

**BASKETBOLCULARDA  
ANAEROBİK YORGUNLUK VE  
YORGUNLUK SONRASI DİNLENME SÜRELERİNDE  
ALPHA BEYİN FREKANSLARININ İNCELENMESİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Yusuf Dinar İŞGÖREN**

**Eskişehir 2022**

**BASKETBOLCULARDA ANAEROBİK YORGUNLUK VE YORGUNLUK  
SONRASI DİNLENME SÜRELERİNDE ALPHA BEYİN FREKANSLARININ  
İNCELENMESİ**

**Yusuf Dinar İŞGÖREN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**Bedensel Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı**  
**Danışman: Prof. Dr. Hayri ERTAN**

**Eskişehir**  
**Anadolu Üniversitesi**  
**Sağlık Bilimleri Enstitüsü**  
**Ocak 2022**

## JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Yusuf Dinar İŞGÖREN'nin "Basketbolcularda Anaerobik Yorgunluk ve Yorgunluk Sonrası Dinlenme Alpha Beyin Frekanslarının İncelenmesi" başlıklı tezi 13/12/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca,

Beden Eğitimi ve Spor Anabilim dalında Yüksek Lisans/Doktora/Sanatta Yeterlik tezi olarak kabul edilmiştir.

	<u>Unvanı Adı Soyadı</u>	<u>İmza</u>
Üye (Tez Danışmanı)	: Prof. Dr. Hayri ERTAN	
Üye	: Prof. Dr. Yücel OCAK	
Üye	: Doç. Dr. Ali Onur CERRAH	

Enstitü Müdürü

## ÖZET

### BASKETBOLCULARDA ANAEROBİK YORGUNLUK VE YORGUNLUK SONRASI DİNLENME SÜRELERİNDE ALPHA BEYİN FREKANSLARININ İNCELENMESİ

Yusuf Dinar İŞGÖREN

Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı

Anadolu Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ocak 2022

Danışman: Prof. Dr. Hayri ERTAN

Bu araştırmanın amacı, basketbolcularda serbest atış sırasında yorgunluğun nörofizyolojik etkilerini incelemek ve anaerobik yorgunluğun atış öncesi odaklanma üzerine etkisini, beyinde saçlı deri üzerinden ölçülen alfa tepe frekanslarındaki değişikliklerin tespit edilerek incelenmesidir. İkincil amaç nöral paternlerdeki alfa frekansı değişikliklerinin farklı dinlenme sürelerinde ne şekilde değişeceğini ortaya koymaktır. Araştırmada veriler Elektroensefalografi cihazı ile alınmış, 32 kanallı EEGCap ile kaydedilen veriler 19 kanalda işlenmiştir. Yorgunluk Wingate Anaerobic Güç Bisikleti ile oluşturulmuştur. Yorgunluk Karvonen formülü ile hesaplanmış, Algılanan Zorluk Derecesi BORG Skalası ile tanımlanmıştır. Araştırmaya nörolojik rahatsızlığı olmayan ve sağ elini kullanan sağlıklı 9 basketbolcu katılmıştır. EEG A.S.A Lab Programı ile kaydedilen veriler Matlab R2020b paket programında EEGLab2021.0 araç kutusunda işlenmiştir. Elde edilen veriler SPSS Statistic 25.0 paket programı ile analiz edilmiştir. Verilerin normallik dağılımına bakılarak yapılacak analizler belirlenmiştir. Değişkenler arasındaki farklar veriler normal dağılmış ise Parametric testlerden Paired Sample T-Test, veriler normal dağılmamış ise Wilcoxon Signed Ranks Test kullanılarak ortaya konulmuştur. Çoklu verilerin karşılaştırılmasında Friedman testinden yararlanılmıştır. Araştırma bulgularına göre anaerobik yorgunluk öncesi ve anaerobik yorgunluk sonrası beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktasında anlamlı farklılık vardır. Ayrıca anaerobik yorgunluk sonrası ilk ölçüm ile farklı dinlenme sürelerinde ölçülen alfa frekansları tepe noktaları arasında da istatistiksel anlamlılıklar bulunmaktadır. Bu çalışmada anaerobik yorgunluğun ve dinlenme sürelerinin serbest atış öncesi beyin alfa frekansını etkilediği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Elektroensefalografi, Alpha Frekans, Anaerobik yorgunluk.

## ABSTRACT

### SUMMARY INVESTIGATION OF ALPHA BRAIN FREQUENCIES IN BASKETBALL PLAYERS DURING ANAEROBIC FATIGUE AND AFTER FATIGUE REST PERIOD

Yusuf Dinar İŞGÖREN

Department of Physical Education and Sports  
Anadolu University, Graduate School of Health Sciences, January, 2022

Supervisor: Prof. Dr. Hayri ERTAN

The aim of this research is to examine the neurophysiological effects of fatigue during free throws in basketball players and to examine the effect of anaerobic fatigue on pre-shot focusing, by detecting the changes in alpha peak frequencies, which was measured on the scalp, in the brain. The secondary aim is to reveal how alpha frequency changes in neural patterns will change at different resting times. In the study, the data were obtained by the Electroencephalography device, and the data recorded with the 32-channel EEGCap were processed in 19 channels. Fatigue was created with the Wingate Anaerobic Power Bike. Fatigue was calculated with the Karvonen formula and defined by the BORG Scale. 9 healthy right-handed basketball players without neurological disorders participated in the study. The data recorded with the EEG A.S.A Lab Program were processed in the EEGLab2021.0 toolbox in the Matlab R2020b package program. The obtained data were analyzed with the SPSS Statistic 25.0 package program. The analyzes to be made were determined by looking at the normality distribution of the data. The differences between the variables were determined using the Paired Sample T-Test, one of the Parametric tests, if the data were normally distributed, and the Wilcoxon Signed Ranks Test if the data were not normally distributed. The Friedman test was used to compare multiple data. According to the research findings, there is a significant difference in the alpha frequency peak that occurs in the brain before and after anaerobic fatigue. There are also statistical significances between the first measurement after anaerobic fatigue and the measurement at different resting times. In this study, it was concluded that anaerobic fatigue and rest periods affect the alpha frequency of the brain before the free throw.

**Keywords:** Electroencephalography, Alpha Frequency, Anaerobic, Fatigue.

## TEŞEKKÜR

Akademik eğitimim, ahlaki gelişimim ve bedenem büyümemin her noktasında daha iyisi için elinde ne varsa feda etmeye hazır biçimde beni bugünlere getiren canım aileme,

Tez çalışmamın doğması, büyümesi ve sonlanması aşamalarında fikirleri, çevresi, bilgi birikimi, deneyimleri ve en çok güler yüzü ile desteklerini esirgemeyen, kalbimi bir kere olsun kırmayan danışman hocam Prof. Dr. Hayri ERTAN'a,

Anlayışı, yardımseverliği, yol göstericiliği ve yönlendiriciliği için Sayın Dekan'ım Prof. Dr. Yücel OCAK'a,

Çalışma konumun geliştirilmesinde bana destek olan ve sorduğum her soruyu kibarlıkla ve ivedilikle cevaplayan sayın hocam Phd. DSci. Olga M. BAZANOVA'ya,

Ölçümleminde yanımda olan, desteklerini bir an olsun esirgemeyen, yardımseverliği ve bilgi birikimi ile tezime katkı sağlayan sayın hocam canım abim Batuhan DİRİK'e,

Varlığı ile güven veren, başım sıkışınca ilk yanına koştuğum sayın hocam Doç. Dr. Halil Orbay ÇOBANOĞLU'na,

Örneklem grubuna katkı sağlayan HDİ Sigorta Afyon Belediye Takımı'na, Bozüyük Belediyesi Eğitim ve Spor Kulübü'ne, Gazi E.M.L. Kulübü'ne,

Tez ölçüm aşamasında yaşadığım her problemde maddi ve manevi olarak yanımda hissettiğim Afyon Kocatepe Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi AİLESİNE,

Manevi desteğini her zaman hissettiğim güzel dostlarıma,

Son olarak, sadece akademik tezimde değil hayatımda da çok büyük yardımcım ve destekçim olan canım arkadaşım Dilara ERKAN'a,

En güzel duygularımda teşekkür ederim.

Yusuf Dinar İŞGÖREN

Eskişehir, 2022

### **ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ**

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖZET .....	3
ABSTRACT.....	4
TEŞEKKÜR .....	5
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	6
İÇİNDEKİLER.....	7
TABLolar DİZİNİ.....	10
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	15
GÖRSELLER DİZİNİ .....	16
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	20
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Önem.....	2
1.2. Amaç .....	3
1.3. Varsayımlar.....	6
1.4. Sınırlılıklar .....	6
2. ALANYAZIN .....	7
2.1. Biofeedback (BFB) nedir? .....	7
2.2. Biofeedback ve Biofeedback Eğitiminde Kullanılan Yöntemler .....	9
2.2.1. Elektromiyografi (EMG) .....	9
2.2.2. Galvanik cilt yanıtı (GSR) ve cilt iletkenliği (SCR) .....	9
2.2.3. Termal biofeedback.....	10
2.2.4. Elektroensefalografi (EEG) ya da beyin çizgesi yöntemi .....	10
2.3. Neurofeedback nedir? .....	11
2.4. Nörofeedback Nasıl Elde Edilir?.....	12
2.5. Biofeedback Neurofeedback Farkı .....	12
2.6. Beyin Görüntüleme Teknikleri .....	16
2.7.1. Yapısal beyin görüntüleme teknikleri .....	16
2.7.1.1. Bilgisayarlı tomografi .....	17
2.7.1.2. Manyetik rezonans görüntüleme (MRI) .....	18
2.7.1.3. İşlevsel beyin görüntüleme teknikleri.....	19
2.7.1.4. Pozitron emisyon tomografi (PET).....	19



2.7.1.5. Tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi -single-photon emission computed tomography (SPECT) .....	20
2.7.1.6. İşlevsel (fonksiyonel) manyetik rezonans görüntüleme .....	21
2.7.1.7. Magnetoensefalografi (MEG).....	22
2.7.1.8. Transkraniyal manyetik stimülasyon (TMS) .....	22
2.7.2. Metabolik beyin görüntüleme teknikleri.....	23
2.7.2.2. Manyetik rezonans spektroskopisi (MRS) .....	23
2.8. Beyin Frekansları .....	23
2.9. Beyin frekanslarının karakterizasyonu ve yorumu.....	24
2.9.1. Delta frekansı.....	25
2.9.2. Teta frekansı .....	25
2.9.3. Alfa frekansı.....	26
2.9.4. SMR frekansları: (düşük beta) .....	28
2.9.5. Beta frekansı .....	29
2.9.6. Orta ranj beta frekansları .....	29
2.9.7. Yüksek ranj beta frekansı .....	30
2.9.8. Gamma dalgaları.....	30
2.10.Yorgunluk .....	30
2.10.1. Merkezi yorgunluk.....	32
2.10.2. Periferik yorgunluk.....	32
2.11.Uyarı Frekansına Göre Yorgunluk Çeşitleri .....	33
2.11.1. Yüksek ve düşük frekanslı yorgunluk.....	33
2.11.2. Anaerobik egzersizlere dayalı yorgunluk .....	34
2.12.Yorgunluk ve Beyin Aktivasyonları.....	34
2.13.Egzersiz Sonrası Dinlenme ve Toparlanma (Yenilenme) .....	36
2.14.Anaerobik Egzersiz Sonrası Toparlanma .....	37
3. YÖNTEM.....	38
3.1. Örneklem Grubu .....	38
3.2. Veri Toplama Araçları.....	39
3.2.1. Elektroensefalografi cihazı.....	39
3.2.2. EEG başlığı ve iletken jel.....	40
3.2.3. Algılanan zorluk derecesi BORG skalası .....	40

3.2.4. Wingate anaerobik güç testi bisikleti .....	41
3.2.5. Polar H7 V8000 nabız ölçer saat .....	42
3.3. Veri Toplama Süreci .....	42
3.3.1. Yorgunluk oluşturma prosedürü .....	42
3.3.2. EEG ölçümü prosedürü .....	43
3.3.3. Deney protokolü .....	44
3.3.4. Verilerin analizi .....	47
3.3.5. EEG verilerinin işlenmesi .....	47
3.4. Verilerin İstatistiksel Analizi .....	49
4. BULGULAR .....	50
4.1. Anaerobik Egzersiz Sonrası Oluşan Yorgunluk Durumuna İlişkin Bulgular .....	50
4.2. Anaerobik Yorgunluk ve Yorgunluk Sonrası Dinlenme Durumlarına İlişkin EEG Bulguları .....	51
5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	97
5.1. Tartışma .....	97
5.1.1. Metodolojiye dönük tartışma .....	97
5.1.2. Veri dağılımına ilişkin tartışma .....	99
5.1.3. H1'e yönelik tartışma .....	100
5.1.4. H2 ye yönelik tartışma .....	101
5.1.5. Beynin bölgelerine ilişkin tartışma .....	104
5.1.6. Alfa tepe noktasının oluştuğu frekansa dönük tartışmalar.....	106
5.2. Sonuç .....	107
5.3. Öneriler .....	114
5.3.1. Spor paydaşları için öneriler .....	114
5.3.2. Akademik alanyazın için öneriler .....	115
KAYNAKÇA .....	117
EKLER .....	129

