupta da EMG cihazına bağlı bir dinamometre aracılığıyla yapılan her iki el bileği kavrama kuvveti ölçümüne eş zamanlı el bileği ekstansör kas gruplarının aktivasyonu yüzeysel EMG ile ölçülmüştür. Ayrıca uyarımın beyin frekanslarının bant gücüne olan etkisini incelemek için EEG ölçümü yapılmıştır.

İlk ölçüm ve son ölçüm arasında yapılan Auriküler VSS, Vagustim marka cihaz ile yapılmıştır. Cihazın sertifikası ektedir (Bkz. Ekler D. Vagustim CE Belgesi). Her üç gruba da frekans 10 Hz ve atım genişliği 300 µs olacak şekilde 20 dk süre ile aynı auriküler VSS yapılmıştır. Gruplar arasında uyarım farklılığı sadece hangi kulaktan uygulama yapılacağına yöneliktir. Vagustim marka auriküler vagus sinir uyarımı yaptığımız cihaz Şekil 16’da görülmektedir.



Şekil 16 Vagustim marka auriküler VSU cihazı (Güçlüer, 2020).

Gönüllü katılımcılar “Unilateral- sağ kulak”, “unilateral-sol kulak” ve “bilateral- her iki kulak” olacak şekilde 3 gruba ayrılmıştır ve auriküler VSS uygulanmıştır. Örnek auriküler VSU elektrot yerleşimi Şekil 17’de görülmektedir.



Şekil 17 Örnek auriküler VSU elektrot yerleşimi (Özden ve diğerleri, 2021).

Her gruba farklı yöntem kullanarak uygulayacağımız auriküler VSS’nin etkileri, öncesinde ve sonrasında yapılan yüzeysel EMG ve EEG ölçümleri ile ilk test ve son test ölçümü şeklinde her 3 grupta da ayrı ele alınarak incelendi.

3.3.3 Veri analiz işlemleri. Analiz SPSS 22.0 Paket Programı kullanılarak yapılmıştır. Çalışmadan kullanılan değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri kategorik verilerde sayı (n) ve frekans; sürekli verilerde ortalama, standart sapma ve minimum maksimum değerleri kullanılmıştır. Öncelikle sürekli değişkenlerin Shapiro-Wilk testine göre normal dağılıma sahip olup olmadığı incelenmiştir. Normal dağılıma sahip olmayan değişkenler için ($p < 0,05$) nonparametrik testler, normal dağılan değişkenler ($p > 0,05$) için ise parametrik testler kullanılmıştır. İki bağımlı grup ortalamaları arasındaki farklılığı ölçmek için normal dağılan verilerde Independent T-Test ve normal dağılmayan verilerde Wilcoxon Sign Rank Testi kullanılmıştır. Tüm analizlerde anlamlılık düzeyi 0,05 olarak verilmiştir.

3.4 Sınırlamalar

Coronavirus disease-2019 (COVID-19) salgını nedeniyle çalışmaya başlama zamanı planlanandan daha öteye ertelenmiştir. Ayrıca auriküler VSU, EEG ölçümünde artefakt oluşturabileceğinden artefaktı engellemek için ölçüm ve uyarım arasında kısa bir zaman aralığı bırakılmıştır. Farklı kulaktan yapılan VSU uygulamaları ile değişen EEG aktivitesinin ne kadar süre devam ettiğini değerlendiremedik. Bu nedenle, bu bulguları doğrulamak için daha büyük ölçekli, randomize, prospektif çalışmalara ihtiyaç vardır.



Bölüm 4

Bulgular

4.1 Çalışmaya Katılan Bireylerin Özelliklerine İlişkin Bulgular

Çalışmaya katılan bireylerin cinsiyetlerine ilişkin bulgular Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2

Cinsiyet Tanımlayıcı İstatistik Tablosu

Vagus Uyarımı Yapılan Kulak	Cinsiyet	N	%
Sol kulak VSU (n=30)	Kadın	16	53,3
	Erkek	14	46,7
Sağ kulak VSU (n=30)	Kadın	21	70
	Erkek	9	30
Her iki kulak VSU (n=30)	Kadın	23	76,7
	Erkek	7	23,3
Toplam (n=90)	Kadın	60	66,7
	Erkek	30	33,3

Çalışmaya toplamda 60 kadın ve 30 erkek olmak üzere 90 sağlıklı birey katılmıştır. Kadın katılımcılar tüm katılımcıların % 66,7’sini, erkek katılımcılar ise tüm katılımcıların %33,3’ünü oluşturmaktadır.

Sol kulaktan VSU yapılan grupta 16 kadın ve 14 erkek olmak üzere toplamda 30 katılımcı bulunmaktadır. Bu grupta bulunan katılımcıların %53,3’ü kadın ve %46,7’si erkektir.

Sağ kulaktan VSU yapılan grupta 21 kadın ve 9 erkek olmak üzere toplamda 30 katılımcı bulunmaktadır. Bu grupta bulunan katılımcıların % 70'i kadın ve % 30'u erkektir.

Her iki kulaktan VSU yapılan grupta 23 kadın ve 7 erkek olmak üzere toplamda 30 katılımcı bulunmaktadır. Bu grupta bulunan katılımcıların %76,7'si kadın ve %23,3'ü erkektir.

Gruplar arası cinsiyet dağılımına ilişkin anlamlı bir farklılık bulunamıştır ($p=0,142$).

Çalışmaya katılan bireylerin diğer özelliklerine ilişkin bulgular Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3

Geschwind Skoru (GS), Yaş, BKİ Tanımlayıcı İstatistik Tablosu

Vagus Uyarımı		N	Ort±ss	Min-Maks
Yapılan Kulak				
Sol kulak VSU (n=30)	GS	30	79,83±38,58	(-85) - 100
	Yaş	30	31,5±6,65	21-44
	BKİ	30	23,64±4,36	16,23-37,46
Sağ kulak VSU (n=30)	GS	30	65,33±51,00	(-75) - 100
	Yaş	30	28,23±6,078	20-44
	BKİ	30	24,16±4,58	18,72-37,88
Her iki kulak VSU (n=30)	GS	30	78,17±37,58	(-55) - 100
	Yaş	30	31,17±8,192	22-45
	BKİ	30	21,79±3,24	16,14-31,56
Toplam (n=90)	GS	90	74,44±42,84	(-85) - 100
	Yaş	90	30,30±7,107	20-45
	BKİ	90	23,19±4,18	16,14-37,88

Çalışmaya katılan tüm bireylerin GS aralığı -85 ile 100 arasında değişmekte olup, ortalama değerin 74,44±42,84 olduğu ve katılımcıların büyük çoğunluğunun sağ el kullanımına yatkınlık gösterdiği görülmektedir. Çalışmaya katılan tüm bireylerin

yaş aralıkları 20 ve 45 arasında değişmekte olup, ortalama yaşlarının $30,30 \pm 7,107$ olduğu görülmektedir. Çalışmaya katılan tüm bireylerin BKİ değeri 16,14 ile 37,88 arasında değişmekte olup, ortalama BKİ değerinin $23,19 \pm 4,18$ olduğu görülmektedir.

Sol kulaktan VSU yapılan grupta GS aralığı -85 ile 100 arasında değişmekte olup, ortalama değerin $79,83 \pm 38,58$ olduğu görülmektedir. Aynı gruptaki bireylerin yaş aralıkları 21 ve 44 arasında değişmekte olup, ortalama yaşlarının $31,5 \pm 6,65$; BKİ değerleri ise 16,23 ile 37,46 arasında değişmekte olup, ortalama BKİ değerinin $23,64 \pm 4,36$ olduğu görülmektedir.

Sağ kulaktan VSU yapılan grupta GS aralığı -75 ile 100 arasında değişmekte olup, ortalama değerin $65,33 \pm 51,00$ olduğu görülmektedir. Aynı gruptaki bireylerin yaş aralıkları 20 ve 44 arasında değişmekte olup, ortalama yaşlarının $28,23 \pm 6,078$; BKİ değerleri ise 18,72 ile 37,88 arasında değişmekte olup, ortalama BKİ değerinin $24,16 \pm 4,54$ olduğu görülmektedir.

Her iki kulaktan VSU yapılan grupta GS aralığı -55 ile 100 arasında değişmekte olup, ortalama değerin $78,17 \pm 37,58$ olduğu görülmektedir. Aynı gruptaki bireylerin yaş aralıkları 22 ve 45 arasında değişmekte olup, ortalama yaşlarının $31,17 \pm 8,192$; BKİ değerleri ise 16,14 ile 31,56 arasında değişmekte olup, ortalama BKİ değerinin $21,79 \pm 3,24$ olduğu görülmektedir.

Gruplar arasında yaş dağılımına ilişkin anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p=0,13$). Aynı şekilde BKİ ölçümlerinde de gruplar arası anlamlı bir farklılık bulunamamıştır ($p=0,067$)

4.2 Çalışmaya Katılan Gruplarda VSU Öncesi ve Sonrası Maksimum El Kavrama Kuvveti ve El Bileği Ekstansör Grubu Kasların Aktivasyon Ölçümlerine İlişkin Bulgular

Sol kulaktan, sağ kulaktan ve her iki kulaktan VSU yapılan üç grubun her birinin VSU öncesi ve sonrası maksimum el kavrama kuvveti ve el bileği ekstansör grubu kasların aktivasyon ölçümlerine ilişkin bulgular ve değerlendirme tabloları ayrı alt başlıklar halinde ele alınmıştır.

4.2.1 Sol kulaktan VSU yapılan grupta VSU öncesi ve sonrası maksimum el kavrama kuvveti ve el bileği ekstansör grubu kasların aktivasyon ölçümlerine ilişkin bulgular. Bu grupta yer alan bireylerin VSU öncesi ve sonrası sağ el bileği

ekstansör grubu kasların ortalama aktivasyon değeri (mV), sağ el maksimum kavrama kuvveti (kg), sol el bileği ekstansör grubu kasların ortalama aktivasyon değeri (mV) ve sol el maksimum kavrama kuvveti (kg) Tablo 4’de gösterilmiştir.

Tablo 4

Sol Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası El Bileği Ekstansör Grubu Ortalama Kas Aktivasyon Değeri (mV) ve Maksimum El Kavrama Kuvveti (kg) Değerlendirme Tablosu

N=30	VSU Öncesi		VSU Sonrası		Z-t*	p
	Ort±ss	Min-Maks	Ort±ss	Min-Maks		
Sağ El Bileği Ekstansör Grubu Kasların Ortalama Aktivasyon Değeri (mV)	0,268±0,10	0,122-0,472	0,288±0,111	0,122-0,479	-2,172	0,038**
Sağ El Maksimum Kavrama Kuvveti (Kg)	14,747±9,111	3,551-40,207	14,878±9,655	3,01-38,079	-0,134	0,894*
Sol El Bileği Ekstansör Grubu Kasların Ortalama Aktivasyon Değeri (mV)	0,227±0,087	0,60-0,504	0,247±0,108	0,113-0,633	-1,254	0,252*
Sol El Maksimum Kavrama Kuvveti (Kg)	13,543±8,217	2,388-32,208	14,303±9,329	2,342-32,702	-1,399	0,162*

**Paired-Sample T Test *Wilcoxon Sign Rank Test

Sol kulaktan VSU yapılan grupta sağ el bileği ekstansör grubu kasların ortalama aktivasyon değeri VSU öncesi 0,122-0,472 mV aralığında olup, ortalama değer 0,268±0,103 mV iken, VSU sonrası sağ el bileği ekstansör grubu ortalama kas aktivasyon değerinin 0,122-0,479 mV aralığında, ortalama değer ise 0,288±0,111 mV olduğu görülmektedir. VSU öncesi ve sonrası ölçülen sağ el bileği ekstansör grubu kasların ortalama aktivasyon değeri arasında anlamlı bir farklılık görülmüştür ($p<0,05$). VSU sonrası elde edilen sağ el bileği ekstansör grubu kasların ortalama aktivasyon değeri, VSU öncesi değerine göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur.

Sol kulaktan VSU yapılan grupta sağ el maksimum kavrama kuvveti, VSU öncesi 3,551-40,207 kg aralığında olup, ortalama değer $14,747 \pm 9,111$ kg iken, VSU sonrası sağ el maksimum kavrama kuvvetinin 3,01-38,079 kg aralığında, ortalama değer ise $14,878 \pm 9,655$ kg olduğu görülmektedir. VSU öncesi ve sonrası ölçülen sağ el maksimum kavrama kuvveti ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır ($p > 0,05$).

Sol kulaktan VSU yapılan grupta sol el bileği ekstansör grubu kasların ortalama kas aktivasyon değeri VSU öncesi 0,60-0,504 mV aralığında olup, ortalama değer $0,227 \pm 0,087$ mV iken, VSU sonrası sol el bileği ekstansör grubu ortalama kas aktivasyon değerinin 0,113-0,633 mV aralığında, ortalama değer ise $0,247 \pm 0,108$ mV olduğu görülmektedir. VSU öncesi ve sonrası ölçülen sol el bileği ekstansör grubu kasların ortalama aktivasyon değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır ($p > 0,05$).

Sol kulaktan VSU yapılan grupta sol el maksimum kavrama kuvveti, VSU öncesi 2,388-32,208 kg aralığında olup, ortalama değer $13,543 \pm 8,217$ kg iken, VSU sonrası sol el maksimum kavrama kuvvetinin 2,342-32,702 kg aralığında, ortalama değer ise $14,303 \pm 9,329$ kg olduğu görülmektedir. VSU öncesi ve sonrası sol el maksimum kavrama kuvveti ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p > 0,05$).