## TABLULAR DİZİNİ

### Sayfa

<b>Tablo 2.1.</b> Beyin dalgalarının frekans değişkenine göre karakterizasyonu.....	25
<b>Tablo 2.2.</b> 25 yıl içerisindeki yorgunluk ve EEG anahtar kelimelerini içeren yorgunluğun beyin üzerindeki etkisi üzerine yapılan çalışmalar.....	35
<b>Tablo 4.1.</b> Yorgunluk durumunun belirlenmesinde kullanılan nabız bulguları.....	51
<b>Tablo 4.2.</b> Yorgunluk öncesi ve sonrası algılanan zorluk derecesi borg skalasına verilen cevaplara ilişkin bulgular.....	51
<b>Tablo 4.3.</b> Anaerobik yorgunluk öncesi (base) ve anaerobik yorgunluk sonrası alfa tepe noktası verilerine ilişkin bulgular.....	52
<b>Tablo 4.4.</b> Anaerobik yorgunluk öncesi (base) ve anaerobik yorgunluk sonrası alfa tepe noktası sıralama tablosu.....	52
<b>Tablo 4.5.</b> Beynin frontal bölgesinde anaerobik yorgunluk öncesi (base) ve anaerobik yorgunluk sonrası alfa tepe noktası verilerine ilişkin bulgular...	56
<b>Tablo 4.6.</b> Beynin frontal bölgesinde anaerobik yorgunluk öncesi (base) ve anaerobik yorgunluk sonrası alfa tepe noktası sıralama tablosu.....	57
<b>Tablo 4.7.</b> Beynin temporal bölgesinde anaerobik yorgunluk öncesi (base) ve anaerobik yorgunluk sonrası alfa tepe noktası verilerine ilişkin bulgular...	57
<b>Tablo 4.8.</b> Beynin Temporal Bölgesinde Anaerobik Yorgunluk Öncesi (base) ve Anaerobik Yorgunluk Sonrası Alfa Tepe Noktası Sıralama Tablosu.....	58
<b>Tablo 4.9.</b> Beynin Parietal Bölgesinde Anaerobik Yorgunluk Öncesi (base) ve Anaerobik Yorgunluk Sonrası Alfa Tepe Noktası verilerine ilişkin bulgular	58
<b>Tablo 4.10.</b> Beynin Parietal Bölgesinde Anaerobik Yorgunluk Öncesi (base) ve Anaerobik Yorgunluk Sonrası Alfa Tepe Noktası Sıralama Tablosu.....	59
<b>Tablo 4.11.</b> Beynin central bölgesinde anaerobik yorgunluk öncesi (base) ve anaerobik yorgunluk sonrası alfa tepe noktası verilerine ilişkin bulgular...	59
<b>Tablo 4.12.</b> Beynin central bölgesinde anaerobik yorgunluk öncesi (base) ve anaerobik yorgunluk sonrası alfa tepe noktası sıralama tablosu.....	60
<b>Tablo 4.13.</b> Beynin oksipital bölgesinde anaerobik yorgunluk öncesi (base) ve anaerobik yorgunluk sonrası alfa tepe noktası verilerine ilişkin bulgular...	60
<b>Tablo 4.14.</b> Oksipital bölgede yorgunluk öncesi ve yorgunluk sonrası oluşan alfa frekansı tepe noktası ortalamaları.....	61
<b>Tablo 4.15.</b> Anaerobik yorgunluk sonrası beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası	

ile farklı dinlenme sürelerinin sonrası ölçülen alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular.....	61
<b>Tablo 4.16.</b> Anaerobik yorgunluk sonrası alfa frekansı tepe noktası ile farklı dinlenme sürelerinde oluşan alfa frekansı tepe noktasına ilişkin sıralama tablosu.....	62
<b>Tablo 4.17.</b> Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 1.dakika dinlenme süresindeki beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular..	63
<b>Tablo 4.18.</b> Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 1.dakika dinlenme süresindeki beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular.....	66
<b>Tablo 4.19.</b> Beynin frontal bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 1. dinlenme dakikası alfa tepe noktası sıralama tablosu.....	67
<b>Tablo 4.20.</b> Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 1.dakika dinlenme süresindeki beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular.....	67
<b>Tablo 4.21.</b> Beynin temporal bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 1.dinlenme dakikası alfa tepe noktası sıralama tablosu.....	68
<b>Tablo 4.22.</b> Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 1.dakika dinlenme süresindeki beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular.....	68
<b>Tablo 4.23.</b> Beynin parietal bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 1.dinlenme dakikası alfa tepe noktası ortalamaları.....	69
<b>Tablo 4.24.</b> Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 1.dakika dinlenme süresindeki beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular.....	69
<b>Tablo 4.25.</b> Beynin central bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 1.dinlenme dakikası alfa tepe noktası sıralama tablosu.....	70
<b>Tablo 4.26.</b> Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 1.dakika dinlenme	

süresindeki beynin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular.....	70
<b>Tablo 4.27.</b> Beynin oksipital bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 1.dinlenme dakikası alfa tepe noktası ortalamaları.....	71
<b>Tablo 4.28.</b> Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 3.dakika dinlenme süresindeki beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular..	71
<b>Tablo 4.29.</b> Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 3.dakika dinlenme süresindeki beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular.....	75
<b>Tablo 4.30.</b> Beynin frontal bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 3. dakika alfa tepe noktası sıralama tablosu...	76
<b>Tablo 4.31.</b> Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 3.dakika dinlenme süresindeki beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular.....	76
<b>Tablo 4.32.</b> Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 3.dakika dinlenme süresindeki beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular.....	76
<b>Tablo 4.33.</b> Beynin frontal bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 3. dakika alfa tepe noktası sıralama tablosu..	77
<b>Tablo 4.34.</b> Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 3.dakika dinlenme süresindeki beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular.....	77
<b>Tablo 4.35.</b> Beynin central bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 3.dinlenme dakikası alfa tepe noktası sıralama tablosu.....	78
<b>Tablo 4.36.</b> Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 3.dakika dinlenme süresindeki beynin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular.....	78
<b>Tablo 4.37.</b> Beynin oksipital bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 3.dinlenme dakikası alfa tepe noktası ortalamaları.....	78

<b>Tablo 4.38.</b> Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 5.dakika dinlenme süresindeki beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular..	79
<b>Tablo 4.39.</b> Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 5.dakika dinlenme süresindeki beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular.....	83
<b>Tablo 4.40.</b> Beynin frontal bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 5. dakika alfa tepe noktası sıralama tablosu...	83
<b>Tablo 4.41.</b> Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 5.dakika dinlenme süresindeki beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular.....	83
<b>Tablo 4.42.</b> Beynin temporal bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 5. dakika alfa tepe noktası sıralama tablosu..	84
<b>Tablo 4.43.</b> Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 5.dakika dinlenme süresindeki beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular.....	84
<b>Tablo 4.44.</b> Beynin parietal bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 5. dinlenme dakikası alfa tepe noktası sıralama tablosu.....	85
<b>Tablo 4.45.</b> Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 5.dakika dinlenme süresindeki beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular.....	85
<b>Tablo 4.46.</b> Beynin central bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 5.dinlenme dakikası alfa tepe noktası sıralama tablosu.....	86
<b>Tablo 4.47.</b> Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 5.dakika dinlenme süresindeki beynin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular.....	86
<b>Tablo 4.48.</b> Beynin oksipital bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 5.dinlenme dakikası alfa tepe noktası ortalamaları.....	86
<b>Tablo 4.49.</b> Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 7.dakika dinlenme süresindeki beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular..	87

<b>Tablo 4.50.</b> Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 7.dakika dinlenme süresindeki beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular.....	91
<b>Tablo 4.51.</b> Beynin frontal bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 7. dakika alfa tepe noktası sıralama tablosu...	91
<b>Tablo 4.52.</b> Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 7.dakika dinlenme süresindeki beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular.....	92
<b>Tablo 4.53.</b> Beynin temporal bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 7. dakika alfa tepe noktası sıralama tablosu..	92
<b>Tablo 4.54.</b> Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 7.dakika dinlenme süresindeki beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular.....	92
<b>Tablo 4.55.</b> Beynin parietal bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 7. dinlenme dakikası alfa tepe noktası sıralama tablosu.....	93
<b>Tablo 4.56.</b> Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 7.dakika dinlenme süresindeki beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular.....	93
<b>Tablo 4.57.</b> Beynin central bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 7.dinlenme dakikası alfa tepe noktası sıralama tablosu.....	94
<b>Tablo 4.58.</b> Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 7.dakika dinlenme süresindeki beynin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular.....	94
<b>Tablo 4.59.</b> Beynin oksipital bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 7.dinlenme dakikası alfa tepe noktası ortalamaları.....	94

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
<b>Şekil 2.1.</b> Biofeedback ile neurofeedback ilişkisi.....	13
<b>Şekil 2.2.</b> Beyin görüntüleme teknikleri.....	16
<b>Şekil 2.3.</b> Alfa ritminin gözler açıldığında, düşük voltajlı beta ritmi ile yer değiştirmesi.....	27
<b>Şekil 2.4.</b> Egzersiz performansının kardiyovasküler / anaerobik / yıkıcı modelinin şeması.....	33
<b>Şekil 3.1.</b> Deney protokolü.....	45
<b>Şekil 4.1.</b> Dinlenik durumdaki alfa frekanslarının tepe yaptıkları aralıklar.....	95
<b>Şekil 4.2.</b> Anaerobik yorgunluk protokolü sonrası yorgunluk durumdaki alfa frekanslarının tepe yaptıkları aralıklar.....	95
<b>Şekil 4.3.</b> Anaerobik yorgunluk protokolü sonrası 1 dakikalık dinlenme durumdaki alfa frekanslarının tepe yaptıkları aralıklar.....	96
<b>Şekil 4.4.</b> Anaerobik yorgunluk protokolü sonrası 3 dakikalık dinlenme durumdaki alfa frekanslarının tepe yaptıkları aralıklar.....	96
<b>Şekil 4.5.</b> Anaerobik yorgunluk protokolü sonrası 5 dakikalık dinlenme durumdaki alfa frekanslarının tepe yaptıkları aralıklar.....	97
<b>Şekil 4.6.</b> Anaerobik yorgunluk protokolü sonrası 7 dakikalık dinlenme durumdaki alfa frekanslarının tepe yaptıkları aralıklar.....	97
<b>Şekil 5.1.</b> Basketbolcularda anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası dinlenme durularında beyinlerindeki alfa frekansı tepe noktasının incelenmesi.....	105
<b>Şekil 5.2.</b> Bireysel alfa tepe frekansı.....	108



## GÖRSELLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Görsel 2.1.</b> Bilgisayarlı tomografi cihazı.....	18
<b>Görsel 2.2.</b> Manyetik rezonans görüntüleme (MRI) cihazı.....	19
<b>Görsel 2.3.</b> Pozitron emisyon tomografi cihazı.....	20
<b>Görsel 2.4.</b> Tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi (SPECT) cihazı .....	21
<b>Görsel 2.5.</b> İşlevsel (fonksiyonel) manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) cihazı.....	21
<b>Görsel 2.6.</b> Magnetoensefalografi (MEG) cihazı.....	22
<b>Görsel 2.7.</b> Transkraniyal manyetik stimülasyon (TMS) cihazı.....	23
<b>Görsel 3.1.</b> ANT Neuro Refa8-32e4b4a model Hollanda üretimi cihaz.....	39
<b>Görsel 3.2.</b> İletken jel.....	40
<b>Görsel 3.3.</b> EEG başlığı.....	40
<b>Görsel 3.4.</b> 6-20 Borg skalası.....	41
<b>Görsel 3.5.</b> Wingate Anaerobik güç testi bisikleti.....	42
<b>Görsel 3.6.</b> Empedans kontrolü.....	46
<b>Görsel 3.7.</b> Ağırlık kontrolü.....	46
<b>Görsel 3.8.</b> Araştırma dizaynı.....	47
<b>Görsel 3.9.</b> Araştırma dizaynı.....	47
<b>Görsel 4.1.</b> K1'in yorgunluk protokolü oluşturulmadan önceki ve sonraki topografik görselleri .....	53
<b>Görsel 4.2.</b> K2'nin yorgunluk protokolü oluşturulmadan önceki ve sonraki topografik görselleri.....	53
<b>Görsel 4.3.</b> K3'ün yorgunluk protokolü oluşturulmadan önceki ve sonraki topografik görselleri.....	53
<b>Görsel 4.4.</b> K4'ün yorgunluk protokolü oluşturulmadan önceki ve sonraki topografik görselleri.....	54
<b>Görsel 4.5.</b> K5'in yorgunluk protokolü oluşturulmadan önceki ve sonraki topografik görselleri.....	54
<b>Görsel 4.6.</b> K6'nın yorgunluk protokolü oluşturulmadan önceki ve sonraki topografik görselleri.....	54
<b>Görsel 4.7.</b> K7'nin yorgunluk protokolü oluşturulmadan önceki ve sonraki	

topografik görselleri.....	55
<b>Görsel 4.8.</b> K8'in yorgunluk protokolü oluşturulmadan önceki ve sonraki topografik görselleri.....	55
<b>Görsel 4.9.</b> K9'un yorgunluk protokolü oluşturulmadan önceki ve sonraki topografik görselleri.....	55
<b>Görsel 4.10.</b> K1'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 1 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	63
<b>Görsel 4.11.</b> K2'nin anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 1 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	63
<b>Görsel 4.12.</b> K3'ün anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 1 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	64
<b>Görsel 4.13.</b> K4'ün anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 1 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	64
<b>Görsel 4.14.</b> K5'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 1 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	64
<b>Görsel 4.15.</b> K6'nın anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 1 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	65
<b>Görsel 4.16.</b> K7'nin anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 1 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	65
<b>Görsel 4.17.</b> K8'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 1 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	65
<b>Görsel 4.18.</b> K9'un anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 1 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	66
<b>Görsel 4.19.</b> K1'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 3 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	72
<b>Görsel 4.20.</b> K2'nin anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 3 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	72
<b>Görsel 4.21.</b> K3'ün anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 3 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	72
<b>Görsel 4.22.</b> K4'ün anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 3 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	73
<b>Görsel 4.23.</b> K5'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 3 dakika dinlenme	

sonrası topografik görselleri.....	73
<b>Görsel 4.24.</b> K6'nın anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 3 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	73
<b>Görsel 4.25.</b> K7'nin anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 3 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	74
<b>Görsel 4.26.</b> K8'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 3 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	74
<b>Görsel 4.27.</b> K9'un anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 3 dakika dinlenme sonrası topografik görseller.....	74
<b>Görsel 4.28.</b> K1'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 5 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	79
<b>Görsel 4.29.</b> K2'nin anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 5 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	80
<b>Görsel 4.30.</b> K3'ün anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 5 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	80
<b>Görsel 4.31.</b> K4'ün anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 5 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	80
<b>Görsel 4.32.</b> K5'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 5 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	81
<b>Görsel 4.33.</b> K6'nın anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 5 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	81
<b>Görsel 4.34.</b> K7'nin anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 5 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	81
<b>Görsel 4.35.</b> K8'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 5 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	82
<b>Görsel 4.36.</b> K9'un anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 5 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	82
<b>Görsel 4.37.</b> K1'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 7 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	87
<b>Görsel 4.38.</b> K2'nin anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 7 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	88
<b>Görsel 4.39.</b> K3'ün anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 7 dakika dinlenme	

	<b><u>Sayfa</u></b>
sonrası topografik görselleri.....	88
<b>Görsel 4.40.</b> K4'ün anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 7 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	88
<b>Görsel 4.41.</b> K5'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 7 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	89
<b>Görsel 4.42.</b> K6'nın anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 7 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	89
<b>Görsel 4.43.</b> K7'nin anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 7 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	89
<b>Görsel 4.44.</b> K8'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 7 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	90
<b>Görsel 4.45.</b> K9'un anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 7 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri.....	90

## SİMGELER VE KISALTMALAR

ANS	: Otonom sinir sistemi
ATP	: Adenozintrifosfat
BFB	: Biofeedback
BT	: Bilgisayarlı tomografi
BVP	: Kan hacmi basıncı
DEHB	: Dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu
EEG	: Elektroensefalografi
EEGCap	: Elektroensefalografi kepi
EMG	: Elektromiyografi
ENMG	: Elektronöromiyografi
FFT	: Hızlı fourier dönümü
fMRI	: Fonksiyonel (işlevsel) manyetik rezonans görüntüleme
fNIRS	: İşlevsel yakın kızılötesi spektroskopi
F-VAS	: Yorgunluk görsel analog ölçeği
GSR	: Galvanik cilt yanıtı
HES	: Hayat eve sığar
HRV	: Kalp atım hızı değişkenliği
ICA	: Bağımsız bileşen analizi
iAPF	: Bireysel alfa tepe noktası
KAH	: Kalp atım hızı
LA	: Kan laktat konsantrasyonu
MEG	: Magnetoensefalografi
MRI	: Manyetik rezonans görüntüleme
MRS	: Manyetik rezonans spektroskopi
NFB	: Neurofeedback
OKB	: Obsesif kompulsif bozukluk
P	: İstatistiksel Anlamlılık Değeri

PCr	: Fosfokreatin
PET	: Pozitron emisyon tomografi
PSD	: Güç spektral yoğunluğu
QEEG	: Kantitatif elektroensefalografi
SCR	: Cilt iletkenliği
SMR	: Sensöri motor ritim
SPECT	: Tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
TMS	: Transkranial manyetik stimulasyon
TSSB	: Travma sonrası stres bozukluğu
WAnT	: Wingate anaerobik güç testi bisikleti
$\bar{x}$	: Aritmetik Ortalama
Z	: Z Değeri
$\alpha$	: Alfa
$\alpha/\theta$	: Alfa/teta
$\beta$	: Beta
$\gamma$	: Gama
$\delta$	: Delta
$\theta$	: Teta

## 1. GİRİŞ

Spor Bilimlerinde elektroensefalografi (EEG) kullanımı; EEG'nin ön ve son ölçümleri, hareketin görüntülenmesi, spor ortam simülasyonları ve yüklenme aşamasında EEG konuları altında incelenmektedir. Görüntülenmiş hareket çalışmaları; hareketin uygulanması sırasında motor korteksteki aktivasyonun incelendiği çalışmalardır. Spor ortamını simüle eden çalışmalar; spor ortamlarındaki çevresel faktörler sırasında kortikal aktivasyonda oluşabilecek değişimlerin incelendiği çalışmalardır. Örneğin bir çalışmada dalışta, Yüksek Basınç Sinirsel Sendromu semptomları ile nöral ilişkiyi, ortamın simülasyonu ile test ederek dalış sırasında karşılaşılabilecek sorunların giderilmesi amaçlanmıştır (Pop-Jordanova ve Demerdzieva, 2010). Bu doğrultuda spor biliminde EEG kullanımının yaygınlaşması, çeşitli durumlarda beyinde oluşabilecek değişiklikleri tespit ederek önlem, planlama ve tedavi basamaklarında önem arz etmektedir.

Beyin fonksiyonlarını görmek için kantitatif elektroensefalografi (QEEG) yöntemi kullanılmakta ve EEG'nin kullanımı Aktop ve Seferoğlu (2014)'na göre beyin dalgalarının hangi optimal seviyelerinin atletik performansı arttırmada etkili olduğuna dair karar vermekte yardımcı olmaktadır. Araştırmalar iki önemli dalga olan alfa ve yüksek (peak) alfa dalgalarının odağı yakalamalarında önemli olduğunu göstermiştir. Hasta bireyler üzerinde yapılan çalışmalar, alfa dalgalarını arttırarak dikkat ve konsantrasyonun arttığını, odaklanma problemlerinin azaldığını gösteren çalışmalara öncülük etmiştir (Aktop ve Seferoğlu, 2014).

Yorgunluk gelişimi sırasında beyin fonksiyonlarının rolünün incelenmesi, yorgunluğun etiyojisi ve potansiyel mekanizmaları hakkındaki bilgimizi genişletmek için kritik öneme sahiptir. Mevcut fiziksel ve zihinsel yorgunluğun eş zamanlı değerlendirmesi, kardiyovasküler, kassal ve biyomekanik değişiklikleri değerlendirmekle sınırlı kalmıştır (Mehta ve Agnew, 2013).

Basketbol branşında çeşitli yorgunluk durumları ortaya çıkmaktadır. Oyunun içerisinde oluşan yorgunluk durumları, oyuncuların çeşitli görevlerini etkileyebilmektedir. Acur (2019) yorgunluğun şut performansını doğrudan etkilediğini ifade etmiştir. Acur (2019) 'a göre yorgunluk durumu şut isabet oranını düşürmektedir. Bu doğrultuda anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası dinlenme durumunda atış öncesi beynin alfa frekansının incelenmesi önemli olacağı düşünülmektedir.

## 1.1. Önem

Basketbol branşı oyun yapısı gereği yorgunluk durumundan oldukça etkilenebilen bir spor branşıdır. Dinamik bir oyun yapısı içeren bu branşta derin odaklanma ve imgeleme gerektiren serbest atışlar bulunmakta ve bu atışlardan elde edilecek puanlar oyunu doğrudan etkileyebilmektedir. Yorgunluk durumunda yaygın olarak kullanılan göstergelerin yanı sıra, kortikal fonksiyonu değerlendirmek için EEG ve işlevsel yakın kızılötesi spektroskopi (Fnrns) gibi nöroergonomik tekniklerin kullanılması, eşzamanlı fiziksel ve zihinsel çalışma altında motor korteksteki değişiklikler hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. Özellikle elektroensefalografik ölçümler fiziksel egzersiz sırasında psikoloji ve fizyoloji arasındaki ilişkiyi anlamak için güçlü bir araçtır (di Fronso vd., 2017; Perrey ve Besson, 2018). Bu çalışmanın önemi, basketbolcularda fiziksel yorgunluk ve çeşitli dinlenme sürelerinin serbest atış öncesi odaklanma anında gerekli olan alfa beyin dalgalarında oluşabilecek değişimlerin ortaya konularak, spor bilimlerinde bir kılavuz niteliği taşıyabilecek olmasıdır.

Bu çalışma sonucunda serbest atış öncesi ölçülecek alfa frekansı tepe noktasının yorgunluk öncesi ve yorgunluk sonrası durumları tespit edilebilecek, yorgunluk durumunda beynin etiyolojisi hakkında bilgi sahibi olunabilecektir.

Yorgunluk sonrası çeşitli dinlenme periyotlarında serbest atış öncesi alfa tepe frekansı seviyeleri incelenerek, alfa frekansının tepe yaptığı noktalar ortaya konulacak, bu bulgular ile ideal serbest atış için dinlenilmesi gereken yaklaşık süre hesaplanarak takım koçlarına ve oyunculara fikir verebilecektir.

Bu çalışmada beyin 5 bölüme ayrılarak analiz edilecek, beynin farklı hemisferlerinin yorgunluk durumu ve dinlenme sürelerindeki durumları hakkında bilgi sahibi olunabilecektir.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre antrenörler yorgunluk sonrası ve dinlenme sürelerinde serbest atış öncesi alfa frekansı tepe noktası hakkında bilgi sahibi olarak antrenman planlaması yapabilecek, maç içerisinde gerekli taktiksel değişiklikler ve stratejik davranışlar geliştirebileceklerdir. Ayrıca bu bilgiler, takım koçuna alınacak molalar ile ilgili fikir verebilecek, oyuncular için de maç sırasında stratejik hamleler için öğretici bir bilgi niteliği taşıyabilecektir.

Son olarak bu bilgiler yorgunluğun etiyolojisinin beyin fonksiyonları çerçevesinde tanımlanmasında literatüre katkı sağlayacak, gelecek çalışmalara ışık tutacaktır.



## 1.2. Amaç

Bu tez çalışmasının amacı; basketbolcularda serbest atışı sırasında yorgunluğun nörofizyolojik etkilerini incelemek ve özellikle anaerobik yorgunluğun atış öncesi odaklanma üzerine etkisinin beyinde saçlı deri üzerinden ölçülen alfa tepe frekanslarındaki değişikliklerinin incelenmesidir.

İkincil amaç, nöral paternlerdeki Alfa frekansı değişikliklerinin yorgunluk sonrası aşamalarda incelenerek Alpha tepe ranjının dinlenme sürelerine bağlı olarak ne şekilde değiştiğini ortaya koymaktır.

Bu araştırma amacı doğrultusunda aşağıdaki hipotezler test edilecektir.