4.2.2 Sağ kulaktan VSU yapılan grupta VSU öncesi ve sonrası maksimum el kavrama kuvveti ve el bileği ekstansör grubu kasların aktivasyon ölçümlerine ilişkin bulgular. Bu grupta yer alan bireylerin VSU öncesi ve sonrası sağ el bileği ekstansör grubu kasların ortalama aktivasyon değeri (mV), sağ el maksimum kavrama kuvveti (kg), sol el bileği ekstansör grubu kasların ortalama aktivasyon değeri (mV) ve sol el maksimum kavrama kuvveti (kg) Tablo 5’de gösterilmiştir.

Tablo 5

Sağ Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası El Bileği Ekstansör Grubu Ortalama Kas Aktivasyon Değeri (mV) ve Maksimum El Kavrama Kuvveti (kg) Değerlendirme Tablosu

N=30	VSU Öncesi		VSU Sonrası		Z	p
	Ort±ss	Min-Maks	Ort±ss	Min-Maks		
Sağ El Bileği Ekstansör Grubu Kasların Ortalama Aktivasyon Değeri (mV)	0,261±0,117	0,069-0,596	0,278±0,129	0,108-0,695	-1,72	0,085
Sağ El Maksimum Kavrama Kuvveti (Kg)	13,269±8,061	4,394-34,819	13,205±7,783	3,115-36,731	-0,113	0,91
Sol El Bileği Ekstansör Grubu Kasların Ortalama Aktivasyon Değeri (mV)	0,290±0,213	0,091-1,238	0,319±0,268	0,086-1,578	-2,304	0,021
Sol El Maksimum Kavrama Kuvveti (Kg)	12,343±7,723	3,034-31,877	12,406±7,908	1,086-34,551	-0,616	0,538

Wilcoxon Sign Rank Test

Sağ kulaktan VSU yapılan grupta sağ el bileği ekstansör grubu kasların ortalama aktivasyon değeri VSU öncesi 0,069-0,596 mV aralığında olup, ortalama değer 0,261±0,117 mV iken, VSU sonrası sağ el bileği ekstansör grubu ortalama kas aktivasyon değerinin 0,108-0,695 mV aralığında, ortalama değer ise 0,278±0,129 mV olduğu görülmektedir. VSU öncesi ve sonrası ölçülen sağ el bileği ekstansör grubu kasların ortalama aktivasyon değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır ($p>0,05$).

Sağ kulaktan VSU yapılan grupta sağ el maksimum kavrama kuvveti, VSU öncesi 4,394-34,819 kg aralığında olup, ortalama değer 13,269±8,061 kg iken, VSU sonrası sağ el maksimum kavrama kuvvetinin 3,115-36,731 kg aralığında, ortalama değer ise 13,205±7,783 kg olduğu görülmektedir. VSU öncesi ve sonrası ölçülen sağ

el maksimum kavrama kuvveti ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır ($p>0,05$).

Sağ kulaktan VSU yapılan grupta sol el bileği ekstansör grubu kasların ortalama kas aktivasyon değeri VSU öncesi 0,091-1,238 mV aralığında olup, ortalama değer $0,290\pm0,213$ mV iken, VSU sonrası sol el bileği ekstansör grubu ortalama kas aktivasyon değerinin 0,086-1,578 mV aralığında, ortalama değerin ise $0,319\pm0,268$ mV olduğu görülmektedir. VSU öncesi ve sonrası ölçülen sol el bileği ekstansör grubu kasların ortalama aktivasyon değeri arasında anlamlı bir farklılık görülmüştür ($p<0,05$). VSU sonrası elde edilen sol el bileği ekstansör grubu kasların ortalama aktivasyon değeri, VSU öncesi değerine göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur.

Sağ kulaktan VSU yapılan grupta sol el maksimum kavrama kuvveti, VSU öncesi 3,034-31,877 kg aralığında olup, ortalama değer $12,343\pm7,723$ kg iken, VSU sonrası sol el maksimum kavrama kuvvetinin 1,086-34,551 kg aralığında, ortalama değerin ise $12,406\pm7,908$ kg olduğu görülmektedir. VSU öncesi ve sonrası sol el maksimum kavrama kuvveti ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$).

4.2.3 Her iki kulaktan VSU yapılan grupta VSU öncesi ve sonrası maksimum el kavrama kuvveti ve el bileği ekstansör grubu kasların aktivasyon ölçümlerine ilişkin bulgular. Bu grupta yer alan bireylerin VSU öncesi ve sonrası sağ el bileği ekstansör grubu kasların ortalama aktivasyon değeri (mV), sağ el maksimum kavrama kuvveti (kg), sol el bileği ekstansör grubu kasların ortalama aktivasyon değeri (mV) ve sol el maksimum kavrama kuvveti (kg) Tablo 6’da gösterilmiştir.

Her iki kulaktan VSU yapılan grupta sağ el bileği ekstansör grubu kasların ortalama aktivasyon değeri VSU öncesi 0,101-0,841 mV aralığında olup, ortalama değer $0,295\pm0,157$ mV iken, VSU sonrası sağ el bileği ekstansör grubu ortalama kas aktivasyon değerinin 0,095-0,787 mV aralığında, ortalama değerin ise $0,318\pm0,173$ mV olduğu görülmektedir. VSU öncesi ve sonrası ölçülen sağ el bileği ekstansör grubu kasların ortalama aktivasyon değeri arasında anlamlı bir farklılık görülmüştür ($p<0,05$). VSU sonrası elde edilen sağ el bileği ekstansör grubu kasların ortalama aktivasyon değeri, VSU öncesi değerine göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur.

Her iki kulaktan VSU yapılan grupta sağ el maksimum kavrama kuvveti, VSU öncesi 3,191-29,232 kg aralığında olup, ortalama değer 10,978±6,947 kg iken, VSU sonrası sağ el maksimum kavrama kuvvetinin 1,406-31,111 kg aralığında, ortalama değer ise 11,136±6,948 kg olduğu görülmektedir. VSU öncesi ve sonrası ölçülen sağ el maksimum kavrama kuvveti ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır ($p>0,05$).

Tablo 6

Her İki Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası El Bileği Ekstansör Grubu Ortalama Kas Aktivasyon Değeri (mV) ve Maksimum El Kavrama Kuvveti (kg) Değerlendirme Tablosu

N=30	VSU Öncesi		VSU Sonrası		Z	p
	Ort±ss	Min-Maks	Ort±ss	Min-Maks		
Sağ El Bileği Ekstansör Grubu Kasların Ortalama Aktivasyon Değeri (mV)	0,295±0,157	0,101-0,841	0,318±0,173	0,095-0,787	-2,819	0,005
Sağ El Maksimum Kavrama Kuvveti (Kg)	10,978±6,947	3,191-29,232	11,136±6,948	1,406-31,111	-0,483	0,629
Sol El Bileği Ekstansör Grubu Kasların Ortalama Aktivasyon Değeri (mV)	0,265±0,119	0,117-0,541	0,284±0,127	0,107-0,523	-1,985	0,047
Sol El Maksimum Kavrama Kuvveti (Kg)	9,693±5,990	2,725-25,035	9,718±6,150	3,144-28,075	-0,195	0,845

Wilcoxon Sign Rank Test

Her iki kulaktan VSU yapılan grupta sol el bileği ekstansör grubu kasların ortalama kas aktivasyon değeri VSU öncesi 0,117-0,541 mV aralığında olup, ortalama değer 0,265±0,119 mV iken, VSU sonrası sol el bileği ekstansör grubu ortalama kas aktivasyon değerinin 0,107-0,523 mV aralığında, ortalama değer ise 0,284±0,127 mV olduğu görülmektedir. VSU öncesi ve sonrası ölçülen sol el bileği ekstansör grubu kasların ortalama aktivasyon değeri arasında anlamlı bir farklılık görülmüştür

($p<0,05$). VSU sonrası elde edilen sol el bileği ekstansör grubu kasların ortalama aktivasyon değeri, VSU öncesi değerine göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur.

Her iki kulaktan VSU yapılan grupta sol el maksimum kavrama kuvveti, VSU öncesi 2,725-25,035 kg aralığında olup, ortalama değer $9,693\pm5,990$ kg iken, VSU sonrası sol el maksimum kavrama kuvvetinin 3,144-28,075 kg aralığında, ortalama değer ise $9,718\pm6,150$ kg olduğu görülmektedir. VSU öncesi ve sonrası sol el maksimum kavrama kuvveti ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$).

4.3 Çalışmaya Katılan Gruplarda VSU Öncesi ve Sonrası EEG Ölçümlerine İlişkin Bulgular

Sol kulaktan, sağ kulaktan ve her iki kulaktan VSU yapılan üç grubun her birinin VSU öncesi ve sonrası EEG ile ölçümleri yapılan teta, alfa, alçak beta, yüksek beta ve gama frekans bantları gücüne ilişkin elde edilen bulgular ve değerlendirme tabloları ayrı alt başlıklar halinde ele alınmıştır.

4.3.1 Sol kulaktan VSU yapılan grupta VSU öncesi ve sonrası bölgesel beyin frekanslarının bant gücüne ilişkin elde edilen bulgular. Sol kulaktan VSU yapılan grupta, VSU öncesi ve sonrası ölçülen teta frekans bant gücüne ilişkin değerler Tablo 7’de gösterilmiştir.

Sol kulaktan VSU yapılan grupta, VSU sonrası elde edilen bölgesel teta bant gücü, uyarım öncesi teta frekans bant gücü ile karşılaştırıldığında sol anterior bölgede istatistiksel olarak anlamlı bir artış saptanmıştır ($p<0,05$).

Sol kulaktan VSU yapılan grupta, VSU sonrası elde edilen bölgesel teta bant gücü, uyarım öncesi teta frekans bant gücü ile karşılaştırıldığında sol posterior, sağ posterior ve sağ anterior bölgede anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$).

Tablo 7

Sol Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Teta Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular

N=30	VSU Öncesi		VSU Sonrası		Z	p
	Bant Gücü (μV ²)		Bant Gücü (μV ²)			
	Ort±ss	Min-Maks	Ort±ss	Min-Maks		
Sol Ant.	3,15x10 ⁶ ± 1,39x10 ⁶	1,04x10 ⁶ - 7,21x10 ⁶	4,1x10 ⁶ ± 1,87x10 ⁶	1,71x10 ⁶ - 9,81x10 ⁶	-2,396	0,017
Sol Post.	3,72x10 ⁶ ± 2,02x10 ⁶	1,43x10 ⁶ - 9,9x10 ⁶	3,82x10 ⁶ ± 2,09x10 ⁶	1,24x10 ⁶ - 8,28x10 ⁶	-0,051	0,959
Sağ Post.	4,08x10 ⁶ ± 2,36x10 ⁶	1,04x10 ⁶ - 9,3x10 ⁶	4,21x10 ⁶ ± 2,38x10 ⁶	1,09x10 ⁶ - 9,89x10 ⁶	-0,566	0,572
Sağ Ant.	3,6x10 ⁶ ± 1,37x10 ⁶	1,14x10 ⁶ - 8,8x10 ⁶	4,2x10 ⁶ ± 1,94x10 ⁶	1,64x10 ⁶ - 9,81x10 ⁶	-1,203	0,229

Wilcoxon Sign Rank Test

Sol kulaktan VSU yapılan grupta, VSU öncesi ve sonrası ölçülen alfa frekans bant gücüne ilişkin değerler Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8

Sol Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Alfa Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular

N=30	VSU Öncesi		VSU Sonrası		Z-t	p
	Bant Gücü (µV²)		Bant Gücü (µV²)			
	Ort±ss	Min-Maks	Ort±ss	Min-Maks		
Sol Ant.	2,88x10 ⁶ ± 1,4x10 ⁶	1,17x10 ⁶ - 6,83x10 ⁶	3,47x10 ⁶ ± 1,72x10 ⁶	1,7x10 ⁶ - 9,49x10 ⁶	-1,820	0,069
Sol Post.	2,57x10 ⁶ ± 1,18x10 ⁶	1,02x10 ⁶ - 5,56x10 ⁶	3,33x10 ⁶ ± 1,9x10 ⁶	1,12x10 ⁶ - 9,02x10 ⁶	-2,725	0,006
Sağ Post.	4,14x10 ⁶ ± 2,11x10 ⁶	1,03x10 ⁶ - 7,9x10 ⁶	4,22x10 ⁶ ± 1,64x10 ⁶	1,54x10 ⁶ - 8,25x10 ⁶	-0,251*	0,804*
Sağ Ant.	2,93x10 ⁶ ± 1,46x10 ⁶	1,01x10 ⁶ - 6,57x10 ⁶	3,52x10 ⁶ ± 1,97x10 ⁶	1,11x10 ⁶ - 8,59x10 ⁶	-1,532	0,125

*Paired-Sample T Test ;Wilcoxon Sign Rank Test

Sol kulaktan VSU yapılan grupta, VSU sonrası elde edilen bölgesel alfa bant gücü, uyarım öncesi alfa frekans bant gücü ile karşılaştırıldığında sol posterior bölgede istatistiksel olarak anlamlı bir artış saptanmıştır ($p<0,05$).

Sol kulaktan VSU yapılan grupta, VSU sonrası elde edilen bölgesel alfa bant gücü uyarım öncesi alfa frekans bant gücü ile karşılaştırıldığında sol anterior, sağ posterior ve sağ anterior bölgede ise anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$).

Sol kulaktan VSU yapılan grupta, VSU öncesi ve sonrası ölçülen alçak beta frekans bant gücüne ilişkin değerler Tablo 9’da gösterilmiştir.