**H1.** Dinlenik durumdaki alfa frekansı tepe noktası ile anaerobik yorgunluk sonrası alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H1.1.** Frontal bölgede, dinlenik durumdaki alfa frekansı tepe noktası ile anaerobik yorgunluk sonrası alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H1.2.** Temporal bölgede, dinlenik durumdaki alfa frekansı tepe noktası ile anaerobik yorgunluk sonrası alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H1.3.** Parietal bölgede, dinlenik durumdaki alfa frekansı tepe noktası ile anaerobik yorgunluk sonrası alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H1.4.** Central bölgede, dinlenik durumdaki alfa frekansı tepe noktası ile anaerobik yorgunluk sonrası alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H1.5.** Oksipital bölgede, dinlenik durumdaki alfa frekansı tepe noktası ile anaerobik yorgunluk sonrası alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.** Yorgunluk sonrası beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile farklı dinlenme süreleri sonrasındaki beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.1** Yorgunluk sonrası beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 1 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.1.1** Yorgunluk sonrası beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 1 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.1.2** Yorgunluk sonrası beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 1 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.1.3** Yorgunluk sonrası beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 1 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.1.4** Yorgunluk sonrası beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 1 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.1.5** Yorgunluk sonrası beynin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 1 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.2.** Yorgunluk sonrası beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 3dakikalık dinlenme süresi sonrasındaki beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.2.1** Yorgunluk sonrası beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 3 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.2.2** Yorgunluk sonrası beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 3 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.2.3** Yorgunluk sonrası beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 3 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.2.4** Yorgunluk sonrası beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 3 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.2.5** Yorgunluk sonrası beynin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 3 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.3.** Yorgunluk sonrası beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 5 dakikalık dinlenme süresi sonrasındaki beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.3.1** Yorgunluk sonrası beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 5 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.3.2** Yorgunluk sonrası beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 5 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.3.3** Yorgunluk sonrası beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 5 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.3.4** Yorgunluk sonrası beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 5 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.3.5** Yorgunluk sonrası beynin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 5 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.4.** Yorgunluk sonrası beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 7 dakikalık dinlenme süresi sonrasındaki beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.4.1** Yorgunluk sonrası beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 7 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.4.2** Yorgunluk sonrası beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 7 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.4.3** Yorgunluk sonrası beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 7 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.4.4** Yorgunluk sonrası beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 7 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**H2.4.5** Yorgunluk sonrası beynin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 7 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

### **1.3. Varsayımlar**

Sporcuların yorgunluk protokolü sırasında tam bir yorgunluğa ulaştıkları varsayılmıştır. Ayrıca EEG ölçümü sırasında atış anına odaklanmaları istenmiş ve odaklanmalarını kaybetmedikleri varsayılmıştır.

### **1.4. Sınırlılıklar**

Bu araştırma Afyon, Bilecik ve Eskişehir illerindeki Basketbol Gençler Ligi'nde oynayan bazı sporcular ile sınırlandırılmıştır. Bu üç şehir coğrafi olarak birbirine yakın olduğu için çalışma verileri bu coğrafi bölgeyi temsil etmekte olup bu bir sınırlılık olarak belirtilmektedir.

Araştırmada yorgunluk oluşturma protokolü olarak Wingate Anaerobik Güç Testi protokolünden yararlanılmıştır. Basketboldaki yorgunluk durumu ile Wingate Ergonomic bisiklette oluşturulan yorgunluk durumları biçimsel olarak birbirinden farklıdır. EEG çalışmalarında cihaz sensörlerinin hassas olması ve bazı hareketlerin artefakta sebebiyet vererek ölçüm verilerinin alınmasına engel olması sebebiyle, diğer protokollere göre daha stabil bir yorgunluk oluşturma protokolü olması sebebiyle Wingate Anaerobik Güç Testi protokolü uygulanmıştır. Bu durum çalışmamızda bir sınırlılık olarak kabul edilmiştir.

Araştırma yalnızca erkek sporcular ile sınırlandırılmıştır. Ölçümler gerçek müsabaka koşullarında alınmamıştır. Müsabaka sırasında ölçümler alınmadığı için bu durum sınırlılık yaratmaktadır.

## 2. ALANYAZIN

### 2.1. Biofeedback (BFB) nedir?

İnsan vücudu karmaşık gibi görünen ancak sistemli bir yapıya sahiptir. Sporun içerisindeki birçok değişken insanı doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyebilmektedir. Örneğin sportif bir müsabakada bir çatışma durumu ortaya çıktığında, beynin amigdaladan vücudun geri kalanı ile iletişim kuran bölümü olan hipotalamusa gönderdiği bir tehlike sinyalinin bir sonucu olarak fizyolojik seviyeler yükselbilmektedir (http-1). Bu seviyeler yükseldiğinde, vücudun istemsiz beden işlevlerinden sorumlu olan otonom sinir sistemi (ANS) devreye (http-1). Bu durumun semptomları; kalbin daha hızlı atması, nefes almanın daha hızlı ve daha sık hale gelmesi, kasların gerilmesi, ellerin terleyip nemli bir hale gelmesi ve genel vücut ısısının düşmesi gibi semptomlar olarak kendini gösterebilmektedir. Bu fizyolojik aktiviteler gerçekleştiğinde, vücudun davranış şekli ve bir kişinin duygusal veya bilişsel olarak tepki verme şekli, yüksek performans düzeylerini korumak veya ona ulaşmak için idealden daha yetersiz kalabilmektedir. Bu durumlarda bireylerin; kendi performanslarını engellemekten ziyade, bu duruma cevap verebilmeleri için kendini yetiştirme yeteneğine sahip olduğunu bilmesi, az sayıda insanın fark ettiği bir durumdur (Moss, 2005). Bu fizyolojik durumları gözlemleyebilmek ve eğitebilmek amacıyla, son 20 ile 30 yıl içerisinde popülerlik kazanan bu eğitim aracı, biofeedback olarak bilinmektedir.

Biofeedback, görsel veya işitsel geri bildirimler yoluyla psikofizyolojik tepkileri not etmek için çeşitli ekipmanların kullanılmasıdır (Galloway, 2011). Çeşitli fizyolojik parametrelerin ölçülmesi ve gerçek zamanlı olarak bu ölçümlerin görselleştirilmesi, bu fizyolojik parametrelerin kontrolünü geliştirmek amacıyla bireyin davranışları, düşünceleri ve duygularının, organizması üzerinde neden olabileceği etkiler konusunda farkındalığını artırmak için yapılan bir işlemdir (Prinsloo vd., 2014).

Psikolojik desteğe ek olarak, bedensel işlevlerin kendi kendini düzenleyebilmesi için birçok biofeedback yöntemi uygulanmaktadır. Biofeedback'in bunun dışındaki amacı; farkındalık dışında kalan fizyolojik süreçler üzerindeki istemli kontrolü ve bunlar hakkındaki bilgileri harici bir sinyal şeklinde kullanmaktır (Pop-Jordanova ve Demerdzieva, 2010). İnsanlar ilk önce dış sinyali kontrol etmeyi öğrenerek, tepkimeleri önlemek, durdurmak veya azaltmak için biliş, duyuş ya da diğer ipuçlarını kullanmayı öğrenebilir (Chomos ve Saskatchewan, 2014).

Biofeedback'in tanımı hem uygulandığı hem de amacı ile ilgili ifadeleri içermelidir.

Bu doğrultuda söz konusu süreçleri ve biofeedback'in amaçlarını birleştirmek için tanıma çeşitli eklemeler önerilmektedir. En doğru tanımı "Bir süreç olarak Biofeedback, hem kişilere hem de onların terapistlerine belirli parametreleri doğru bir şekilde ölçmek, işlemek ve geri beslemek için çeşitli araçlar kullandıran, hem normal hem de anormal nöromüsküler ve otonomik aktivite hakkında eğitici ve pekiştirici özelliklere sahip analog veya ikili, işitsel ve / veya görsel geribildirim sinyalleri bilgileri içeren bir tedavi prosedürleri grubu" olarak ifade etmişlerdir (Chomos ve Saskatchan, 2014).

Genel tanımlar, biofeedback'i sadece bir kişinin fizyolojik tepkilerinin farkına varmayı öğrenmenin bir süreci olarak tanıtırken, biofeedback'in sadece bilgilendirici yapısının ötesine geçen bir geri bildirim eğitimi; fizyolojik tepkilerimizin kontrol edilebileceğini hatta değiştirilebileceğini ve daha uygun bir fizyolojik işleyiş haline getirilebileceğini ortaya koymaktadır (Chomos ve Saskatchan, 2014). Bu noktada bir biofeedback kavramı yanında bir de biofeedback eğitimi / antrenmanı kavramı dikkatleri çekmektedir.

"Biofeedback" ve "biofeedback eğitimi" terimlerinin literatürde eş anlamlı olarak kullanılmasına rağmen, bunların iki ayrı kavram olduğunu anlamak önemlidir (Blumenstein ve Orbach, 2014; Galloway, 2011).

Biofeedback (BFB), kişinin psikofizyolojik bilgilerini değerlendirmek, izlemek ve kişiye geri göndermek için elektrotlar ve sensörler içeren özel elektronik cihazların kullanılmasıdır. BFB'nin ana fikri, bireye vücudunun veya zihninin çeşitli durumlara tepkileri hakkında bilgi vermektir (Blumenstein ve Orbach, 2014). Biofeedback antrenmanı ise, sporcuların bedeninden ve zihninden alınan bilgilere veya geri bildirimlere dayalı olarak öz düzenleme kontrolünü kazandırma tekniğidir. Fizyolojik sinyal kaydı için çeşitli enstrümantasyon türleri (veya BFB yöntemleri) kullanılır ve geri bildirim olarak uygulanır. Yoğun BFB eğitimini takiben, psikolojik beceriler otomatik refleksler haline gelir (Blumenstein ve Orbach, 2014). Biofeedback eğitiminin ana fikri ise, biofeedback enstrümanı tarafından sağlanan fizyolojik bilgiyi normalde istemsiz olan psikofizyolojik süreçler üzerinde istemli kontrol kazanmayı öğrenmek için kullanmaktır (Chomos ve Saskatchan, 2014). BFB antrenmanı, bir katılımcının belli bir spor ortamı ile ilgili olarak BFB ölçüm araçlarının kullanımıyla anatomik tepkilerini kontrol etmede sistematik bir eğitimi içerir (Galloway, 2011).

Çeşitli biyolojik geri bildirim yaklaşımları, dünya genelinde farmakolojik olmayan ve maliyet açısından faydalı, etkili araştırma ve tedavi araçları olarak kullanılmaktadır.

Araştırmalardaki önemli artış, davranışsal ve bilişsel problemleri olan çocuk ve ergenlerde biofeedback'in etkili olduğunu gstermektedir (Pop-Jordanova ve Demerdzieva, 2010). Ek olarak, biofeedback peak performans (spor, bale, mzik, şarkıcılar için ve iş dnyasındaki yöneticiler,) için iyi sonuçlar vermektedir (Pop-Jordanova ve Chakalaroska, 2008).

Biofeedback ve biofeedback eğitimi için çeşitli yöntemler mevcuttur ve klinik olarak çeşitli koşullar ve rahatsızlıkları tedavi etmek, bilişsel ve psikolojik işleyişi geliştirmek için kullanılmaktadır.

## **2.2. Biofeedback ve Biofeedback Eğitiminde Kullanılan Yöntemler**

Günümüzde modern teknoloji sayesinde, gerçek zamanlı olaylar sırasında kalp atım hızı, kas aktivitesi, beyin dalgası aktivitesi, solunum, kan basıncı, cilt sıcaklığı ve ter bezi aktivitesi gibi fizyolojik indeksleri ölçmek mümkündür. Bu fizyolojik değişiklikler sporcuya bilgisayar ekranında grafik veya multimedya şeklinde sunulmakta ayrıca zihin ve bedenin psikofizyolojik prensibe göre düzenlenmesine yardımcı olmaktadır (Blumenstein ve Orbach, 2014).

Biofeedback yöntemleri elektromiyografi, elektrodermal cevap, kalp atım hızı, sıcaklık, kan hacmi nabzı değişkenlerine dayanan çeşitli yöntemler ve merkezi elektroensefalografiye dayanan, (yani nörofeedback temelli) olarak ayrılabilir (Pop-Jordanova ve Demerdzieva, 2010). Biofeedback yöntemleri olarak adlandırılan fizyolojik sinyal kayıtları için kullanılan çeşitli enstrümantasyon türlerinden bazıları şunlardır:

### **2.2.1. Elektromiyografi (EMG)**

Elektronöromiyografi (ENMG) veya daha yerleşmiş adı ile Elektromiyografi (EMG), elektro (elektriksel), nöro (sinir), miyo (kas) ve grafi (yazı) sözcüklerinden oluşan bileşik bir sözcük olup sinirler ve kasların elektriksel sinyallerinin yazdırılması anlamını taşır. Başka bir kaynağa göre kas aktivitesini ölçmek için kullanılan kas geri bildirimini olarak da adlandırılır (Chomos ve Saskatchewan, 2014).

### **2.2.2. Galvanik cilt yanıtı (GSR) ve cilt iletkenliği (SCR)**

Parmak ve avuç içinde yer alan ter bezlerinin faaliyeti ile yakından ilgilidir. Terleme sadece yüksek sıcaklıkta değil duygulanım sırasında da meydana gelmektedir. GSR tekniğinin temelinde terleme ve bunun sonucu olarak derinin elektriksel

özelliklerinde (iletkenlik ya da direnç) meydana gelen değişiklikler yer almaktadır. GSR, genel uyarılmışlık halinin göstergesidir; bu nedenle, duygusal uyarılmışlık durumu ve stresin de göstergesi olarak kabul edilmektedir. Galvanik deri tepkisi terimi günümüzde tercih edilmemektedir, onun yerine fazik aktiviteyi tanımlayan deri iletim tepkisi, deri direnç tepkisi ve deri potansiyel tepkisi terimleri daha sıklıkla kullanılmaktadır (Karakaş, 2017). Bu yöntemler çeşitli cilt bölgelerindeki elektriksel aktiviteyi ölçen elektrodermal biyolojik geri besleme olarak da adlandırılan biyolojik geri besleme yöntemleridir (Chomos ve Saskatchewan, 2014).

### **2.2.3. Termal biofeedback**

Otonom sinir sisteminin sempatik uyarılmasının ölçülmesi için parmakların cilt sıcaklığının kullanılmasını içeren bir biofeedback yöntemidir. Fischer-Williams, Nigel ve Sovine (1981'den akt. Chomos ve Saskatchewan, 2014)'e göre, termal biofeedback'in geçerliliğini çevreleyen temel inanç, bir kişinin stresli veya endişeli olduğu durumlarda, periferik kan akışının azalması sebebiyle cilt ısısında bir azalmaya neden olması, sakin ve gevşemiş olduğunda ise, vücut ısısında bir artışa sebep olmasıdır (Fischer-Williams, Nigel ve Sovine, 1981'den akt. Chomos ve Saskatchewan, 2014). Kısaca kalp atım hızı değişkenliği (HRV) ve kan hacmi basıncı (BVP) termal biofeedback tipleridir.

Kalp atım hızı ve kan akışı hakkında ölçüm ve geri bildirim sağlayan kardiyovasküler biofeedback tipleridir (Chomos ve Saskatchewan, 2014). HRV biofeedback eğitimi, solunum, kalp atım hızı ve kan basıncı gibi fizyolojik fonksiyonları ölçer. Bu biofeedback yöntemi, bireylere, kalp atım hızı ve solunum kalıpları arasında tutarlılığı sağlamak için bu fonksiyonları diyaframatik solunum teknikleriyle nasıl düzenleyebileceklerini öğretir. BVP, bireylerin HRV'lerini artıran veya azaltan faktörlerin farkında olmasını sağlamak için her kalp atımında kan hacmindeki değişikliği ölçer (Peper vd., 2007).

### **2.2.4. Elektroensefalografi (EEG) ya da beyin çizgesi yöntemi**

Bu yöntem, beyin dalgaları aktivitesinin elektriksel yöntemle izlenmesini sağlayan yöntemdir. Elektroensefalograf ile elde edilen kayıt da elektroensefalogram (EEG) diye adlandırılır. Elektroensefalografi ye halk arasındaki yaygın deyimle "beyin elektrosu çekme" de denilmektedir (http-2). Elektroensefalografi (EEG) biyolojik geri besleme yöntemidir ve aynı zamanda beyin dalgası geri besleme veya neurofeedback olarak da



adlandırılır. Neurofeedback (NFB), beyin dalgası aktivitesi hakkında bilgi sağlar. Neurofeedback eğitiminin amacı, bir kişinin beyin dalgası düzenlerini daha optimal bir haline getirmek ve bu dalgaları bilişsel durumunu yansıtacak şekilde değiştirmektir (Chomos ve Saskatchan, 2014).

### **2.3. Neurofeedback nedir?**

Neurofeedback, biogeribildirim yöntemlerinin EEG kullanılan şeklidir. Kişilerin çeşitli parametrelerde değişen durumların elektroensefalografi yöntemi ile ortaya konulması yöntemidir. Biyofeedback ve biyofeedback eğitimi kavramlarında olduğu gibi neurofeedback ve neurofeedback eğitimi yöntemleri de farklılık göstermektedir. Neurofeedback yöntemi ile kişi kendi beyninde neler olup bittiğini çeşitli sınırlılıklarla görebilir. Neurofeedback eğitimi teknikleri ile de bunları düzenleyebilme becerisi kazanabilmektedir.

Nörobiyofeedback olarak da adlandırılan Neurofeedback, beyin fonksiyonunun kendi kendini düzenlemesini öğretme girişiminde beyin aktivitesinin en yaygın elektroensefalografisinin (EEG) gerçek zamanlı görüntülerini kullanan bir tür biofeedback biçimidir (http-3). Birkaç tanımda neurofeedback kavramını inceleyecek olursak; Nörofeedback, beyin sinyallerinin kendini düzenlemesi ve kendini düzenleme kontrolünü öğrenebilmesi için kişiye geri bildirim vermenin bir sonucu olarak birçok beyin sinyalini iyileştirmek için kullanılan davranışsal bir eğitim şeklidir (Bahadır, 2020).

Elektroensefalografik (EEG) biofeedback olarak da bilinen neurofeedback bazı araştırmacılar tarafından bireyin beynin nörofizyolojik dinamiklerinin genliğini, sıklığını veya tutarlılığını değiştirme yeteneğini destekleyen bir edimsel koşullama prosedürü olarak tanımlanır (Egner ve Gruzelier, 2004). Neurofeedback beyin fonksiyonunun kendi kendini düzenlemesini öğretmek için geri bildirim olarak kullanılacak bir sinyal üretmek üzere beyin dalgalarını ölçen bir tür biofeedback biçimi olarak da tanımlanmıştır (Gupta vd., 2020). Bu tanımlara ek olarak neurofeedback tekniklerinin çeşitli kaynaklarda kısaca “beyin egzersiz” şeklinde tanımlandığı da görülmektedir (Kurşunet, 2019).

Neurofeedback, yani EEG biofeedback; bireyin, beyninin elektriksel aktivitesini (frekans, genlik veya senkronizasyon) nasıl etkileyeceğini öğrendiği, belirli bir işlemsel koşullandırma paradigmasını ifade eder (Bahadır, 2020).

#### **2.4. Nörofeedback Nasıl Elde Edilir?**

Nörofeedback uygulamasının uygulanış yöntemine geniş bir perspektiften bakacak olursak, genel olarak literatür aynı uygulanış biçimini göstermektedir. Tipik olarak, sensörler elektriksel aktiviteyi ölçmek için kafa derisine yerleştirilir ve ölçümler video ekranları veya ses kullanılarak görüntülenir (http-2). Elektrotlar baş ve kulaklar üzerinde çeşitli bölgelere bağlanır. Bu elektrotlar bilgisayara dalgalar gönderir. Beynin elektriksel aktivitesi basitçe bilgisayara aktarılır, böylelikle beyne elektrik akımı gelmez. Bilgisayar dalgaları, görüntüleri ve sinyalleri işledikten sonra onları terapist veya hasta/danışan için hazır hale getirir (Bahadır, 2020).

#### **2.5. Biofeedback Neurofeedback Farkı**

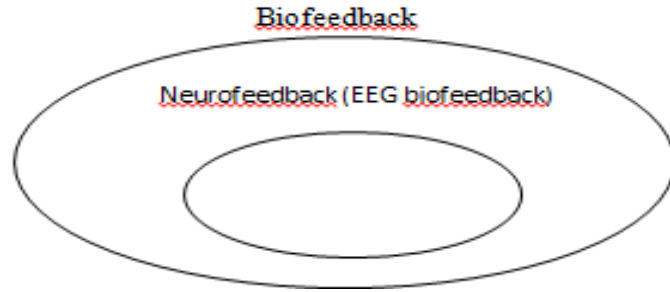
Biofeedback ve neurofeedback, bu kavramları bilmeyen ve ilk öğrenmek isteyenler için oldukça karıştırılan iki kavramdır.

Biofeedback, bireyin sağlığı ve performansını iyileştirmek için fizyolojik tepkimelerinin nasıl değiştirileceğini öğrenmesini sağlayan bir tekniktir (Gilbert ve Moss, 2003; Moss, 2004). Biofeedback bireyde, fizyolojik süreçler hakkında bilgi edinip, bu süreçlerin farkındalığını artırarak beden ve zihin üzerinde istemli kontrol sahibi olma durumunu sağlar. Biofeedback aletleri kas aktivitesini, cilt sıcaklığını, ter bezi aktivitesi, solunum, kalp atım hızı, kalp atım hızı değişkenliğini, kan basıncını, beyin elektriksel aktivitesini ve kan akışını ölçmektedir. Araştırmalar, biofeedback'in tek başına ve diğer davranışsal terapilerle kombinasyon halinde baş ağrısından hipertansiyona, temporomandibulardan dikkat bozukluklarına kadar çeşitli tıbbi ve psikolojik rahatsızlıkların tedavisinde etkili olduğunu göstermektedir. Biofeedback doktorlar, hemşireler, psikologlar, danışmanlar, fizyoterapistler, mesleki terapistler ve benzer meslek grupları tarafından kullanılmaktadır. Biofeedback terapileri bireye kişisel sağlık ve üst düzey zihin-vücut sağlığının korunmasında daha aktif bir rol almayı öğretir (Yucha ve Montgomery, 2008).

Neurofeedback ise biofeedback içerisinde bulunan, insanların beyindeki elektrofizyolojik süreçler üzerinde kontrol sahibi olmalarını mümkün kılan bir uzmanlık alanıdır (Demos, 2005; Evans ve Abarbanel, 1999; La Vaque, 2003). Neurofeedback' de beyindeki akımın görüntülenmesi için elektroensefalogramdan (EEG) gelen bilgiler kullanılmaktadır. Birçok nörolojik ve tıbbi bozukluğa anormal kortikal aktivite paternleri eşlik etmektedir (Hammond, 2003). Neurofeedback, bu anormal paternleri tanımlamak

için bir temel EEG ve bazen de çok bölgeli kantitatif EEG (QEEG) kullanmaktadır (La Vaque, 2003). Neurofeedback uygulamaları, dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu (DEHB), öğrenme güçlükleri, nöbetler, depresyon, edinilmiş beyin yaralanmaları, madde bağımlılığı ve anksiyete bozuklukları gibi birçok alanda hızla büyümektedir (Moss, 2002).

Yukarıdaki bilgilerden anlaşılacağı üzere biofeedback kavramı ile neurofeedback kavramı arasındaki fark aslında temel bir ilişkiyi göstermektedir. Neurofeedback, biofeedback' in bir alt dalıdır. EEG biofeedback' in terapötik uygulaması genellikle "Neurofeedback (NFB)" olarak adlandırılır (Lubar, 1997; Vernon ve diğerleri, 2003). Matematiksel bir tabir ile biofeedback neurofeedback'i kapsamaktadır (Kurşunet, 2019).



**Şekil 2.1.** Biofeedback ile neurofeedback ilişkisi (Kurşunet, 2019).

Nörobilimin tarihi incelendiğinde beyin araştırmalarının temelini, beynin yapısını keşfetmeye yönelik fizyolojik deneylerin oluşturduğu görülmektedir. Bu fizyolojik deneyler ile beyin parçalarına ayrılmış ve beynin fonksiyon ve davranışları belirlenmiştir. Elde edilen bu bilgiler; gözlemler, hayvan otopsi ve ameliyatları ve beynin ayrıntılı anatomik çizimlerinin yapılmasını sağlamıştır (Keleş, 2007).

Neurofeedback' in bilimsel olarak ilk keşif süreci 3 temel çalışmaya dayandırılmaktadır. Bunlar, Hans Berger tarafından EEG'nin keşfi, Ivan Pavlov tarafından ortaya konulan "klasik koşullanma" kavramının geliştirilmesi ve B.F Skinner'ın edimsel koşullanma çalışmasının kurulmasıdır. 20 yılı aşkın süre kararlı çalışmalar sonucunda Hans Berger, psikoloji ve nöroloji kliniklerinde elektronik cihazların ilkel olmasına rağmen küçük bir EEG sinyaline rastlamıştır (Othmer ve Othmer, 2016). Bu sinyal doğrultusunda; 1924 yılında EEG kayıtlarının ilk olarak bir çift elektrot yardımı ile kayıt altına alınması yoluyla EEG cihazının araştırmalarda kullanılmasının temelleri atılmıştır. Bu çalışma, 1932 yılında G. Dietsch tarafından geliştirilmiş olup Hans Berger tarafından da gerçekleştirilmiştir. İleri zamanlarda QEEG

olarak adlandırılmış olan ilk dalga analiz yönetiminin uygulanmasında öncü olmuşlardır (Kurşunet, 2019). EEG'nin kullanım alanları araştırıldığı dönemde Berger, epilepside EEG fenomenolojisini gözlemlemesine rağmen, EEG'nin tıbbi kullanıma henüz hazır olmaması nedeniyle uzun bir süre EEG'nin nörolojideki faydası sınırlı olup, EEG'nin tam olarak kullanılması hem ölçüm hem de analiz için yeni araçların kullanılabilirliğini beklemek zorunda kalmıştır (Othmer ve Othmer, 2016).