Tablo 9

Sol Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Alçak Beta Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular

N=30	VSU Öncesi		VSU Sonrası		Z	p
	Bant Gücü (μV ²)		Bant Gücü (μV ²)			
	Ort±ss	Min-Maks	Ort±ss	Min-Maks		
Sol Ant.	3,69x10 ⁶ ± 2,26x10 ⁶	1,28x10 ⁶ - 9,86x10 ⁶	2x10 ⁶ ± 7,74x10 ⁵	1,21x10 ⁶ – 4,52x10 ⁶	-4,288	0,000
Sol Post.	3,82x10 ⁶ ± 2,18x10 ⁶	1,16x10 ⁶ - 9,7x10 ⁶	1,96x10 ⁶ ± 7,47x10 ⁵	1,12x10 ⁶ – 4,41x10 ⁶	-4,371	0,000
Sağ Post.	3,27x10 ⁶ ± 1,75x10 ⁶	1,4x10 ⁶ - 8,17x10 ⁶	2,63x10 ⁶ ± 1,52x10 ⁶	1,4x10 ⁶ – 7,94x10 ⁶	-2,602	0,009
Sağ Ant.	2,72x10 ⁶ ± 1,51x10 ⁶	1,48x10 ⁶ - 6,55x10 ⁶	2,15x10 ⁶ ± 1,27x10 ⁶	1,05x10 ⁶ – 6,72x10 ⁶	-3,096	0,002

Wilcoxon Sign Rank Test

Sol kulaktan VSU yapılan grupta, VSU sonrası elde edilen bölgesel alçak beta bant gücü, uyarım öncesi alçak beta frekans bant gücü ile karşılaştırıldığında sol anterior, sol posterior, sağ posterior ve sağ anterior bölgede istatistiksel açıdan anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur ($p<0,05$).

Sol kulaktan VSU yapılan grupta, VSU öncesi ve sonrası ölçülen yüksek beta frekans bant gücüne ilişkin değerler Tablo 10’da gösterilmiştir.

Sol kulaktan VSU yapılan grupta, VSU sonrası elde edilen bölgesel yüksek beta bant gücü, uyarım öncesi yüksek beta frekans bant gücü ile karşılaştırıldığında sol anterior, sol posterior, sağ posterior ve sağ anterior bölgede istatistiksel açıdan anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur ($p<0,05$).

Tablo 10

Sol Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Yüksek Beta Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular

N=30	VSU Öncesi		VSU Sonrası		Z	p
	Bant Gücü (μV ²)		Bant Gücü (μV ²)			
	Ort±ss	Min-Maks	Ort±ss	Min-Maks		
Sol Ant.	3,53x10 ⁶ ± 2,14x10 ⁶	1,33x10 ⁶ - 9,71x10 ⁶	1,81x10 ⁶ ± 6,39x10 ⁵	1,11x10 ⁶ - 3,5x10 ⁶	-4,638	0,000
Sol Post.	3,31x10 ⁶ ± 1,92x10 ⁶	1,13x10 ⁶ - 9,64x10 ⁶	1,78x10 ⁶ ±7,19x10 ⁵	1,01x10 ⁶ - 3,9x10 ⁶	-4,782	0,000
Sağ Post.	3,06x10 ⁶ ± 1,86x10 ⁶	1,16x10 ⁶ - 8,76x10 ⁶	2,38x10 ⁶ ± 1,57x10 ⁶	1,11x10 ⁶ - 7,01x10 ⁶	-3,075	0,002
Sağ Ant.	3,62x10 ⁶ ± 2,57x10 ⁶	1,25x10 ⁶ - 9,56x10 ⁶	1,96x10 ⁶ ± 1,45x10 ⁶	1,1x10 ⁶ – 8,81x10 ⁶	-4,247	0,000
Wilcoxon Sign Rank Test						

Wilcoxon Sign Rank Test

Sol kulaktan VSU yapılan grupta, VSU öncesi ve sonrası ölçülen gama frekans bant gücüne ilişkin değerler Tablo 11’de gösterilmiştir.

Sol kulaktan VSU yapılan grupta, VSU sonrası elde edilen bölgesel gama bant gücü, uyarım öncesi gama frekans bant gücü ile karşılaştırıldığında sol anterior, sol posterior, sağ posterior ve sağ anterior bölgede istatistiksel açıdan anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur ($p < 0,05$).

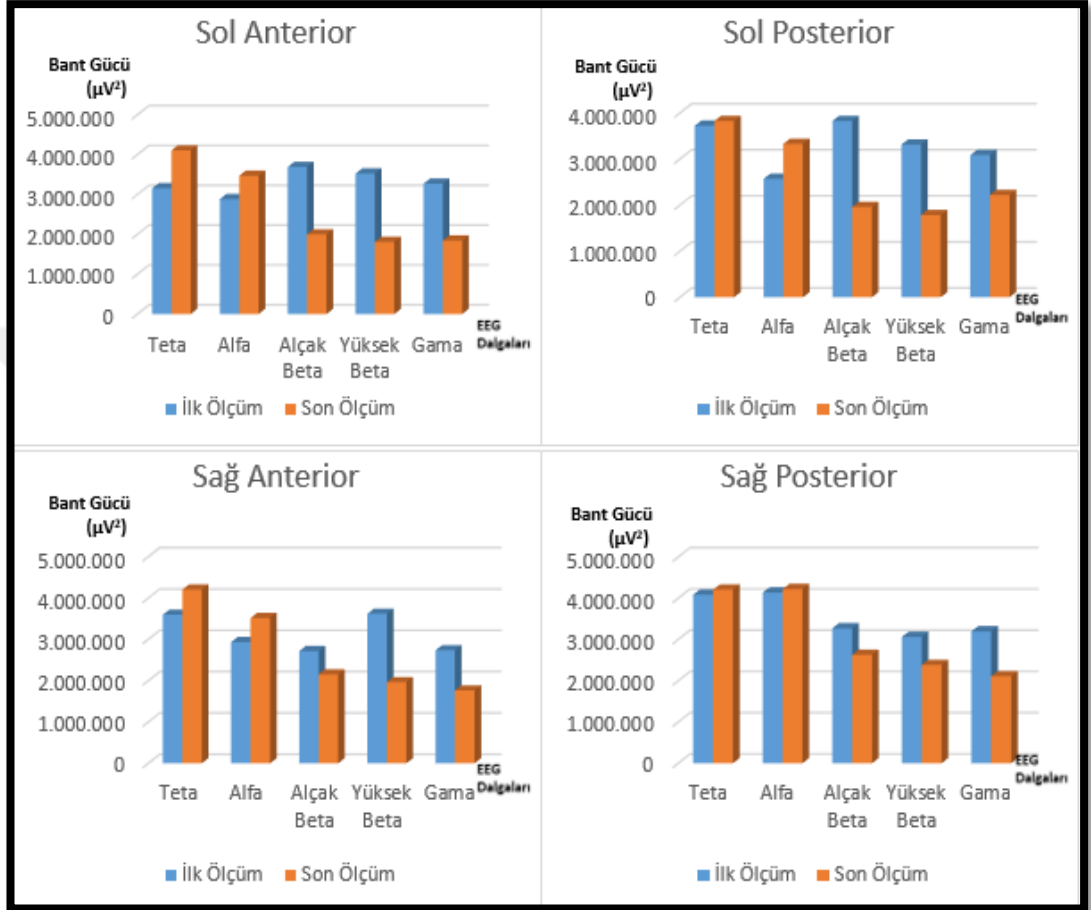
Tablo 11

Sol Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Gama Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular

N=30	VSU Öncesi		VSU Sonrası		Z	p
	Bant Gücü (μV²)		Bant Gücü (μV²)			
	Ort±ss	Min-Maks	Ort±ss	Min-Maks		
Sol Ant.	3,27x10 ⁶ ± 2,33x10 ⁶	1,04x10 ⁶ – 9,14x10 ⁶	1,84x10 ⁶ ± 9,99x10 ⁵	1,09x10 ⁶ – 5,31x10 ⁶	-4,083	0,000
Sol Post.	3,08x10 ⁶ ± 2,66x10 ⁶	1,11x10 ⁶ - 9,89x10 ⁶	2,22x10 ⁶ ± 1,86x10 ⁶	1,03x10 ⁶ - 9,84x10 ⁶	-3,569	0,000
Sağ Post.	3,2x10 ⁶ ± 2,21x10 ⁶	1,06x10 ⁶ – 8,87x10 ⁶	2,11x10 ⁶ ± 1,28x10 ⁶	1,04x10 ⁶ – 6x10 ⁶	-3,733	0,000
Sağ Ant.	2,74x10 ⁶ ± 2,11x10 ⁶	1,01x10 ⁶ - 9,73x10 ⁶	1,76x10 ⁶ ± 1,13x10 ⁶	7,65x10 ⁵ – 6,77x10 ⁶	-4,309	0,000

Wilcoxon Sign Rank Test

Sol kulaktan VSU yapılan grupta VSU öncesi ve sonrası sol anterior, sol posterior, sağ anterior ve sağ posterior beyin bölgesinde, teta, alfa, alçak beta, yüksek beta ve gama frekanslarının bant gücüne ilişkin elde edilen bulguların oluşturduğu grafikler Şekil 18’de görülmektedir.



Şekil 18 Sol kulaktan VSU yapılan grupta bölgesel beyin frekanslarının bant gücü değişikliklerine ilişkin grafikler

4.3.2 Sağ kulaktan VSU yapılan grupta VSU öncesi ve sonrası bölgesel beyin frekanslarının bant gücüne ilişkin elde edilen bulgular. Sağ kulaktan VSU yapılan grupta, VSU öncesi ve sonrası ölçülen teta frekans bantları gücüne ilişkin değerler Tablo 12’de gösterilmiştir.

Sağ kulaktan VSU yapılan grupta, VSU sonrası elde edilen bölgesel teta bant gücü, uyarım öncesi teta frekans bant gücü ile karşılaştırıldığında sol anterior, sol posterior ve sağ posterior bölgede istatistiksel olarak anlamlı bir artış saptanmıştır ($p < 0,05$).

Sağ kulaktan VSU yapılan grupta, VSU sonrası elde edilen bölgesel teta bant gücü, uyarım öncesi teta frekans bant gücü ile karşılaştırıldığında sağ anterior bölgede anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$).

Tablo 12

Sağ Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Teta Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular

N=30	VSU Öncesi		VSU Sonrası		Z	p
	Bant Gücü (μV ²)		Bant Gücü (μV ²)			
	Ort±ss	Min-Maks	Ort±ss	Min-Maks		
Sol Ant.	3,31x10 ⁶ ± 2,19x10 ⁶	1,08x10 ⁶ - 9,99x10 ⁶	4,19x10 ⁶ ± 1,98x10 ⁶	1,29x10 ⁶ - 9,92x10 ⁶	-2,149	0,032
Sol Post.	2,99x10 ⁶ ± 1,74x10 ⁶	1,05x10 ⁶ - 9,61x10 ⁶	4,56x10 ⁶ ± 2,47x10 ⁶	1,09x10 ⁶ – 9,62x10 ⁶	-2,54	0,011
Sağ Post.	3,85x10 ⁶ ± 2,64x10 ⁶	1,08x10 ⁶ - 9,83x10 ⁶	4,57x10 ⁶ ± 2,59x10 ⁶	1,08x10 ⁶ - 9,9x10 ⁶	-2,746	0,006
Sağ Ant.	4x10 ⁶ ± 2,38x10 ⁶	1,13x10 ⁶ - 9,33x10 ⁶	4,21x10 ⁶ ± 2,04x10 ⁶	1,1x10 ⁶ - 9,49x10 ⁶	-1,039	0,299
Wilcoxon Sign Rank Test						

Sağ kulaktan VSU yapılan grupta, VSU öncesi ve sonrası ölçülen alfa frekans bant gücüne ilişkin değerler Tablo 13’de gösterilmiştir.

Sağ kulaktan VSU yapılan grupta, VSU sonrası elde edilen bölgesel alfa bant gücü, uyarım öncesi alfa frekans bant gücü ile karşılaştırıldığında sol anterior, sol posterior ve sağ posterior bölgede istatistiksel olarak anlamlı bir artış saptanmıştır ($p<0,05$).

Sağ kulaktan VSU yapılan grupta, VSU sonrası elde edilen bölgesel alfa bant gücü, uyarım öncesi alfa frekans bant gücü ile karşılaştırıldığında sağ anterior bölgede anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$).

Tablo 13

Sağ Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Alfa Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular

N=30	VSU Öncesi		VSU Sonrası		Z	p
	Bant Gücü (μV²)		Bant Gücü (μV²)			
	Ort±ss	Min-Maks	Ort±ss	Min-Maks		
Sol Ant.	3,04x10 ⁶ ± 1,87x10 ⁶	1,03x10 ⁶ – 8,36x10 ⁶	4,1x10 ⁶ ± 2,06x10 ⁶	1,31x10 ⁶ – 9,59x10 ⁶	-2,437	0,015
Sol Post.	3,21x10 ⁶ ± 1,94x10 ⁶	1,12x10 ⁶ - 9,11x10 ⁶	4,22x10 ⁶ ± 2,46x10 ⁶	1,06x10 ⁶ - 9,89x10 ⁶	-2,088	0,037
Sağ Post.	3,24x10 ⁶ ± 1,88x10 ⁶	1,06x10 ⁶ - 8,11x10 ⁶	4,47x10 ⁶ ± 2,41x10 ⁶	1,14x10 ⁶ - 9,09x10 ⁶	-2,396	0,017
Sağ Ant.	3,35x10 ⁶ ± 2x10 ⁶	1,05x10 ⁶ - 9,14x10 ⁶	4,02x10 ⁶ ± 2,25x10 ⁶	1,25x10 ⁶ - 9,82x10 ⁶	-1,656	0,098
Wilcoxon Sign Rank Test						

Sağ kulaktan VSU yapılan grupta, VSU öncesi ve sonrası ölçülen alçak beta frekans bant gücüne ilişkin değerler Tablo 14’de gösterilmiştir.