Tarihsel olarak, ilk biofeedback yaklaşımları klinik tıbbi uygulamalarla sınırlı kalmıştır. 1960'larda ve 1970'lerde deneklerin; zihin ve beyin entegrasyonunu, beyin dalgaları tek motorlu birimler ve periferik cilt sıcaklığı ile kontrol etmeyi ya da düzenlemeyi öğrenebildikleri gösterilmiştir (Basmajian, 1972; Blumenstein ve Orbach, 2014). Bu çalışmalar doğrultusunda neurofeedback kavramına ilgi artmış ve çeşitli alanlarda bu bilgiler çalışılmaya değer bulunmuştur. Ancak; o yıllarda BFB ekipmanının yüksek maliyeti ve BFB ile ilişki geliştirilen teknolojinin henüz yeni olması, bu yöntemin daha geniş kullanımının önündeki en büyük engel olarak gösterilmektedir (Blumenstein ve Orbach, 2014).

EEG kullanılan BFB çalışmalarının sayısı yıllar geçtikçe artmıştır. Serman ve Friar 1972 yılında deneyler yaptıkları laboratuvarlarında bir çalışanın; geceleri nöbet geçirdiğini söylemesi ve çalışmalar için gönüllü olduğunu ifade etmesi üzerine 4 ay boyunca toplam 34 seans çalışmalarının ardından ölçümleri sonucu nöbetlerde ciddi azalmalar sağlamıştır (Othmer ve Othmer, 2016). Tennessee Üniversitesi'nde bir psikoloji profesörü olan Joel Lubar Dikkat Eksikliği ve Hiperaktivite Bozukluğu (DEHB) olarak adlandırılan alan ile ilgili çalışmaları doğrultusunda; nöbet kontrol eğitimi alan bir çocuğun hiperaktivitesindeki azalmayı görmesi EEG biofeedback kullanım alanlarının çeşitliliğine bir yenisini daha eklemiştir (Lubar ve Bahler, 1976). Yine Lubar ve Lubar 1984 yılında 6 erkek deneğin öğrenme güçlükleri konusunda yaptıkları çalışmalar sonrasında akademik performanslarında iyileşme sağlamaları da önemli bulgulardandır. Alkol bağımlılığı ve anksiyete konuları da bu çalışmalara eklenmiştir (Hardt ve Kamiya, 1978; Othmer ve Othmer, 2016). Joe Kamiya'nın çalışmaları, alfa dalga gücünün (amplitüd) kişilerin kendi kontrolleri ve istekleri doğrultusunda kontrol edilebileceği ve bu durumun anksiyete bozukluğu hastalıklarının tedavisinde kullanılabileceği ortaya konulmuştur. Bu çalışma nöroterapi alanında oldukça ses getirmiştir. Farklı çalışmaların ortaya çıkmasına ve alanyazının çeşitlendirilmesinde önemli katkıları (Kurşunet, 2019). Bununla birlikte, migrenlerden uykusuzluğa, ağrı sendromlarından, çeşitli klinik

durumların yanı sıra bilişsel işlevler konusunda da birçok çalışmalara rastlanmıştır (Othmer ve Othmer, 2016).

Psikofizyoloji “zihinsel ve davranışsal faaliyetler ile bedensel olaylar arasındaki ilişkinin bilimsel bir çalışması” olarak tanımlanmaktadır (Blumenstein ve Orbach, 2014). Bu nedenle, Biofeedback müdahalelerinin Green, Green ve Walters, (2003) tarafından sunulan psikofizyolojik prensibe dayanan atletik hazırlıkla ilişkisi anlaşılabilir. Bu ilke, fizyolojik durumdaki her değişikliğe, zihinsel ve duygusal durumlarda paralel bir değişikliğin eşlik ettiğini ve aynı zamanda, zihinsel ve duygusal durumlardaki -bilinçli veya bilinçsiz- her değişime, fizyolojik durumdaki değişikliğin eşlik ettiğini belirtmektedir. Bu nedenle, genel olarak, biofeedback uygulaması; spor ve egzersizde psikofizyoloji uygulaması olarak sunulabileceği söylenmiştir (Blumenstein ve Orbach, 2014).

1980'lerde sporcuların öz düzenlemeleri için bu teknolojinin değerinin kabulü nedeniyle BFB kullanılarak daha fazla çalışma yapılmıştır (Hatfield ve Landers, 1987). Bu ilk dönemde BFB çalışmaları, genellikle EMG, EEG ve GSR geribildirim kullanılarak; azalmış durumluk kaygı, kas gerginliği ve atletik performansın iyileştirilmesine odaklanmıştır (French, 1978; Weinberg ve Hunt, 1976). Bununla birlikte, BFB eğitimini kullanan çok sayıda çalışma, iyileştirilmiş performansın otomatik olarak azalmış kas gerginliği ile ilişkili olmadığını göstermiştir (Zaichkowsky ve Fuchs, 1988).

Tarihte daha da ileri gidildiğinde, araştırmalar BFB eğitimini gevşeme, kendi kendine konuşma ve nefes alma gibi diğer psikolojik teknikler ve stratejilerle birleştirmeye odaklanmıştır. Bir müdahale paketinin parçası olarak BFB eğitiminin atletik performans geliştirme üzerinde artırıcı bir etkisi olduğu bulunmuştur (Beauchamp, Harvey ve Beauchamp, 2012; Blumenstein, Bar-Eli ve Tenenbaum, 1995; Crews ve Landers, 1993; Petruzzello, Landers ve Salazar, 1991).

Doksanlı yılların başlarına kadar tüm temel nörofeedback protokolleri fizyolojik modellere dayandırılmıştır. Özellikle 1980'li yıllardan sonra dünyaya yayılan nöroterapi tekniklerinin uygulanması ile bu teknikler çeşitli alt uygulamalara evrilmiştir. Doksanlı yılların başlarında ise özel bir klinikte 19 kanallı dijital bir EEG üretilmesi ile çeşitli normları karşılaştırmak için tüm bu uygulamalar pratik ve uygun fiyatlı hale gelmiştir (Othmer ve Othmer, 2016). Günümüzde, birçok firma nöral aktiviteyi ölçen cihazları üretmektedir. Teknolojik ilerlemeler ile QEEG yaklaşımları günden güne ileri bir boyut

kazanmakta ve akademik yayınlar, kongreler ve sempozyumlarda bu çalışmalara daha sık rastlanmaktadır (Kurşunet, 2019).

## 2.6. Beyin Görüntüleme Teknikleri

Günümüzde kullanılan beyin görüntüleme teknikleri; yapısal, işlevsel ve metabolik olmak üzere üç ana başlık altında sınıflandırılabilir. Birçok yayında işlevsel ve metabolik görüntüleme yöntemleri bir arada ele alınabilmektedir. Ancak Ceylan (2012'den akt. Keleş ve Kol, 2015)'a göre metabolik yöntemdeki hızlı gelişmeler ve bu yöntemle psikiyatride elde edilen sonuçların önemi, metabolik yöntemin ayrı bir grupta sınıflandırılmasının uygun olacağını göstermektedir.

Keleş ve Kol (2015) beyin görüntüleme tekniklerini Şekil 2'deki gibi göstermiştir.



Şekil 2.2. Beyin görüntüleme teknikleri (Keleş ve Kol, 2015).

### 2.7.1. Yapısal beyin görüntüleme teknikleri

Yapısal beyin görüntüleme tekniklerinin geliştirilmesi yaklaşık kırk yıl öncesine dayanmaktadır. Bu beyin görüntüleme teknikleri daha çok kişide bulunan hastalığı tespit etmek amacıyla kullanılır, ancak beyindeki kısa süreli değişimler hakkında yeterli bilgiyi sağlayamamaktadırlar. Yapısal beyin görüntüleme, bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans görüntüleme tekniği olmak üzere iki teknikle gerçekleştirilmektedir (Güney ve Çepik Kuruoğlu, 2007).

### **2.7.1.1. Bilgisayarlı tomografi**

Bilgisayarlı tomografi yüksek uzaysal çözünürlüğü, kesitsel görüntüleme kapasitesi ve bütün organ ve sistemleri kapsayan tanısal gücü ile radyolojik görüntülemenin en temel araçlarından biridir. Her tür acil hastalık tanısı ile iç organların hastalıklarında ayırıcı tanı, tedavi planlama, kontrol, izlem ve tarama amacıyla kullanılır. Bilgisayarlı tomografinin bir başka kullanım alanı da girişimsel radyoloji işlemlerinde rehber görüntüleme aracı olarak kullanılmasıdır. Bir radyolojik inceleme olarak bilgisayarlı tomografi, inceleme gerekliliğinin belirlenmesi, incelemenin nasıl yapılacağı, değerlendirilmesi, doküman elde edilmesi, raporlandırılması ve arşivlenmesi süreçleri ile bir bütün olarak değerlendirilmelidir (http-11). Beyinde kullanıldığı alanları özetleyecek olursak;

Birincil endikasyonlar:

- Kontrastsız beyin için bilgisayarlı tomografi (BT): Akut kafa travması, akut intrakranyal kanama veya serebrovasküler hastalık kuşkusu, intrakranyal kalsifikasyon değerlendirmesi, tümör veya hemorajik lezyonlara yönelik yapılan operasyon sonrası değerlendirme, hidrosefali kuşkusu, şant operasyonu sonrası veya şant revizyonu öncesi, mental durum değişiklikleri, doğumsal anomaliler.
- Kontrastlı beyin BT: Tedavi edilmiş veya edilmemiş intrakranyal vasküler patolojiler, artmış kafa içi basınç, baş ağrısı, akut nörolojik defisit, intrakranyal infeksiyon veya kitle kuşkusu ve takibi, herniasyon, vaskulit, anevrizma kuşkusu.

İkincil endikasyonlar:

- Manyetik rezonans görüntüleme' nin (MRI) mümkün olmadığı veya kontrendike olduğu veya sorumlu radyoloğun BT incelemesinin de uygun görüntüleme yöntemi olduğunu düşündüğü durumlar. (Diplopi, kranial sinir disfonksiyonu, konvülzyon, apne, senkop, ataksi, nörodejeneratif hastalık kuşkusu, ilaç toksisitesi, kortikal displazi ve migrasyon anomalileri gibi).



**Görsel 2.1.** Bilgisayarlı tomografi cihazı ([http-4](#))

### **2.7.1.2. Manyetik rezonans görüntüleme (MRI)**

Manyetik rezonans, adından anlaşılacağı gibi manyetik titreşim anlamına gelmektedir. Bu cihaz protonların manyetik alan içerisindeki titreşimden yola çıkılarak oluşturulmuştur. Günümüzde tanı amaçlı kullanılmaktadır (Ünal, 2008). Manyetik rezonans görüntüleme, statik ve gradient manyetik sahada dokuya gönderilen radyo dalgalarının uyardığı hücrelerdeki hidrojen atomlarının ürettiği enerjinin, özel arabirimler (koil) sayesinde bilgisayar ortamına aktarılarak görüntüye dönüştürüldüğü, noninvaziv bir görüntüleme yöntemidir. Alınan sinyallerin yoğunluğunun doku tipine göre değişmesi ise görüntülemenin esasını oluşturmaktadır. Manyetik rezonans görüntüleme sırasında en sık hidrojen kullanılmasının nedeni, tek proton içermesi ve insan dokularında en fazla bulunan elementlerden olmasıdır (Işık, 2006). Bilgisayar tomografisi gibi radyasyon içermemesi ve bilinen bir zararı olmaması nedeniyle bilgisayar tomografisine oranla özellikle çocuklarda ve hamilelerde kullanıma daha uygundur. Ancak şiddetli gürültü varlığı, görüntü sağlanabilmesi için bu işlem sırasında tam hareketsizliğin gerekmesi ve dar tubuler bir alana girme zorunluluğu özellikle 8 yaş altı çocuklarda ve hareketsiz kalamayan, zihinsel engelli ya da kapalı alan korkusu olan erişkinlerde sedasyon veya genel anestezi uygulamasını gerekli kılmaktadır (Işık, 2006).





**Görsel 2.2.** Manyetik rezonans görüntüleme (MRI) cihazı (<http-5>)

### **2.7.1.3. İşlevsel beyin görüntüleme teknikleri**

Dikkat, bellek ve dil gibi beyindeki karşılıkları fazlasıyla karmaşık yapıya sahip olan bilişsel işlevlerin yapısal görüntüleme teknikleri ile tespit edilmesi mümkün değildir. Çünkü yapısal görüntüleme yöntemleri insan beynindeki kısa süreli fizyolojik değişimler hakkında bilgi verememektedir. Normal insan beyнинin bilişsel işlevler gibi davranışlar esnasındaki çalışma biçimini gözlemleyebilmek adına işlevsel beyin görüntüleme yöntemine ihtiyaç duyulmaktadır. Morris ve Fillenz (2003)'e göre medikal fizikçilerin yakın tarihte işlevsel görüntüleme tekniklerinde oluşan gelişmeler özel bir önem kazanmıştır. Çünkü bu gelişmeler sayesinde bu teknikler; kafatasının içerisinde neler olup bittiğini aydınlatmış olup, bir şeyler öğrenirken, düşünürken, hatta rüya görürken bile beynimizde neler olduğu konusunu inceleme imkânı sunmaktadır (Keleş ve Kol, 2015).

İşlevsel beyin görüntüleme teknikleri olarak; Pozitron Emisyon Tomografi, Tek Foton Emisyon Bilgisayarlı Tomografi, İşlevsel Manyetik Rezonans Görüntüleme, Magnetensefalografi, Transkraniyal Manyetik Stimulasyon ve Elektroensefalografi kullanılmaktadır. Bunları inceleyecek olursak;

### **2.7.1.4. Pozitron emisyon tomografi (PET)**

Geliştirilen ilk işlevsel teknik olan Pozitron Emisyon Tomografisi 511 kilo elektrovolt (keV) enerjili anihilasyon fotonlarının deteksiyonu prensibine dayanan modern bir nükleer tıp görüntüleme tekniğidir. PET diğer görüntüleme sistemlerine göre klinisyenlere sayısız avantajlar sunar. Bu teknikte vücuttaki biyolojik bir fonksiyonun moleküler görüntülemesi yapılmaktadır. Bu nedenle PET görüntülerinin sensitivitesi diğer görüntüleme tekniklerinden daha yüksektir. Görüntüleme amaçlı kullanılan radyofarmasötiklerin hedef organda maksimum düzeyde, diğer organlarda minimum

düzeide tutulması beklenir (Demir, 2015). PET yöntemi yaygın olarak; Alzheimer hastalığının tanısında, ilişki bozukluklarında (Huy, Karakter vb.) ve diğere demans (düşünce bozukluğu, bunama, unutma) tiplerinin ayırıcı tanısında, ayrıca cerrahi tedavi gerektiren medikal tedaviye dirençli epileptik (epilepsi, sara hastası) durumların değeriendirilmesinde kullanılmaktadır (Ollinger ve Fessler, 1997).



Görsel 2.3. Pozitron emisyon tomografi cihazı (<http-6>)

#### ***2.7.1.5. Tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi -single-photon emission computed tomography (SPECT)***

Bilgisayarlı tomografi cihazlarına benzemektedir. Vücuttaki radyoaktif madde dağılımının gama kamerası aracılığıyla görüntüler elde edilmesi tekniğine dayanır. Gama kamera tarafından taranan iki boyutlu görüntüleri üç boyutlu tomografik görüntü şekline dönüştürebilmektedir. SPECT'in özelliğı tek foton ışınımı yapan bilgisayarlı tomografi olmasıdır. Radyoaktif madde enjeksiyonu kullanılarak beyin aktivasyonu dolaylı yoldan ölçülebilmektedir (Mısırlıoğlu ve Yılmaz Yardımcı, 2012). Ayrıca Kısa süreli etkin bir görüntüleme sağlamaktadır. Ayrıca SPECT görüntülerinde üç düzlemde (sagittal, koronal, axial) gözlenmesi sebebiyle görüntü kalitesi artmaktadır (Dimmock, 2013; Şahutoğlu, 2017).



**Görsel 2.4.** Tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi (SPECT) cihazı (Dimmocki 2013).

### **2.7.1.6. İşlevsel (fonksiyonel) manyetik rezonans görüntüleme (fMRI)**

Yapısal manyetik rezonanstaki farklı olarak fMRI anatomik bilgiden daha fazlasını sunabilmektedir. Fonksiyonel bilginin elde edilmesini sağlar. Yani belirli bir zaman içinde oluşan beyin aktivasyonunu ölçebilmektedir. Fonksiyonel MRI nöronal aktiviteye eşlik eden artmış lokal kan akımının görüntülenmesi ile meydana gelir. Bu kan akımlarından oluşan sinyaller görüntülere dönüştürülür. Kısacası fMRI ile nöronal aktivitenin yanı sıra bu aktivitenin oluşturduğu fizyolojik değişiklikler de gözlemlenebilmektedir (Mısırlıoğlu ve Yılmaz Yardımcı, 2012).

fMRI, PET ve SPECT' den farklıdır. Bu cihazlarda olduğu gibi yayılım tomografisi değildir ve radyoaktif maddeye ihtiyacı yoktur. fMRI'da iyonize radyasyona gerek duyulmadan görüntüler elde edilir. Sinyalin kaynağı insan vücududur. Ayrıca diğer ölçüm yöntemlerine kıyasla daha ekonomik bir tekniktir (Wang, 2016).



**Görsel 2.5.** İşlevsel (fonksiyonel) manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) cihazı (Wang, 2016).

### **2.7.1.7. Magnetoensefalografi (MEG)**

Fonksiyonel bir nörogörüntüleme tekniğidir. Beyin aktivitesini haritalamak için kullanılır. Hassas manyetometreler kullanarak beyinde doğal yollarla oluşan elektrik akımlarının ürettiği manyetik alanları kaydederek haritalama işlemini gerçekleştirir (http-7). Beyin aktivitesinin milisaniyeler içerisinde görüntülenmesini mümkün kılar. fMRI tekniği kan akımına bağlı dolaylı bir ölçüm sunarken MEG doğrudan nöron aktivitesinden veriler alınmasına olanak sağlar. En önemli özelliklerinden birisi de hareketlere karşı duyarsızlığıdır. Bu da çocuklarda rahatlıkla kullanılabilmesini sağlar. Ayrıca radyoaktif bir etkileşim gerektirmediğinden ölçüm sırasında bilinen bir zarar oluşturmaz (Türkkol, 2018).



**Görsel 2.6.** Magnetoensefalografi (MEG) cihazı (http-7)

### **2.7.1.8. Transkraniyal manyetik stimülasyon (TMS)**

Uyarıcı bir bobin saçlı deriye yakın tutularak güçlü bir manyetik alan oluşturulur. Bu manyetik alanın serebral kortekste geçici ve küçük bir elektrik akım meydana getirmesi amaçlanan invaziv olmayan bir tekniktir. Oluşan bu elektrik akım ile beynin farklı bölgelerinin uyarılmasını sağlar (Zengin, 2020).

TMS elektrik ile uyardığı beyin bölgelerindeki nörofizyolojik değişimlerin gözlemlenmesini sağlar. Yani uyarılan beyin bölgesinin ne gibi davranış değişikliklere yol açtığı sorusuna cevap verebilir. Ayrıca şizofreni, depresyon, OKB, epilepsi gibi psikolojik ve nörolojik hastalıkların tedavisinde de kullanılan bir yöntemdir (Alpay vd., 2005).



Görsel 2.7. Transkraniyal manyetik stimülasyon (TMS) cihazı (<http-8>)

### 2.7.2. Metabolik beyin görüntüleme teknikleri

Birçok kaynakta metabolik ve işlevsel beyin görüntüleme teknikleri ayrılmadan incelenmektedir. Keleş ve Kol, (2015) bu görüntüleme tekniklerini ayrı başlıklar altında ele almaktadır. İşlevsel görüntüleme tekniklerinde bilişsel işlevlerin davranışlar esnasındaki çalışma biçimlerini verirken metabolik beyin görüntüleme teknikleri beyindeki ilgili dokuda meydana gelen metabolik faaliyetler hakkında bilgi vermeyi hedefleyen bir yöntemdir.

#### 2.7.2.2. Manyetik rezonans spektroskopisi (MRS)

Manyetik rezonans spektroskopisi (MRS), ilgilenilen bir doku hakkında metabolik bilgi sağlayan ve manyetik rezonans görüntüleme ile elde edilen anatomik bilgileri tamamlayan invaziv olmayan bir tekniktir (Cianfoni ve diğerleri, 2011).

Öncelikli kullanım amacı santral sinir sisteminin incelenmesidir ve bazı bozuklukların tanısında kullanılmaktadır (Horoz Donmez ve Gelal, 2020). Normal MR cihazı ile görüntülenmektedir. Ancak MRS' de çekim teknikleri farklıdır.

### 2.8. Beyin Frekansları

Tüm düşüncelerimizin, duygularımızın ve davranışlarımızın temelinde beynimizdeki nöronlar arasındaki iletişim yatmaktadır. Beyin dalgaları, birbirleriyle iletişim kuran nöron kütlelerinden senkronize elektrik darbeleri ile üretilir (<http-9>). İnsanın sinir sistemi, yaklaşık 10 milyar sinir hücresi içerir. Bunların çoğu beyinde, geri kalanı omurgada ve bedenin öbür kesimlerinde, ilgili sinirlerde yer alır. Her beyin hücresi 5.000-50.000 sinir hücresiyle bağlantılıdır. Sinir akıları sinir lifleri boyunca taşınır ve beyinde elektrik dalgalarına yol açar. Bu elektrik dalgaları

kafa derisinde ölçülebilir (http-2). Beyin dalgaları kafa derisine yerleştirilen sensörler kullanılarak tespit edilir. İşlevlerini tanımlamak için bant genişliklerine ayrılırlar. Beyin dalgaları çeşitli frekanslarda ortaya çıkar. Bu dalgaların bazıları hızlı, bazıları oldukça yavaş dalga olarak karşımıza çıkmaktadır (Hammond, 2011). Beyin dalgalarını nota olarak düşünmek kullanışlı bir benzetmedir. Örnek olarak düşük frekanslı dalgalar derinlemesine nüfuz eden bir davul vuruşu gibidir, yüksek frekanslı beyin dalgaları daha ince bir tiz flüt gibidir. Bir senfoni gibi, daha yüksek ve daha düşük frekanslar harmonikler aracılığıyla birbirine bağlanır ve saniyede döngü veya hertz (Hz) olarak ölçülürler. Beyin dalgalarımız yaptığımız ve hissettiğimiz şeye göre değişmektedir. Yavaş beyin dalgaları baskın olduğunda yorgun, yavaş, halsiz veya rüya gibi hissedilenebilirken, gergin ve endişeli veya aşırı uyanık hissedildiğinde yüksek frekansların baskın olduğu söylenebilmektedir (http-9).

## **2.9. Beyin frekanslarının karakterizasyonu ve yorumu**

Beyin dalgalarının izlenmesi ve yorumlanması, bilişsel kapasitenin termal ortamdan nasıl etkilendiğini açıklığa kavuşturabilir (Tiago-Costa vd., 2016). Beyin dalgalarının sayısı birçok kaynağa göre değişiklik gösterebilmektedir. Bazı kaynaklara göre temel beyin dalgaları 4 adettir (alfa, beta, delta ve teta) (Tiago-Costa vd., 2016). Bazı kaynaklara göre ise alfa, beta, teta, delta ve gamma olmak üzere 5 adet beyin dalgası vardır (http-10). EEG-NFB tedavi protokolleri; alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), alfa/teta ( $\alpha/\theta$ ), delta ( $\delta$ ), gama ( $\gamma$ ), teta ( $\theta$ ) ve yüksek frekansa karşı düşük frekans eğitimi olmak üzere başlıca yedi temel gruba ayrılmaktadır (Bahadır, 2020; Pop-Jordanova ve Demerdzieva, 2010). Kurşunet (2019)'e göre bu dalgalar alfa, delta, teta, gamma, düşük beta, orta beta ve yüksek beta olmak üzere 7 adettir. Bir başka kaynağa göre ise alfa, beta, delta, teta, gamma, SMR (sensöri motor ritim), yüksek beta ve orta beta olmak üzere 8 adet olarak sınıflandırılmıştır (http-2). Bu değişkenliğin sebebi, teknolojideki ilerlemelerin ölçüm cihazlarını daha hassas ve çok yönlü hale getirmesi olarak düşünülebilir. Beyin dalgalarının frekans değişkenine göre karakterizasyonu, Hz birimi ile tablo 1'de sıralanmıştır (http-2).