Tablo 14

Sağ Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Alçak Beta Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular

N=30	VSU Öncesi		VSU Sonrası		Z	p
	Bant Gücü (μV ²)		Bant Gücü (μV ²)			
	Ort±ss	Min-Maks	Ort±ss	Min-Maks		
Sol Ant.	3,27x10 ⁶ ± 2,41x10 ⁶	1,37x10 ⁶ – 9,72x10 ⁶	2,63x10 ⁶ ± 1,41x10 ⁶	1,1x10 ⁶ - 6,02x10 ⁶	-1,553	0,12
Sol Post.	2,67x10 ⁶ ± 1,53x10 ⁶	1,24x10 ⁶ – 6,67x10 ⁶	2,33x10 ⁶ ± 1,01x10 ⁶	1,04x10 ⁶ – 5,39x10 ⁶	-0,812	0,417
Sağ Post.	3,51x10 ⁶ ± 2,01x10 ⁶	1,28x10 ⁶ – 8,69x10 ⁶	2,73x10 ⁶ ± 1,65x10 ⁶	1,02x10 ⁶ – 7,01x10 ⁶	-2,540	0,011
Sağ Ant.	3,33x10 ⁶ ± 2,18x10 ⁶	1,34x10 ⁶ – 9,85x10 ⁶	2,36x10 ⁶ ± 1,81x10 ⁶	1,04x10 ⁶ – 8,68x10 ⁶	-2,540	0,011
Wilcoxon Sign Rank Test						

Sağ kulaktan VSU yapılan grupta, VSU sonrası elde edilen bölgesel alçak beta bant gücü, uyarım öncesi alçak beta frekans bant gücü ile karşılaştırıldığında sağ

anterior ve sağ posterior bölgede istatistiksel açıdan anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur ($p<0,05$).

Sağ kulaktan VSU yapılan grupta, VSU sonrası elde edilen bölgesel alçak beta gücü, uyarım öncesi alçak beta bant gücü ile karşılaştırıldığında sol anterior ve sol posterior bölgede anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$).

Sağ kulaktan VSU yapılan grupta, VSU öncesi ve sonrası ölçülen yüksek beta frekans bant gücüne ilişkin değerler Tablo 15’de gösterilmiştir.

Tablo 15

Sağ Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Yüksek Beta Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular

N=30	VSU Öncesi		VSU Sonrası		Z	p
	Bant Gücü (μV²)		Bant Gücü (μV²)			
	Ort±ss	Min-Maks	Ort±ss	Min-Maks		
Sol Ant.	3,35x10 ⁶ ± 2,46x10 ⁶	1,18x10 ⁶ – 9,37x10 ⁶	2,34x10 ⁶ ± 1,29x10 ⁶	1,1x10 ⁶ - 5,94x10 ⁶	-2,335	0,02
Sol Post.	2,89x10 ⁶ ± 2,01x10 ⁶	1x10 ⁶ – 8,88x10 ⁶	2,21x10 ⁶ ± 1,26x10 ⁶	1x10 ⁶ – 6,85x10 ⁶	-1,944	0,052
Sağ Post.	3,88x10 ⁶ ± 2,94x10 ⁶	1,04x10 ⁶ – 9,57x10 ⁶	2,67x10 ⁶ ± 1,83x10 ⁶	1,01x10 ⁶ – 7,74x10 ⁶	-2,417	0,016
Sağ Ant.	3,47x10 ⁶ ± 2,12x10 ⁶	1,16x10 ⁶ – 9,47x10 ⁶	2,35x10 ⁶ ± 1,5x10 ⁶	1,12x10 ⁶ - 7,02x10 ⁶	-2,684	0,007

Wilcoxon Sign Rank Test

Sağ kulaktan VSU yapılan grupta, VSU sonrası elde edilen bölgesel yüksek beta bant gücü, uyarım öncesi yüksek beta frekans bant gücü ile karşılaştırıldığında sol anterior, sağ anterior ve sağ posterior bölgede istatistiksel açıdan anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur ($p<0,05$).

Sağ kulaktan VSU yapılan grupta, VSU sonrası elde edilen bölgesel yüksek beta gücü, uyarım öncesi yüksek beta bant gücü ile karşılaştırıldığında sol posterior bölgede anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$).

Sağ kulaktan VSU yapılan grupta, VSU öncesi ve sonrası ölçülen gama frekans bant gücüne ilişkin değerler Tablo 16’da gösterilmiştir.

Tablo 16

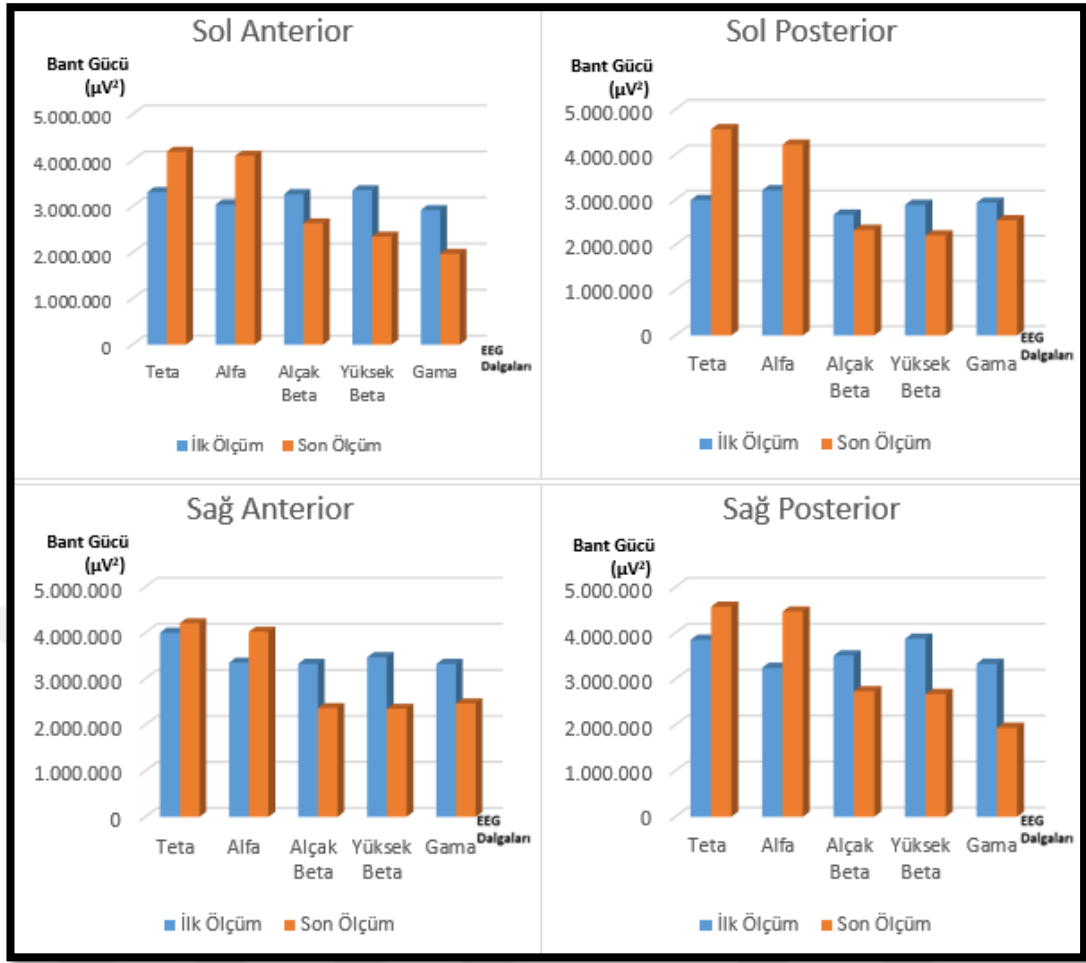
Sağ Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Gama Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular

N=30	VSU Öncesi		VSU Sonrası		Z	p
	Bant Gücü (μV ²)		Bant Gücü (μV ²)			
	Ort±ss	Min-Maks	Ort±ss	Min-Maks		
Sol Ant.	2,92x10 ⁶ ± 2,13x10 ⁶	1,07x10 ⁶ - 9,8x10 ⁶	1,97x10 ⁶ ± 1,24x10 ⁶	1,11x10 ⁶ - 7,17x10 ⁶	-2,910	0,004
Sol Post.	2,93x10 ⁶ ± 2,4x10 ⁶	1,02x10 ⁶ – 9,67x10 ⁶	2,55x10 ⁶ ± 3,09x10 ⁶	1,08x10 ⁶ – 1,77x10 ⁶	-1,964	0,049
Sağ Post.	3,33x10 ⁶ ± 2,56x10 ⁶	1,22x10 ⁶ - 9,32x10 ⁶	1,94x10 ⁶ ± 1,17x10 ⁶	1,01x10 ⁶ – 6,12x10 ⁶	-3,240	0,001
Sağ Ant.	3,32x10 ⁶ ± 2,48x10 ⁶	1,2x10 ⁶ - 9,22x10 ⁶	2,47x10 ⁶ ± 1,71x10 ⁶	1,17x10 ⁶ - 9,41x10 ⁶	-2,376	0,018

Wilcoxon Sign Rank Test

Sağ kulaktan VSU yapılan grupta, VSU sonrası elde edilen bölgesel gama bant gücü, uyarım öncesi gama frekans bant gücü ile karşılaştırıldığında sol anterior, sol posterior, sağ anterior ve sağ posterior bölgede istatistiksel açıdan anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur ($p < 0,05$).

Sağ kulaktan VSU yapılan grupta VSU öncesi ve sonrası sol anterior, sol posterior, sağ anterior ve sağ posterior beyin bölgesinde, teta, alfa, alçak beta, yüksek beta ve gama frekanslarının bant gücüne ilişkin elde edilen bulguların oluşturduğu grafikler Şekil 19'da görülmektedir.



Şekil 19 Sağ kulaktan VSU yapılan grupta bölgesel beyin frekanslarının bant gücü değişikliklerine ilişkin grafikler

4.3.3 Her iki kulaktan VSU yapılan grupta VSU öncesi ve sonrası bölgesel beyin frekanslarının bant gücüne ilişkin elde edilen bulgular. Her iki kulaktan VSU yapılan grupta, VSU öncesi ve sonrası ölçülen teta frekans bantları gücüne ilişkin değerler Tablo 17’de gösterilmiştir.

Her iki kulaktan VSU yapılan grupta, VSU sonrası elde edilen bölgesel teta gücü, uyarım öncesi teta bant gücü ile karşılaştırıldığında sol anterior, sol posterior, sağ anterior ve sağ posterior bölgede anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$).

Tablo 17

Her İki Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Teta Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular

N=30	VSU Öncesi		VSU Sonrası		Z-t	p
	Bant Gücü (μV²)		Bant Gücü (μV²)			
	Ort±ss	Min-Maks	Ort±ss	Min-Maks		
Sol Ant.	3,77x10 ⁶ ± 2,07x10 ⁶	1,11x10 ⁶ – 8,95x10 ⁶	4,73x10 ⁶ ± 2,46x10 ⁶	1,09x10 ⁶ – 9,82x10 ⁶	-1,471	0,141
Sol Post.	3,92x10 ⁶ ± 2,14x10 ⁶	1,15x10 ⁶ – 9,83x10 ⁶	3,96x10 ⁶ ± 2,67x10 ⁶	1,31x10 ⁶ – 9,57x10 ⁶	-0,072	0,943
Sağ Post.	4,06x10 ⁶ ± 1,81x10 ⁶	1,47x10 ⁶ -8,41x10 ⁶	4,02x10 ⁶ ± 2,24x10 ⁶	1,05x10 ⁶ – 9,39x10 ⁶	0,098	0,922*
Sağ Ant.	4,43x10 ⁶ ± 2,23x10 ⁶	1,39x10 ⁶ – 9,23x10 ⁶	4,47x10 ⁶ ± 2,49x10 ⁶	1,2x10 ⁶ - 9,14x10 ⁶	-0,093	0,926

*Paired-Sample T Test ;Wilcoxon Sign Rank Test

Her iki kulaktan VSU yapılan grupta, VSU öncesi ve sonrası ölçülen alfa frekans bant gücüne ilişkin değerler Tablo 18’de gösterilmiştir.

Tablo 18

Her İki Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Alfa Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular

N=30	VSU Öncesi		VSU Sonrası		Z-t	p
	Bant Gücü (μV²)		Bant Gücü (μV²)			
	Ort±ss	Min-Maks	Ort±ss	Min-Maks		
Sol Ant.	3,18x10 ⁶ ± 1,49x10 ⁶	1,04x10 ⁶ -7,9x10 ⁶	3,81x10 ⁶ ± 1,69x10 ⁶	1,36x10 ⁶ -7,98x10 ⁶	-2,725	0,006
Sol Post.	4,13x10 ⁶ ± 1,98x10 ⁶	1,67x10 ⁶ – 9,21x10 ⁶	4,11x10 ⁶ ± 2,41x10 ⁶	1,01x10 ⁶ - 9,26x10 ⁶	-0,010	0,992
Sağ Post.	4,35x10 ⁶ ± 2,24x10 ⁶	1,49x10 ⁵ – 8,34x10 ⁶	5,36x10 ⁶ ± 2,54x10 ⁶	1,02x10 ⁶ - 9,94x10 ⁶	-2,165*	0,039*
Sağ Ant.	4,56x10 ⁶ ± 1,98x10 ⁶	1,11x10 ⁶ – 8,32x10 ⁶	4,98x10 ⁶ ± 2,51x10 ⁶	1,22x10 ⁶ - 9,86x10 ⁶	-1,074*	0,291*

*Paired-Sample T Test ;Wilcoxon Sign Rank Test

Her iki kulaktan VSU yapılan grupta, VSU sonrası elde edilen bölgesel alfa bant gücü, uyarım öncesi alfa frekans bant gücü ile karşılaştırıldığında sol anterior ve sağ posterior bölgede istatistiksel olarak anlamlı bir artış saptanmıştır ($p<0,05$).

Her iki kulaktan VSU yapılan grupta, VSU sonrası elde edilen bölgesel alfa bant gücü, uyarım öncesi alfa frekans bant gücü ile karşılaştırıldığında sağ anterior ve sol posterior bölgede anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$).

Her iki kulaktan VSU yapılan grupta, VSU öncesi ve sonrası ölçülen alçak beta frekans bant gücüne ilişkin değerler Tablo 19’de gösterilmiştir.

Tablo 19

Her İki Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Alçak Beta Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular

N=30	VSU Öncesi		VSU Sonrası		Z	p
	Bant Gücü (μV ²)		Bant Gücü (μV ²)			
	Ort±ss	Min-Maks	Ort±ss	Min-Maks		
Sol Ant.	3,31x10 ⁶ ± 2,01x10 ⁶	1,27x10 ⁶ -7,91x10 ⁶	3,09x10 ⁶ ± 2,02x10 ⁶	1,38x10 ⁶ – 8,54x10 ⁶	-1,738	0,082
Sol Post.	3,21x10 ⁶ ± 2,2x10 ⁶	1,27x10 ⁶ – 9,56x10 ⁶	3,43x10 ⁶ ± 2,27x10 ⁶	1,11x10 ⁶ – 8,46x10 ⁶	-0,319	0,750
Sağ Post.	2,94x10 ⁶ ± 1,67x10 ⁶	1,17x10 ⁶ – 8,78x10 ⁶	2,86x10 ⁶ ± 1,93x10 ⁶	1,13x10 ⁶ – 9,15x10 ⁶	-0,771	0,441
Sağ Ant.	3,09x10 ⁶ ± 1,78x10 ⁶	1,46x10 ⁶ – 8,27x10 ⁶	3,72x10 ⁶ ± 6,71x10 ⁶	1,1x10 ⁶ – 3,84x10 ⁶	-1,471	0,141

Wilcoxon Sign Rank Test

Her iki kulaktan VSU yapılan grupta, VSU sonrası elde edilen bölgesel alçak beta gücü, uyarım öncesi alçak beta bant gücü ile karşılaştırıldığında sol anterior, sol posterior, sağ anterior ve sağ posterior bölgede anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$).

Her iki kulaktan VSU yapılan grupta, VSU öncesi ve sonrası ölçülen yüksek beta frekans bant gücüne ilişkin değerler Tablo 20’de gösterilmiştir.

Her iki kulaktan VSU yapılan grupta, VSU sonrası elde edilen bölgesel yüksek beta bant gücü, uyarım öncesi yüksek beta frekans bant gücü ile karşılaştırıldığında sol posterior ve sağ anterior bölgede istatistiksel açıdan anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur ($p<0,05$).

Tablo 20

Her İki Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Yüksek Beta Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular

N=30	VSU Öncesi		VSU Sonrası		Z	p
	Bant Gücü (μV ²)		Bant Gücü (μV ²)			
	Ort±ss	Min-Maks	Ort±ss	Min-Maks		
Sol Ant.	2,54x10 ⁶ ± 1,39x10 ⁶	1,02x10 ⁶ – 5,76x10 ⁶	2,66x10 ⁶ ± 1,65x10 ⁶	1,07x10 ⁶ -7,31x10 ⁶	-0,195	0,845
Sol Post.	3,89x10 ⁶ ± 2,45x10 ⁶	1,23x10 ⁶ - 9,12x10 ⁶	2,81x10 ⁶ ± 1,87x10 ⁶	1,17x10 ⁶ – 8,11x10 ⁶	-2,273	0,023
Sağ Post.	2,81x10 ⁶ ± 1,77x10 ⁶	1,34x10 ⁶ – 7,95x10 ⁶	2,39x10 ⁶ ± 1,47x10 ⁶	1,21x10 ⁶ – 7,17x10 ⁶	-1,347	0,178
Sağ Ant.	2,76x10 ⁶ ± 1,76x10 ⁶	1,23x10 ⁶ – 8,04x10 ⁶	2,07x10 ⁶ ± 1,11x10 ⁶	1,01x10 ⁶ – 5,9x10 ⁶	-2,232	0,026

Wilcoxon Sign Rank Test

Her iki kulaktan VSU yapılan grupta, VSU sonrası elde edilen bölgesel yüksek beta gücü, uyarım öncesi yüksek beta bant gücü ile karşılaştırıldığında sol anterior ve sağ posterior bölgede anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$).

Her iki kulaktan VSU yapılan grupta, VSU öncesi ve sonrası ölçülen gama frekans bant gücüne ilişkin değerler Tablo 21’de gösterilmiştir.

Tablo 21

Her İki Kulaktan VSU Yapılan Grupta VSU Öncesi ve Sonrası Ölçümlerden Elde Edilen Gama Frekans Bant Gücüne (μV^2) İlişkin Bulgular

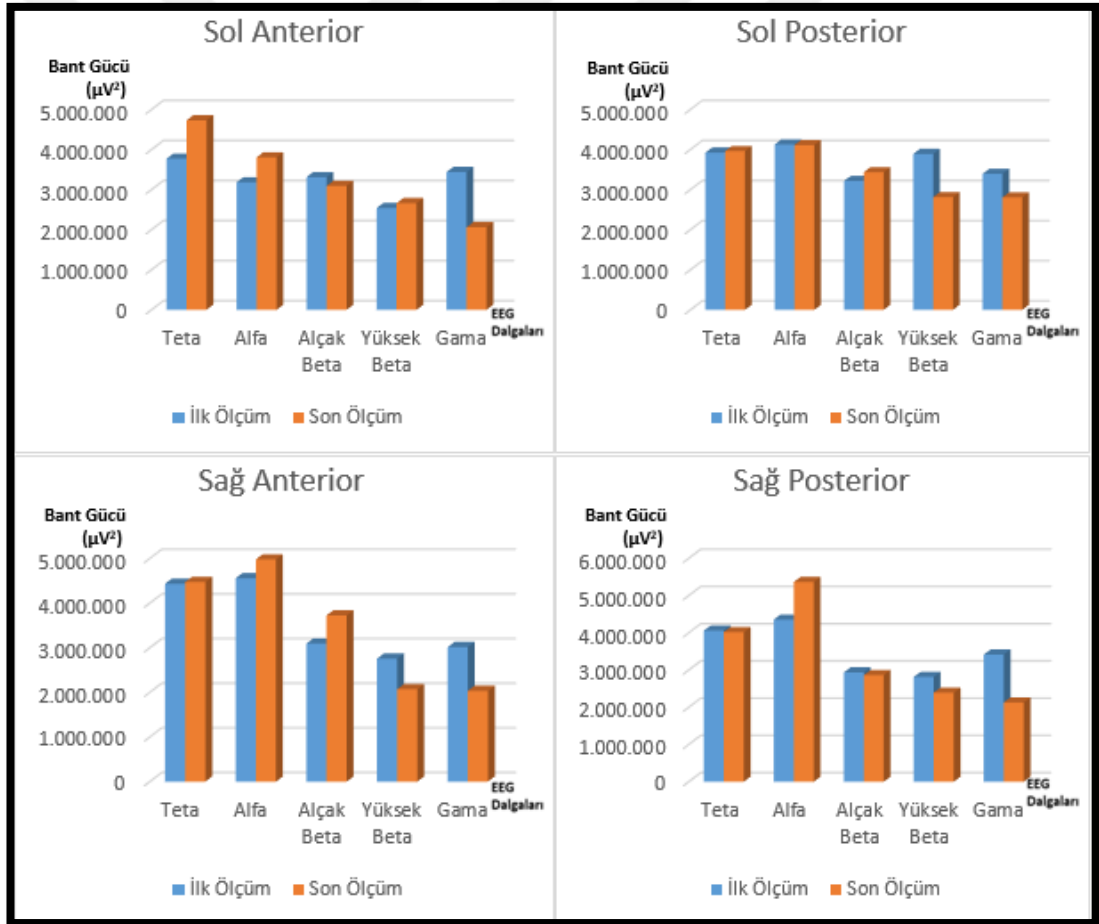
N=30	VSU Öncesi		VSU Sonrası		Z	p
	Bant Gücü (μV²)		Bant Gücü (μV²)			
	Ort±ss	Min-Maks	Ort±ss	Min-Maks		
Sol Ant.	3,44x10 ⁶ ± 2,3x10 ⁶	1,07x10 ⁶ – 9,13x10 ⁶	2,06x10 ⁶ ± 1,27x10 ⁶	1,09x10 ⁶ – 6,24x10 ⁶	-2,766	0,006
Sol Post.	3,39x10 ⁶ ± 2,38x10 ⁶	1,15x10 ⁶ - 9,82x10 ⁶	2,81x10 ⁶ ± 1,88x10 ⁶	1,07x10 ⁶ – 7,47x10 ⁶	-1,512	0,131
Sağ Post.	3,42x10 ⁶ ± 2,61x10 ⁶	1,25x10 ⁶ - 9,77x10 ⁶	2,13x10 ⁶ ± 1,08x10 ⁶	1,12x10 ⁶ – 4,92x10 ⁶	-2,211	0,027
Sağ Ant.	3,02x10 ⁶ ± 2,26x10 ⁶	1,05x10 ⁶ – 9,22x10 ⁶	2,03x10 ⁶ ± 9,45x10 ⁵	1,11x10 ⁶ – 4,9x10 ⁶	-2,499	0,012

Wilcoxon Sign Rank Test

Her iki kulaktan VSU yapılan grupta, VSU sonrası elde edilen bölgesel gama bant gücü, uyarım öncesi gama frekans bant gücü ile karşılaştırıldığında sol anterior, sağ anterior ve sağ posterior bölgede istatistiksel açıdan anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur ($p<0,05$).

Her iki kulaktan VSU yapılan grupta, VSU sonrası elde edilen bölgesel gama bant gücü, uyarım öncesi gama bant gücü ile karşılaştırıldığında sol posterior bölgede anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$).

Her iki kulaktan VSU yapılan grupta VSU öncesi ve sonrası sol anterior, sol posterior, sağ anterior ve sağ posterior beyin bölgesinde, teta, alfa, alçak beta, yüksek beta ve gama frekanslarının bant gücüne ilişkin elde edilen bulguların oluşturduğu grafikler Şekil 20’de görülmektedir.



Şekil 20 Her iki kulaktan VSU yapılan grupta bölgesel beyin frekanslarının bant gücü değişikliklerine ilişkin grafikler

Bölüm 5

Tartışma ve Sonuçlar

5.1 Araştırma Sorunlarının Bulgularının Tartışılması

Auriküler VSU, son yıllarda fizyolojik ve davranışsal etkileri üzerine merak uyandıran, güvenli ve iyi tolere edilen bir müdahaledir. (Redgrave ve diğerleri, 2018). Çok çeşitli potansiyel terapötik uygulamalara rağmen auriküler VSU'nun temelleri ile ilgili hala tartışmalar mevcuttur.

Unilateral sol, unilateral sağ ve bilateral kulaktan uyarım için gruplara randomize edilmiş sağlıklı kişilerde, tek seanslık auriküler VSU'nun serebral ve periferik aktivite üzerine etkisi uyarım öncesi ve sonrası gerçekleştirilen EEG ve EMG ölçümleri ile değerlendirilen çalışmamızın sonuçları şaşırtıcıdır.

Çalışmamızdan elde edilen bulgular, tek seanslık auriküler VSU'nun uyarımın yapıldığı kulağın karşı tarafında yer alan kas grubunun kas aktivasyonunu artırdığı ama kas gücüne herhangi bir etkisi olmadığını göstermektedir.

Literatürde EMG ile ön kolda yer alan kasların aktivasyonu değerlendirilirken eş zamanlı olarak el kavrama kuvvetinin ölçüldüğü benzer yöntemin kullanıldığı araştırmalar mevcuttur (Kınalı ve Üçsular, 2018; Konakoğlu, 2018). Bu araştırmalardan Kınalı ve Üçsular (2018) tarafından yürütülen pilot çalışmada kümülatif travma bozuklukları açısından risk altında olduğu düşünülen fiziksel engeli olan çocukların annelerinin bulunduğu grupta yer alan katılımcıların ön kol ekstansör grup kaslarının ortalama aktivasyon değeri ile maksimum izometrik el kavrama kuvveti ölçülerek, kontrol grubunda yer alan katılımcılara ait aynı parametreler ile karşılaştırılmıştır. Ölçümler sonucunda fiziksel maruziyet açısından risk altında olduğu düşünülen grubun ön kol ekstansör grubu kaslarının ortalama aktivasyon değeri ve maksimum izometrik el kavrama kuvveti anlamlı derecede düşük olduğu tespit edilmiştir.

Bireylerin normal iş fonksiyonlarını gerçekleştirme kapasitelerini aştıklarında kümülatif travma bozukluklarına bağlı olarak belirli bir sinirin innervasyon alanında uyuşma, kaslarda zayıflık, beceri kaybı ve ileri aşamalarda kas atrofisi gibi belirtilerin ortaya çıktığı, erken tanı ile geri döndürülebilen bu tip işe bağlı kas iskelet sistemi

hastalıklarının eğer tanı gecikirse kalıcı işlev bozukluğuna neden olduğu bilinmektedir (Finefrock, 2016).

Literatürde auriküler VSU'nun kas aktivasyonuna etkisini inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Ancak çalışmamızdan elde ettiğimiz bulgular kas aktivasyonuna olan etkisi nedeniyle işe bağlı kas iskelet sistemi hastalıklarına yol açan fiziksel maruziyetlere ilişkin koruyucu, önleyici ve tedavi edici amaçla oluşturulan rehabilitasyon programlarına auriküler VSU'nun da dahil edilebileceğini düşündürmektedir.

Ayrıca auriküler VSU'nun kas aktivasyonu üzerindeki kontralateral etkisi nedeniyle inme geçiren hastalarda periferik paralizinin olmadığı, santral hasarın olduğu taraftan yapılacak uyarım daha etkili olabilir. Auriküler VSU, muhtemelen kortikospinal yolların MSS başlangıcını ipsilateral olarak etkilemektedir.

Literatürde auriküler VSU'nun artmış kas tonusunu azalttığı da bildirilmektedir. Bir çalışmada tedaviye dirençli servikal distoni şikayeti olan 50 yaşında bir kadın hastaya 20 ay boyunca perkutanöz VSU uygulanmıştır. Tedavi sonucunda özellikle sırtüstü pozisyonda iken etkilenim göstermiş sol ve sağ trapezius kasının tonusunda yaklaşık %96 oranında olumlu yönde görülen azalmanın yanı sıra oturma ve ayakta durma pozisyonlarında da kas tonusunda belirgin azalma sağlandığı bildirilmiştir (Kampusch, Kaniusas ve Széles, 2015).

Çalışmamızda elde ettiğimiz bulguların tam tersi yönde olması, auriküler VSU'nun regülatör bir etkisi olabileceği (azalmış aktiviteyi artıran, artmış aktiviteyi azaltan) ile açıklanabilir. Ancak literatürde bu konuda yeterli araştırma bulunmamaktadır.

Bir çalışmada servikal miyofasiyal ağrı sendromu olan bireylere iskemik kompresyon uygulaması ve germe egzersizleri tedavisine ek olarak uygulanan auriküler VSU ile hastaların el kavrama kuvvetinde oluşabilecek değişiklikler jamar dinamometresi ile değerlendirilmiştir. Kontrol grubuna auriküler VSU uygulaması yapılmamış sadece iskemik kompresyon ve germe egzersizleri verilmiştir. Her iki gruptaki katılımcılar haftada 5 gün olacak şekilde toplam 10 seans tedaviye alınmıştır. Tüm katılımcıların ilk ölçümleri ilk seansın öncesinde yapılmış olup, 10 seans tedavi sonrasında yapılan ölçümlerle karşılaştırma yapılmıştır. Auriküler VSU yapılan grupta, uygulama sonrası ölçülen el kavrama kuvvetinde ilk ölçülen değere göre anlamlı artış tespit edilmiştir, kontrol grubunda ise anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (Ünal, 2019).

Çalışmamızda ise her üç grupta da uygulamış olduğumuz tek seanslık auriküler VSU ile el kavrama kuvvetinde anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Tek seanslık uyarım, kas gücünde anlamlı bir artış sağlamak için yeterli olamayabilir.

Auriküler VSU sırasında, kalp hızı değişkenliğinin (KHD) artmasıyla otonomik fonksiyonda parasempatik baskınlığa doğru bir kayma olduğu tespit edilmiştir. Clancy ve arkadaşları (2014) tarafından 48 sağlıklı birey üzerine yürütülen çalışmada, katılımcılara en az 15 dakika süre ile atım genişliği 200 μ s, frekansı 30 Hz olacak şekilde uyarım yapılmıştır. KHD ve mikronörografi ölçümleri ile otonomik fonksiyonlarda parasempatik sistem aktivasyonunun arttığına dair kanıtlar elde edilmiştir. Bir başka çalışmada iki gruba ayrılan sağlıklı kişilerde akut (10 dakika) veya uzun süreli (1 saat) olarak uygulanan auriküler VSU'nun sonucunda KHD'de tutarlı bir değişiklik tespit edilmediği, ancak sağ auriküler VSU'nun KHD üzerinde daha fazla etkisi olduğu ve kadınlarda erkeklere göre daha tutarlı değişiklikler bulunduğu görülmektedir (De Couck ve diğerleri, 2017).

Bir çalışmada 16 sağlıklı bireyde inhalasyon ve ekshalasyon sırasında uygulanan auriküler VSU'ya beyin sapında gerçekleşen yanıt fonksiyonel MR ile değerlendirilmiştir. Eş zamanlı olarak kaydedilen kardiyak belirtilerde KHD hesaplanarak uyarıma kardiyovagal yanıt ölçülmüştür. Sonuç olarak, ekshalasyon sırasında uygulanan auriküler VSU ile NTS'ye ulaşan uyarım etkisinin arttığı, ayrıca kardiyovagal modülasyonu da geliştirdiği bildirilmiştir (Sclocco ve diğerleri, 2019).

Benzer şekilde EMG ölçümlerinden elde ettiğimiz sonuçlar, auriküler VSU ile beyin sapında gerçekleşen yanıt sayesinde, MSS'de yer alan klinik olarak ilgili nörofizyolojik yolların bağlantılı olabileceğini düşündürmektedir. OSS üzerindeki vagal etki ispat edilmiş olmasına rağmen auriküler uyarımın hedefi, kortikal beyin alanları üzerindeki etkisi, OSS ile MSS arasındaki etkileşime ilişkin altta yatan anatomik ve fizyolojik mekanizmalarla ilgili hala yanıtlanmamış sorular bulunmaktadır (Silvani ve diğerleri, 2016; Çakmak, 2019; Kaniusas ve diğerleri, 2019).

Bir çalışmada yaşları 25-45 arasında erkek katılımcılar dahil edilmiş olup, tüm katılımcılara 60 dakika boyunca hem gerçek, hem de plasebo transkutanöz VSU uygulanmıştır. Gerçek uygulamada sol kulak tragus iç tarafında yer alan eksternal akustik meatus'a, plasebo uygulamasında ise sol kulak memesine uyarım yapılmıştır. Öncesinde ve sonrasında yapılan EEG ölçümleri ile gerçek uyarım sonrasında delta frekans bandında güç spektrumu aktivitesinde bir artış olduğu, plasebo uyarımın ise

hiçbir etkisinin olmadığı ve transkutanöz VSU'nun vagus sinirini uyarmanın etkili bir yolu olduğu ortaya konulmuştur (Ricci ve diğerleri, 2020).

Auriküler VSU sırasında KHD ve kortikal aktivasyon paternlerine karşılık gelen değişiklikleri değerlendirmek amacıyla yürütülen bir çalışmada 13 sağlıklı katılımcıda uyarım ile eş zamanlı olacak şekilde EEG ve elektrokardiyografi (EKG) ölçümü yapılmıştır. Kulakta iç tragus / cymba konka ile dış tragus / crus helices olmak üzere iki farklı lokasyondan uyarım yapılmıştır. Her iki konumdan yapılan uyarımlarda da teta bant gücünün frontal bölgedeki artışı, KHD artışına karşılık gelen en belirgin değişiklik olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte iç tragus/cymba konka uyarımı sınırlı düzeyde alfa ve beta bantı artışlarına yol açtığı ve özellikle fronto-parietal gama bant gücünde belirgin bir azalmanın olduğu tespit edilmiştir (Machetanz, Berelidze, Guggenberger ve Gharabaghi, 2021).

Çalışmamızda sol kulaktan VSU yapılan grupta sol anterior bölgede, sağ kulaktan VSU yapılan grupta sol anterior, sol posterior ve sağ posterior bölgede teta bant gücünde artış tespit edilmiştir. Çalışmamızdan sol kulaktan ve sağ kulaktan VSU yapılan gruplarda elde ettiğimiz sonuçlar benzer şekilde iç tragus ve cymba konka uyarımının frontal bölgede delta/teta artışına neden olduğunu gösteren çalışmalarla uyumludur.

Literatürde frontal korteksin parasempatik aktiviteyi destekleyen bir kortikal alan olduğunu ve KHD parametreleri ile düşük frekanslı beyin dalgalarının (delta/teta) aktivitesi arasında nörokardiyak bir bağlantı olduğunu ortaya koyan çalışmalar mevcuttur (Thayer, Åhs, Fredrikson, Sollers ve Wager, 2012).

Bir çalışmada sağlıklı bireylerden oluşan 38 katılımcıda dinlenme sırasında 5 dakika boyunca EKG ve EEG ölçümü kaydedilmiştir. Vagal aktivite üzerindeki kalbin atımlarına ilişkin kortikal kontrolü değerlendirmek için, her katılımcıya ait en uzun atım ile en kısa atım arasındaki aralık belirlenmiştir. EKG sinyalindeki R-dalgasından önce prefrontal ve frontocentral alanlardaki delta gücünün azalmasının, kısa olan atım aralığına kıyasla daha uzun bir atım aralığı meydana gelme olasılığını artırdığı bildirilmiştir. Prefrontal alanların fazik aktivasyonunun / deaktivasyonunun, istirahatte kalp hızının vagal kontrolünü modüle ederek frontal korteksin bir kalp freni olduğu görüşü desteklenmiştir (Patron, Mennella, Benvenuti ve Thayer, 2019).

Patron ve arkadaşlarının (2019) çalışmasından elde edilen sonuçları dikkate alarak delta gücü ve kalp atışı uzunluğu arasındaki ilişkiyle endekslenen “nörokardiyak bağlantı skoru” kullanarak 44 sağlıklı erişkinde auriküler VSU’nun

kardiyak etkileri değerlendiren bir başka çalışma da auriküler VSU'nun parasempatik aktivasyona işaret ettiği bildirilmiştir (Keute, Machetanz, Berelidze, Guggenberger ve Gharabaghi, 2021).

Çalışmamızda da benzer şekilde genel olarak auriküler VSU sonrası beyin farklı bölgelerinde daha düşük frekanslı olan beyin dalgalarının (teta, alfa) bant gücünde artış, daha yüksek frekanslı olan beyin dalgalarının (beta, gama) bant gücünde ise azalma yönünde elde edilen EEG sonuçları auriküler VSU'nun parasempatik aktivasyon oluşturmasıyla açıklanabilir.

Artmış sempatik aktivitenin tetik noktada spontan ağrıyı şiddetlendirdiği ve OSS disfonksiyonlarının kronik kas iskelet sistemi ağrısını devam ettirmede etkili olduğu bildirilmektedir (Ge, Fernndez-de-las-Peñas ve Arendt-Nielsen, 2006). Etyolojisi tam olarak aydınlatılamamış olmasına rağmen, nedenleri arasında OSS disfonksiyonunun da rol aldığı düşünülen Fibromiyalji Sendromu (FMS) olan kadın hastalar üzerinde yürütülen bir çalışmada egzersiz tedavisine ek olarak uygulanan auriküler VSU'nun ağrı ve yaşam kalitesine etkisini değerlendirilmiştir. Toplam 60 katılımcının dahil olduğu araştırmada, 30'ar kişiden oluşan iki gruptan kontrol grubuna sadece egzersiz tedavisi, çalışma grubuna da egzersiz tedavisine ek olarak auriküler VSU uygulanmıştır. Her iki gruptaki katılımcılara da 20 seans tedavi uygulanmıştır. Tedavi sonrası yapılan ölçümlerin sonuçlarına göre her iki grupta da tedavi öncesine göre ağrı, depresyon, anksiyete, fonksiyonellik ve yaşam kalitesi skorlarında iyileşme olduğu ancak auriküler VSU uygulanan grupta sonuçların daha iyi olduğu görülmüştür (Kutlu, 2019).

Bir başka araştırmada FMS olan hastalarda akupunktur ve transkutanöz elektriksel sinir stimülasyonu (TENS) uygulamalarının terapötik etkilerini kantitatif EEG değişiklikleri üzerinden incelenmiştir. Tedavi ncesinde FMS olan bireylerin frontal bölgesi üzerindeki delta ve teta bant glerinin, sağ posterior bölgenin ise teta bant gücünün sağlıklı kontrollere göre daha düşük olduğu bildirilmiştir. TENS uygulaması yapılan FMS grubunda tedavi sonrasında sol anterior bölgenin alfa gücünde artış ve ağrı skorlarında azalma, akupunktur uygulaması yapılan grupta ise tedavi sonrasında sağ posterior ve sol posterior bölgelerin alfa gücünde artış ve ağrı skorunda azalma tespit edilmiştir. FMS'li hastalarda TENS ve akupunktur uygulamalarından sonra ağrıda azalma ve inhibitör aktivitede artış olduğu saptanmıştır (Yüksel ve diğerleri, 2019; Yüksel 2019).

Araştırmamızda da akupunktur ve TENS uygulama sonrasında elde edilen sonuçlara benzer şekilde farklı kulaklardan yapılan VSU, beynin farklı bölgelerinde alfa gücünde artışa neden olmuştur. Çalışmamızda da sol kulaktan uyarım yapılan grupta sol posterior bölgede, sağ kulaktan uyarım yapılan grupta sol anterior, sol posterior ve sağ posterior bölgede, her iki kulaktan uyarım yapılan grupta ise sol anterior ve sağ posterior bölgede alfa gücünde artış tespit edilmiştir. Alfa dalgaları, inhibitör nöronların aktivitesini yansıtmaktadır. FMS olan hastalarda akut ağrı değil, kronik ağrı söz konusudur. Dolayısıyla elde ettiğimiz sonuçlar auriküler VSU'nun, FMS hastalarına yönelik kronik ağrı tedavisinde alternatif yaklaşım olarak kullanılabileceği düşüncesini desteklemektedir. Ancak FMS olan hastaların EEG bulguları ile kronik nörojenik ağrılı hastaların bulguları karşılaştırıldığında sonuçların oldukça farklı olduğu görülmektedir. Kronik nörojenik ağrıda yapılan kantitatif EEG çalışmasında beyinde ağrı ile ilişkili lokalizasyonlarda –primer insular, anterior cingulate, prefrontal ve inferior-posteriorparietal korteks, primer ve sekonder somatosensorial kortekste- özellikle yüksek teta (6-9 Hz) ve alçak beta (12-16 Hz) frekansında aşırı aktivasyon saptanmıştır (Stern, Jeanmonod ve Sarnthein, 2006). Auriküler VSU uygulaması kronik nörojenik ağrıda regülatör etki göstererek analjezi sağlayabilir, ancak literatürde bu konuyla ilgili araştırma bulunmamaktadır.

VSU aracılığıyla sağlanan analjezik etkinin kesin mekanizması hala belirsizdir. Kirchner ve arkadaşları insanlarda yapılan VSU'nun primer nosiseptif afferentlerin aktivasyonuna etkisini incelemek için 11 katılımcı ile çalışmışlardır. Vagus uyarımının, tonik basınca bağlı ağrıyı önemli ölçüde azalttığını ve benzer şekilde akson refleksi alanı içinde kan akışında orta dereceli bir azalma olduğunu bildirmişlerdir. VSU'nun insanlarda periferik nosiseptör fonksiyonu etkileyebileceğini öne sürmektedirler. (Kirchner, Stefan, Bastian ve Birklein, 2006).

Araştırmamızda sağlıklı bireylerde tek seanslık uyarımın beyin aktivitesi üzerine akut etkisini incelenmiştir. Bir araştırma Crohn Hastalığı olan dokuz bireyde invaziv yöntemle sol servikal vagal sinirden 10 Hz ile yapılan uyarımın beyin aktivitesi üzerindeki akut ve kronik etkilerini incelemiştir. Akut uyarım ile frontal, temporal ve oksipital bölgede delta ve teta bantlarında spektral güç artışı gözlemlenirken, ancak on iki aylık kronik VSU sonrasında hastaların klinik olarak iyileştiği süreçte alfa gücünde azalma gözlemlenmiştir (Kibleur ve diğerleri, 2018).

Çalışmamızda da 10 Hz ile yapılan uyarımın EEG sonuçlarının akut etkisi benzer şekilde teta bant gücünde artış yönündedir. Ancak, VSU'nun klinik etkilerinin en az altı aylık tedaviden sonra beklendiği epilepsi ve depresyonda da tanımlanmıştır.

İlaça dirençli epilepsi hastalarında 20 haftalık auriküler VSU uygulamasının etkinliğini ölçen randomize çift kör kontrollü bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada 20 hafta boyunca uygulanan auriküler VSU'nun, hastalardaki nöbet sıklığının azaltılmasında kontrol grubuna göre üstünlüğünü göstermek amaçlanmıştır. Tedavi bitiminde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamasına rağmen, hastalarda nöbet sıklığında önemli bir azalma olduğu gösterilmiştir (Hamer ve Bauer, 2019).

Bir başka çalışmada tedaviye dirençli majör depresyon tanısı almış 13 hastaya, 12 aylık VSU uygulanmıştır. Başlangıçta ve 12. ayın sonunda yapılan depresyon değerlendirmelerinde Hamilton Depresyon Derecelendirme Ölçeği kullanılmıştır. Başlangıçta, 3. ayda ve 12. ayda ise glukozun serebral metabolizma hızı incelenmiştir. VSU'ya 3.aydaki yanıtın sağ taraflı dorsolateral prefrontal bölgede kortikal aktivitenin yani serebral metabolizma hızının azalması yönünde olmuştur. Ancak 12. Ayda görülen uzun vadeli etkilerin serebral metabolizma hızının artışı yönünde olduğu, beyin sapı dopaminerjik aktivasyonuna yol açtığı, bununla birlikte Hamilton Depresyon Derecelendirme Ölçeği'nden elde edilen skorun yüzde 50 oranında azaldığı bildirilmiştir (Conway ve diğerleri, 2013). VSU'nun MSS üzerindeki etkisi kademeli ve ilerleyici olarak yavaş kortikal yapılanmayı açıklamaktadır.

Elde ettiğimiz EEG sonuçlarına bakıldığında auriküler VSU, hem ipsilateral hem de kontralateral hemisferde aktivite değişikliğine yol açabilmektedir. Fakat EMG sonuçları ipsilateral uyarımın etkisinin periferde vücudun bir yarısına lokalize olabileceğini göstermektedir. Benzer şekilde sağ ya da sol taraftan uygulanan auriküler VSU'nun organlarda spesifik farklı etkileri olabilir. EEG sonuçlarına göre sağ kulaktan yapılan uyarımın, sol kulaktan yapılan uyarıma göre beyinde daha global bir etkiye sahip olduğunu belirtebiliriz. Özellikle MSS'yi ilgilendiren nörolojik ve psikiyatrik rahatsızlıklarda sağ kulaktan uyarım tercih edilebilir.

Çalışmamızda her üç grup da yaş, BKİ ortalamaları ve cinsiyet açısından homojen dağılım göstermiştir. El dominantlığını değerlendiren lateralizasyon testinde elde edilen GS değeri, katılımcıların büyük çoğunluğunun fonksiyonel aktivitelerde sağ el kullanımına yatkınlığı olduğunu göstermektedir. Literatürde de bireylerin büyük çoğunluğunun sağ el kullanımına yatkınlığı olduğu bildirilmektedir (Hellige, 2001).

Literatürde auriküler VSU ile ilişkili lokal cilt tahrişi, baş ağrısı ve nazofarenjit başta olmak üzere çeşitli yan etkiler bildirilmektedir (Redgrave ve diğerleri, 2018; Ben-Menachem, Revesz, Simon ve Silberstein, 2015). Araştırmamıza dahil edilen hiçbir katılımcıda bu tür yan etkiler görülmemiştir.

Çalışmamızda sağlıklı kişilerde farklı kulaktan yapılan uyarımların öncesinde ve sonrasında yapılan EEG ve EMG ölçümü sonucunda saptanacak değişiklikler ile auriküler VSU'nun hastalarda kullanımına dair fikir verebileceğini düşünmekteyiz. Farklı kulaklardan yapılan VSU uygulamalarının ardından değişen EEG aktivitesinin ne kadar sürdüğünü değerlendirebilmek ve elde edilen bulguları doğrulayabilmek için daha büyük ölçekli, randomize, prospektif çalışmalara ihtiyaç vardır.

5.2 Sonuçlar

Çalışmamızda sol kulaktan uyarım yaptığımız grupta sağ el bileği ekstansör kaslarda, sağ kulaktan uyarım yapılan grupta sol el bileği ekstansör kaslarda ve her iki kulaktan aynı anda uyarım yapılan grupta ise her iki taraf el bileği ekstansör kaslarda aktivasyon artışı olduğu tespit edilmiştir. Elde ettiğimiz bulgular auriküler VSU'nun MSS üzerindeki projeksiyonunun kortikospinal yollara kadar ulaşabildiğini düşündürmektedir.

Her üç grupta da el kavrama kuvvetinde artış görülmemiştir. Tek seanslık uyarımın kas gücünü artıracak nitelikte etki edemeyebileceği düşünülerek, seans ve takip sayısının artırıldığı prospektif çalışmaların yapılması planlanmaktadır.

Ayrıca çalışmamızda farklı kulaktan yapılan uyarımların beyin dalgalarına etkisini incelenmiştir. Sol kulaktan uyarı yaptığımız grupta sol anterior bölgede, sağ kulaktan uyarım yaptığımız grupta sol anterior, sol posterior ve sağ posterior bölgede teta gücünde artış tespit edilmiştir. Uyarım sonrasında alfa gücündeki değişimi incelediğimizde sol kulaktan uyarım yapılan grupta sol posterior bölgede, sağ kulaktan uyarım yapılan grupta sol anterior, sol posterior ve sağ posterior bölgede, her iki kulaktan aynı anda uyarım yapılan grupta ise sol anterior ve sağ posterior bölgede artış yönünde olduğunu belirlenmiştir. Alçak beta, yüksek beta ve gama gibi yüksek frekanslı dalgaların gücünde, genel olarak beynin çeşitli bölümlerinde azalma olduğu gözlenmiştir.

İnhibitör nöronların aktivitesini yansıtan alfa dalgalarının gücünde uyarım sonrası beynin farklı kadranslarında görülen artış, auriküler VSU'nun analjezik etki istenen tedavi yaklaşımlarına dahil edilebilecek bir ajan olduğunu göstermektedir.

Çalışmamız gelecekte auriküler VSU'nun uzun dönem etkilerini inceleyen araştırmalar için temel hazırlamaktadır. Araştırmaların çoğunluğunda kardiyak yan etki ihtimali nedeniyle auriküler VSU sol taraftan uygulanmaktadır, çalışmamızda ise farklı kulaklardan yapılan uyarımlar karşılaştırılmıştır. Araştırmamız, farklı klinik sorunlar için hangi kulaktan uyarım yapılabileceğine yönelik kılavuz oluşturmak amacıyla gelecekte yapılacak çalışmalar için de temel hazırlamaktadır.

5.3 Öneriler

Çalışmamızda farklı kulaklardan uygulanan auriküler VSU'nun santral ve periferik etkilerinin farklı olabileceği görülmüştür. Gelecekte farklı hastalık gruplarında benzer şekilde farklı kulaklardan uygulanan uyarımın etkilerini karşılaştıracak çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu sayede auriküler VSU'nun her bir hastalık ve hasta için daha spesifik ve daha efektif kullanımı sağlanabilir.

Elde ettiğimiz bulgular auriküler VSU'nun santral sinir sistemindeki projeksiyonunun kortikospinal yolları da etkileyebileceğini düşündürmüştür. Gelecekte farklı görüntüleme yöntemleri kullanılarak auriküler VSU'nun farklı klinik durumlarda, farklı kulaktan yapılan uyarımların, kullanılan farklı uyarım parametrelerinin MSS üzerindeki etkilerinin incelendiği, aynı zamanda uyarımın kısa ve uzun dönem etkilerinin raporlandığı daha büyük ölçekli kanıta dayalı tıp kriterlerine uygun çok sayıda çalışmaya ihtiyacımız bulunmaktadır.

KAYNAKÇA

- Ada, N. (2015). *Yürüme analizinde bacak kaslarının yüzeyel EMG ile değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Trakya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Adıgüzel, E. (2011). *Genel anatomi prensipler ve uygulamalar*. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri.
- Agnew, H. W. Jr, Webb, W. B., & Williams, R. L. (1966). The first night effect: an Eeg study of sleep. *Psychophysiology*, 2(3), 263-266.
- Akyüz, G. ve Leblebiciler, M. (2012). Anatomy and assessment of the autonomic nervous system [Özel sayı 1]. *Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi*, 58.
- Bal, F. (2020). Beyin Dalgalarının Depresyon Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. *Humanistic Perspective*, 2(3), 252-270. Doi: 10.47793/hp.797133
- Ben-Menachem, E., Revesz, D., Simon, B. J., & Silberstein, S. (2015). Surgically implanted and non-invasive vagus nerve stimulation: a review of efficacy, safety and tolerability. *European Journal Of Neurology*, 22(9), 1260-1268.
- Berntson, G. G., Cacioppo, J. T., & Quigley, K. S. (1993). Respiratory sinus arrhythmia: autonomic origins, physiological mechanisms, and psychophysiological implications. *Psychophysiology*, 30(2), 183-196.
- Blume, W. T., Girivin, J. P., & Kaufmann, J. C. (1982). Childhood brain tumors presenting as chronic uncontrolled focal seizure disorders. *Annals of Neurology: Official Journal of the American Neurological Association and the Child Neurology Society*, 12(6), 538-541.

- Bonaz, B., Sinniger, V., & Pellissier, S. (2021). Therapeutic potential of vagus nerve stimulation for inflammatory bowel diseases. *Frontiers in Neuroscience*, 15, 300.
- Butt, M. F., Albusoda, A., Farmer, A. D., & Aziz, Q. (2020). The anatomical basis for transcutaneous auricular vagus nerve stimulation. *Journal of Anatomy*, 236(4), 588-611.
- Cerrah, A. O., Ertan, H., & Soylu, A. R. (2010). Elektromiyografi ile kuvvetin değerlendirilmesi. *Türkiye Klinikleri Nöroloji Dergisi*, 5(3), 160.
- Clancy, J. A., Mary, D. A., Witte, K. K., Greenwood, J. P., Deuchars, S. A., & Deuchars, J. (2014). Non-invasive vagus nerve stimulation in healthy humans reduces sympathetic nerve activity. *Brain Stimulation*, 7(6), 871-877.
- Cohen, J. (1969). *Statistical power analysis for the behavioural sciences*. New York: Academic Press.
- Conway, C. R., Chibnall, J. T., Gebara, M. A., Price, J. L., Snyder, A. Z., Mintun, M. A., & Sheline, Y. I. (2013). Association of cerebral metabolic activity changes with vagus nerve stimulation antidepressant response in treatment-resistant depression. *Brain Stimulation*, 6(5), 788-797.
- Cakmak, Y. O. (2019). Concerning auricular vagal nerve stimulation: occult neural networks. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, 421.
- Dalli, J., Colas, R. A., Arnardottir, H. ve Serhan, C. N. (2017). Vagal regulation of group 3 innate lymphoid cells and the immunoresolvent PCTR1 controls infection resolution. *Immunity*, 46(1), 92-105.
- De Couck, M., Cserjesi, R., Caers, R., Zijlstra, W. P., Widjaja, D., Wolf, N., & Gidron, Y. (2017). Effects of short and prolonged transcutaneous vagus nerve stimulation on heart rate variability in healthy subjects. *Autonomic Neuroscience*, 203, 88-96.

- Ellrich, J. (2011). Transcutaneous vagus nerve stimulation. *Eur Neurological Rev.*, 6(4), 254–256.
- Emotiv, Inc. (2018). *Epoc user manual*. <https://www.emotiv.com/setup/epoc/> adresinden 14 Şubat 2022 tarihinde edinilmiştir.
- Farina, D., Merletti, R., & Enoka, R. M. (2004). The extraction of neural strategies from the surface EMG. *Journal of Applied Physiology*, 96(4), 1486-1495.
- Finefrock, C., (2016). *The association between computer use and carpal tunnel syndrome (Order No. 10154160)*. (Thesis for the Master of Science Degree). New York: Faculty of the Weill Cornell Graduate School of Medical Sciences Cornell University. Available from ProQuest Dissertations & Theses Global.(1836084749).
- Gazi Üniversitesi Akademik Veri Yönetim Sistemi (2020). *Deneysel otistik fare modelinde, transauriküler nervus vagus stimülasyonunun sinir sistemi gelişimi ve morfolojisi, biyokimyasal belirteçler ile davranış üzerine olan etkilerinin incelenmesi*. Yükseköğretim Kurumları Destekli Proje. <https://avesis.gazi.edu.tr/proje> adresinden 22 Nisan 2022 tarihinde edinilmiştir.
- Ge, H. Y., Fernández-de-las-Peñas, C., & Arendt-Nielsen, L. (2006). Sympathetic facilitation of hyperalgesia evoked from myofascial tender and trigger points in patients with unilateral shoulder pain. *Clinical Neurophysiology*, 117(7), 1545-1550.
- Gökçe, E. N., Cengiz, Z. P. ve Erbaş, O. (2018). Uzun ömrün sırrı: Vagus siniri. *İstanbul Bilim Üniversitesi Florence Nightingale Tıp Dergisi*, 4(3), 154-165.
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2013). *Tıbbi fizyoloji* (H. Çavuşoğlu, Çev.) İstanbul: Nobel Tıp Kitapevi.

- Güçlüer, E.Ö. (2020). *Erkek bireylerde vagus terapisinin solunum fonksiyonu, nabız, satürasyon ve otonomik ölçüm üzerine etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Bahçeşehir Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hall, J. E. (2011). *Guyton & Hall: textbook of medical physiology*. (13th ed.). Philadelphia: Saunders Elsevier.
- Hamer, H. M., & Bauer, S. (2019). Lessons learned from transcutaneous vagus nerve stimulation (tVNS). *Epilepsy Research*, 153, 83-84.
- He, W., Rong, P. J., Li, L., Ben, H., Zhu, B., & Litscher, G. (2012). Auricular acupuncture may suppress epileptic seizures via activating the parasympathetic nervous system: a hypothesis based on innovative methods. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012, 1-5.
- Hellige, J. B. (2001). *Hemispheric asymmetry: What's right and what's left* (Vol. 6). Harvard University Press.
- Henry, J. C. (2006). Electroencephalography: basic principles, clinical applications, and related fields. *Neurology*, 67(11), 2092-2092.
- Herrmann, C. S., & Demiralp, T. (2005). Human EEG gamma oscillations in neuropsychiatric disorders. *Clinical neurophysiology*, 116(12), 2719-2733.
- Howland, R. H. (2014). Vagus nerve stimulation. *Current behavioral neuroscience reports*, 1(2), 64-73.
- Jiang, Y., Po, S. S., Amil, F., & Dasari, T. W. (2020). Non-invasive low-level tragus stimulation in cardiovascular diseases. *Arrhythmia & Electrophysiology Review*, 9(1), 40.
- Kampusch, S., Kaniusas, E., & Széles, J. C. (2015). Modulation of muscle tone and sympathovagal balance in cervical dystonia using percutaneous stimulation of the auricular vagus nerve. *Artificial Organs*, 39(10), E202-E212.

- Kaniusas, E., Kampusch, S., Tittgemeyer, M., Panetsos, F., Gines, R. F., Papa, M., & Széles, J. C. (2019). Current directions in the auricular vagus nerve stimulation I—a physiological perspective. *Frontiers in Neuroscience*, 13, 854.
- Keute, M., Machetanz, K., Berelidze, L., Guggenberger, R., & Gharabaghi, A. (2021). Neuro-cardiac coupling predicts transcutaneous auricular vagus nerve stimulation effects. *Brain Stimulation*, 14(2), 209-216.
- Kınalı, G., & Üçsular, F. D. (2018). Detection of early symptoms of cumulative trauma disorders among mothers of handicapped children: a pilot study. *Journal of Physical Therapy Science*, 30(2), 196-200.
- Kibleur, A., Pellissier, S., Sinniger, V., Robert, J., Gronlier, E., Clarençon, D., & David, O. (2018). Electroencephalographic correlates of low-frequency vagus nerve stimulation therapy for Crohn's disease. *Clinical Neurophysiology*, 129(5), 1041-1046.
- Kirchner, A., Stefan, H., Bastian, K., & Birklein, F. (2006). Vagus nerve stimulation suppresses pain but has limited effects on neurogenic inflammation in humans. *European Journal of Pain*, 10(5), 449-455.
- Klimesch, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Reviews*, 29(2-3), 169-195.
- Klimesch, W., Sauseng, P., & Hanslmayr, S. (2007). EEG alpha oscillations: the inhibition–timing hypothesis. *Brain Research Reviews*, 53(1), 63-88.
- Konakoğlu, G. (2018). *Engelli çocuk annelerinde birikimli travma bozukluklarının erken dönem taraması* (Yüksek Lisans Tezi). Bahçeşehir Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kutlu, N.R. (2019). *Fibromiyalji sendromlu hastalarda auriküler vagus sinir uyarımının ağrı ve yaşam kalitesi üzerine etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Bahçeşehir Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Liwluck, P., & Sittiprapaporn, P. (2017, March). Effect of Pulse electromagnetic field therapy to brainwave on the Quantum Resonance System. In *2017 International Conference on Digital Arts, Media and Technology (ICDAMT)* (pp. 352-355). IEEE.
- Machetanz, K., Berelidze, L., Guggenberger, R., & Gharabaghi, A. (2021). Brain–Heart Interaction During Transcutaneous Auricular Vagus Nerve Stimulation. *Frontiers in Neuroscience*, 15, 632697.
- Malmivuo, J., & Plonsey, R. (1995). *Bioelectromagnetism: principles and applications of bioelectric and biomagnetic fields*. Oxford University Press, USA.
- Marieb, E. N., & Hoehn, K. (2019). *Human anatomy & physiology* (11th ed.). Pearson eText. <https://docplayer.net/21155655-The-autonomic-nervous-system.html> adresinden 30 Nisan 2022 tarihinde edinilmiştir.
- Merlo, A., & Campanini, I. (2010). Technical aspects of surface electromyography for clinicians. *The Open Rehabilitation Journal*, 3(1), 98-109.
- Mertens, A., Raedt, R., Gadeyne, S., Carrette, E., Boon, P., & Vonck, K. (2018). Recent advances in devices for vagus nerve stimulation. *Expert Review of Medical Devices*, 15(8), 527-539.
- Molae-Ardekani, B., Senhadji, L., Shamsollahi, M. B., Wodey, E., & Vosoughi-Vahdat, B. (2007, August). Delta waves differently modulate high frequency components of EEG oscillations in various unconsciousness levels. In *2007 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (pp. 1294-1297). IEEE.
- Moore, G. A., & Calkins, S. D. (2004). Infants' vagal regulation in the still-face paradigm is related to dyadic coordination of mother-infant interaction. *Developmental Psychology*, 40(6), 1068.

- Moore, K., Dalley, A. ve Agur, A. (2014). *Kliniğe yönelik anatomi*. (K. Şahinoğlu, Çev.) İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri.
- Niedermeyer, E., & da Silva, F. L. (Eds.). (2005). *Electroencephalography: basic principles, clinical applications, and related fields*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Nishifuji, S., Sato, M., Maino, D., & Tanaka, S. (2010, August). Effect of acoustic stimuli and mental task on alpha, beta and gamma rhythms in brain wave. In *Proceedings of SICE Annual Conference 2010* (pp. 1548-1554). IEEE.
- Ohemeng, K. K., & Parham, K. (2020). Vagal nerve stimulation: indications, implantation, and outcomes. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 53(1), 127-143.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97-113.
- Özden, A. V., Çınar, O. Y., Çorbacı, T., Su, D. B., Uzer, K., & Alptekin, H. K. (2021). Auriküler vagus sinir uyarımının kişiselleştirilmesi ve optimizasyonu: personalization and optimization of auricular vagus nerve stimulation. *Sağlık Bilimlerinde Yapay Zeka Dergisi (Journal of Artificial Intelligence in Health Sciences) ISSN: 2757-9646*, 1(3), 6-10.
- Patron, E., Mennella, R., Benvenuti, S. M., & Thayer, J. F. (2019). The frontal cortex is a heart-brake: Reduction in delta oscillations is associated with heart rate deceleration. *Neuroimage*, 188, 403-410.
- Porges, S. W. (1995). Orienting in a defensive world: mammalian modifications of our evolutionary heritage. A polyvagal theory. *Psychophysiology*, 32(4), 301-318.
- Porges, S. W. (2001). The polyvagal theory: phylogenetic substrates of a social nervous system. *International journal of psychophysiology*, 42(2), 123-146.

- Porges, S. W., Doussard-Roosevelt, J. A., & Maiti, A. K. (1994). Vagal tone and the physiological regulation of emotion. *Monographs of the society for research in child development*, 167-186.
- Rattaz, V., Puglisi, N., Tissot, H., & Favez, N. (2022). Associations between parent–infant interactions, cortisol and vagal regulation in infants, and socioemotional outcomes: a systematic review. *Infant Behavior and Development*, 67, 101687.
- Redgrave, J., Day, D., Leung, H., Laud, P. J., Ali, A., Lindert, R., & Majid, A. (2018). Safety and tolerability of transcutaneous vagus nerve stimulation in humans; a systematic review. *Brain Stimulation*, 11(6), 1225-1238.
- Rosenfeld, J. (2018) 9 *Fascinating Facts About the Vagus Nerve*.
<https://www.mentalfloss.com/article/65710/9-nervy-facts-about-vagus-nerve>
 adresinden 23 Nisan 2022 tarihinde edinilmiştir.
- Ricci, L., Croce, P., Lanzone, J., Boscarino, M., Zappasodi, F., Tombini, M., & Assenza, G. (2020). Transcutaneous vagus nerve stimulation modulates EEG microstates and delta activity in healthy subjects. *Brain Sciences*, 10(10), 668.
- Sclocco, R., Garcia, R. G., Kettner, N. W., Isenburg, K., Fisher, H. P., Hubbard, C. S., & Napadow, V. (2019). The influence of respiration on brainstem and cardiovagal response to auricular vagus nerve stimulation: a multimodal ultrahigh-field (7T) fMRI study. *Brain Stimulation*, 12(4), 911-921.
- Silvani, A., Calandra-Buonaura, G., Dampney, R. A., & Cortelli, P. (2016). Brain–heart interactions: physiology and clinical implications. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2067), 20150181.
- Smith, S. J. (2005). EEG in the diagnosis, classification, and management of patients with epilepsy. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 76(suppl 2), ii2-ii7.

Snell, R. S. (2017). *Klinik nöranatomi*. (M. Yıldırım, Çev.) İstanbul: Nobel Tıp Kitapevleri.

Snell, R. S. (2010). *Clinical neuroanatomy*. Lippincott Williams & Wilkins.

Soylu, A. R. (2010). Spor bilimleri için yüzey elektromyografi: Olası hata kaynakları ve bazı teknik detaylar. *Ankara ISBN*, 978-605. https://yunus.hacettepe.edu.tr/~arsoylu/Soylu_2010_Yuzey_Elektromyografi.pdf adresinden 24 Nisan 2022 tarihinde edinilmiştir.

Standring, S. (Ed.). (2016). *Gray's anatomy e-book: the anatomical basis of clinical practice*. Elsevier Health Sciences.

Stern, J., Jeanmonod, D., & Sarnthein, J. (2006). Persistent EEG overactivation in the cortical pain matrix of neurogenic pain patients. *Neuroimage*, 31(2), 721-731.

Tan, Ü. (1988). The distribution of the Geschwind scores to familial left-handedness. *International Journal of Neuroscience*, 42(1-2), 85-105.

Thatcher, R. W., Walker, R. A., Gerson, I., & Geisler, F. H. (1989). EEG discriminant analyses of mild head trauma. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 73(2), 94-106.

Thayer, J. F., Åhs, F., Fredrikson, M., Sollers III, J. J., & Wager, T. D. (2012). A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(2), 747-756.

Uysal, S. A., Ekinci, Y., Çoban, F., & Yakut, Y. (2019). Edinburgh el tercihi anketi Türkçe güvenilirliğinin araştırılması. *Journal of Exercise Therapy and Rehabilitation*, 6(2), 112-118.

Ünal, S. (2019). *Servikal miyofasiyal ağrı sendromlu hastalarda auriküler vagus stimülasyonunun kısa dönem etkinliği* (Yüksek Lisans Tezi). Bahçeşehir Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yarımoglu, Ş. I. (2020). *Stroop etkisinde seçici dikkat ve dikkat eksikliği-Eeg frekans bantları* (Yüksek Lisans Tezi). Üsküdar Üniversitesi Sağlık Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Yüksel, M. (2019). *Fibromiyalji sendromunda kantitatif eeg bulguları, tens ve akupunkturun tedavideki etkinliği* (Yüksek Lisans Tezi). Bahçeşehir Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yüksel, M., Ayaş, Ş., Cabioğlu, M. T., Yılmaz, D., & Cabioğlu, C. (2019). Quantitative data for transcutaneous electrical nerve stimulation and acupuncture effectiveness in treatment of fibromyalgia syndrome. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2019, 1-12. Doi: 10.1155/2019/968464



EKLER