**Tablo 2.1.** *Beyin dalgalarının frekans değişkenine göre karakterizasyonu (http-2).*

<b>Tür</b>	<b>Frenkans (Hz)</b>
Delta	0,5-3,5 Hz
Teta	4–7 Hz
Alfa	8–12 Hz
SMR	12–15 Hz
Beta	12–38 Hz
Beta (Orta)	15–21 Hz
Beta (Yüksek)	21–38 Hz
Gamma	34-100+ Hz

Farklı beyin dalgaları / aktivitelerinin anlamları incelenecek olursa:

### **2.9.1. Delta frekansı**

Delta protokol. Delta dalgaları en yavaş beyin dalgalarıdır ve uykunun 3. ve 4. evreleri ile ilişkilidir. (Surmeli vd., 2012). “Yavaş dalga” olarak adlandırılan delta aktivitesi 0,5 Hz ile 3,5 Hz frekansları aralığındadır. Bu aktivite uykuya geçiş evresinde ve uyku süresince kaydedilir (Lal ve Craig, 2001). Diğer dalgalar ile karşılaştırıldığında dalga boyu daha büyüktür ve bu dalganın seyri daha uzundur. Trans hali olarak da bilinir. Genellikle bilinçsiz aklın bir göstergesidir (Kurşunet, 2019). Delta dalgası derin meditasyon ya da düşsüz derin uyku hali olarak bazı çalışmalarda ifade edilmektedir (Molae-Ardekani vd., 2007). Çok derin uykunun yanı sıra, çocuklukta ve ciddi organik beyin hastalıklarında ortaya çıkar (Önsü, 2005). Delta dalgalarının, ağrıda azalma, uyku durumu ve konforda artışı göstermesi sebebiyle delta eğitimi, travmatik beyin yaralanmaları, öğrenme bozuklukları ve baş ağrılarının ortadan kaldırılmasında kullanılır. Buna ek olarak endişe ve kaygının azalması ile uykunun düzenlenmesinde kullanılmaktadır (Vernon, 2005). Ayrıca, bu dalga türü umursamaz derecesindeki rahatlığı, dikkatsizliği ve hareketsizliği işaret eder (Kurşunet, 2019).

### **2.9.2. Teta frekansı**

Teta Frekansı, 4 Hz ile 7 Hz arasında oluşan bir beyin dalgasıdır (Tiago-Costa vd., 2016). Teta aktivitesi oldukça yavaş bir aktivitedir. ‘Hayal dalgası’ olarak da adlandırılabilir (Kayalar Kurşunet ve Sazak, 2018). Meditasyon yaparken, dua ederken, duygulu anlar yaşarken ve hayal kurarken rastlanmaktadır. Teta dalgasının ortaya

çıkması, uyku ile uyanıklık arasını gösterir (Kurşunet, 2019).

Bunlara ek olarak teta dalgaları hipnoz, hafıza, yaratıcılık gibi bir dizi beyin aktivitesi ile de ilişkili olduğu gibi uykusu hafif olan insanların kolayca uykudan uyandıkları uykunun ilk evresi ile de ilişkilidir (Bahadır, 2020). Kısacası teta dalgası düşük uyanıklık seviyeleri içeren farklı psikolojik durumlarla ilişkilidir ve sonuç olarak bilgiyi işleme kapasitesindeki azalma ile (Tiago-Costa vd., 2016).

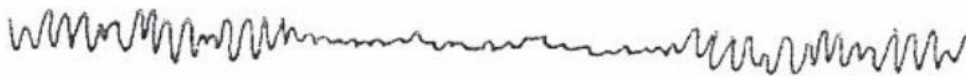
Genel olarak 13 yaşına kadar olan çocuklarda bu beyin dalgalarına rastlanması normaldir (Kayalar Kurşunet ve Sazak, 2018). Çocuklarda görülen teta dalgaları davranış bozukluklarını ve gerginliği gösterir (Kurşunet, 2019). Özellikle çocukların paryetal ve temporal bölgelerinde gözlemlenir. Bazı yetişkinlerde de düş kırıklığı gibi duygusal stresler sırasında ortaya çıkabilmektedir. Theta dalgaları genellikle beynin dejeneratif durumlarında görülmesinin yanısıra birçok beyin hastalıklarında da oluşur (Önsü, 2005). Aynı zamanda teta dalgalarının görülmesi yaratıcılığın da bir işaretidir (Kurşunet, 2019).

### 2.9.3. Alfa frekansı

Alfa dalgaları 8-12 Hz aralığındadır ve ilk olarak Hans Berger tarafından gözlemlenmiştir (http-9). Berger, sabit dalgaların 8-12 Hz frekans aralığında kendini gösterdiğini fakat gözlerin açılmasıyla kaybolduğunu da eklemiştir (Ülker ve Tabakcioğlu, 2018). Bu dalgaların en güçlü olarak oksipital bölgede ölçülmesinin yanısıra frontal ve paryetal bölgelerde de görüntülenebilirler. Gerilimlerinin çoğunlukla 50 mikrovolt civarında olduğu bilinen alfa dalgaları derin uyku sırasında ortadan kalkar. Kişi uyanık durumdayken dikkati özel tipte olan bir zihinsel etkinliğe yönelttiği zaman, şiddeti düşük, yüksek frekanslı ve asenkron *beta* dalgaları, alfa dalgalarının yerini alır. Gözlerin parlak ışıkta açılıp sonrasında tekrar kapanması da alfa dalgaları üzerinde etkilidir (Önsü, 2005; Tiago-Costa, Quelhas-Costa ve Santos-Baptista, 2016; Ülker ve Tabakcioğlu, 2018). Bunlara ek olarak gözler kapalı şekilde derin soluk alındığında alfa dalgasının gücünün arttığı bildirilmiştir (Kurşunet, 2019).

Gözler açık

Gözler kapalı



**Şekil 2.3.** Alfa ritminin gözler açıldığında, düşük voltajlı beta ritmi ile yer değiştirmesi (Önsü, 2005).



Öğrenme ve bilgiyi kullanmada önemli olan iyi alfa üretimi, gerçekçiliği, uyanıklığı, dışa dönüklüğü ve mental dinginliği ifade eder. Problem çözmede ve düşünmede alfa dalgaları azalırken, Derin soluk alındığında ve gözlerin kapalı olduğu durumlarda artış gösterir (Kayalar Kurşunet ve Sazak, 2018). Yorgunluk nedeniyle kafa dalgalanmaları meydana geldiğinde ve farkında olmaya çalışırken, Alfa dalga aktivitesi azalır (Lal ve Craig, 2001).

Beyin dalga faaliyetleri stresin az olduğu rahat bir ruh halinde yavaşlayarak 'alfa' ortamına girmektedir. Sakin ve zevkli anlarda da alfa dalgaları hakimdir (Önsü, 2005). Çoğu anormal beyin durumlarında alfa aktivitesi oldukça önemli bir göstergedir. Örneğin; Alfa aktivitesinin kaygı durumlarında, yoğun faaliyet gerektiren koşullarda ve uykusuzluk koşullarındaki anksiyete durumlarında bastırılmış olduğu gözlemlenmiştir (Önsü, 2005).

Kentgen vd., (2000) belirgin depresyon hastalığı olan gençlerle ilgili yaptıkları çalışmada, depresif hastaların alfa aktivitesini saptamıştır. 19 depresif, 11 kaygı (anksiyete) sorunu yaşayan ve altısı da henüz kaygı tanısı konmuş olunan kişilerden ve 10 kişi de kontrol grubu olarak sağlıklı kişilerden seçilmiştir. Sağlıklı kontrol grubuna oranla, depresif kaygı taşıyan genç grup, sol yarı hemisferin arka (posterior) bölgesinden çok daha fazla, sağ tarafta düşük alfa asimetrisi göstermiştir. Depresif grubun ve kaygılı grubun arka asimetrik alanlarda, düşük alfa aktivitesi bulunmaktadır. Bu da bu alanda yapılan çalışmaları destekler niteliktedir (Önsü, 2005).

Alfa eğitimi, genel olarak ağrının ortadan kaldırılması (9 Hz uyarı ile), anksiyete ve stresi azaltma (10-30 Hz uyarı ile), zihinsel performans gelişimi, hafıza gelişimi ve beyin yaralanmalarının tedavisi (10,2 Hz uyarı ile) gibi hastalıkları iyileştirmek için kullanılmaktadır (Marzbani, Marateb ve Mansourian, 2016). Uyku hali, meditasyon, anksiyete azalımı ve stres için uygulanan alfa tedavisinde kullanılan en genel frekans bant aralığı 7-10 Hz'dir. Ayrıca ağrı azalması, solunum hızının düzenlenmesi, kalp hızının azalması ve derin kas gevşemesine neden olan frekans 10 Hz' dir (Dempster, 2012; Vernon, 2005). Alfa eğitiminin kullanıldığı bir diğer alan ise TSSB tedavisi için yapılan çalışmalardır (Askovic vd., 2017; Gapen ve diğerleri, 2016; Kluetsch ve diğerleri, 2014; Ros ve diğerleri, 2016).

Ayrıca uyanık durumda beyaz gürültü ve müzik kombinasyonunun alfa genliğinin artması için gerekli olduğu bildirilmiştir. Kişiye nahoş bir ses dinletildiği zaman dış gıcırdatma, ağız şapırtısı vb. alfa ritminde ciddi bir azalma olduğu görülmüştür (Nishifuji vd., 2010).

#### **2.9.4. SMR frekansları: (düşük beta)**

Düşük beta olarak da adlandırılan sensory motor ritim (SMR) 12 ile 15 Hz arasındaki beyin dalgalarına verilen isimdir. Subjektif duygu durumları olarak odaklanmış ama rahat bir işleyişin göstergesidir. SMR' nin düşük olması dikkat eksikliği, odaklanmış dikkatte eksiklik durumlarına yol açabilir. Vücudu sınırlandırmak hareketle tetiklenen bu SMR dalgasını arttırabilir. SMR dalgasının artmasının odaklanma ve rahatlık sağlamanın yanısıra dikkatin gerekli olduğu yeteneklerin eğitim aracılığıyla düzeltilebildiği belirtilmiştir (Kurşunet, 2019). Ek olarak, epilepsi, anksiyete stres ve öfkeyi azaltmak için 12-15 Hz (SMR: sensorimotor ritim) frekans aralığında olan beta dalgaları kullanılır (Gruzelier, 2009; Vernon, 2005). SMR' yi kullanan yalnızca iki çalışma vardır. Bunlar; TSSB semptomlarının ve çocukluk travması tedavisine dayalı çalışmalardır (Askovic vd., 2017; Pop-Jordanova ve Zorcec, 2004).

SMR, ismini alfa, beta, theta gibi Yunan Alfabeti'nden almamıştır. Dikkat çeken isim farklılığının sebebi incelenecek olursa; Sensory motor rhytm ismi verilmeden önceleri, Dr. Sterman 12 ile 15 Hz arasındaki beyin dalgalarının kendine has özelliklerini belirleyip yeni bir adlandırma yapana kadar bu dalga türünün ‘beta dalgalarının bir parçası’ olarak adlandırılmaktaydı. 1960 yıllarının sonlarında Sterman kedilere bu beyin dalgasını arttırmayı öğretmiş ve bu dalganın beynin bir kulaktan diğer kulağa kadar olan kısmında ‘sensory-motor şeridinde ölçülmüştür. Bu dalgalanmaların duyusal (sensory) ve motorsal (motor) aktiviteyi yansıtması sebebiyle duyusal anlamına gelen ‘Sensory’, motorsal anlamına gelen ‘Motor’ ve ritim anlamına gelen ‘Rhytm’ kelimelerini birleştirerek yeni bir adlandırma yapmıştır (Kayalar Kurşunet ve Sazak, 2018).

### **2.9.5. Beta frekansı**

Beta dalgaları yüksek yayılma hızını gösteren 13 Hz ile 38 Hz arasında bir frekansa sahiptir. Beta dalgasının varlığı uyarılma/uyanma durumu ile ilişkilendirilmektedir. Beta aktivitesi, yüksek reaksiyon süresi gerektiren motor bir görevi yerine getirirken insanlarda ortaya çıkabilir (Tiago-Costa, Quelhas-Costa ve Santos-Baptista, 2016). Beyin, beta salınımını kişinin uyanık ve zinde olduğu zamanlarda gerçekleştirmektedir. Beta dalgalarının genliği çoğunlukla 30µV (mikrovolt)'nin altında olur. Bu dalga somut problemlerin çözülmeye çalışıldığı, mantıklı düşünülen bir beyin dalgasıdır. Dolayısıyla kişinin günlük yaşantısında önemli ölçüde yer kaplar (Ülker ve Tabakcioğlu, 2018). Baş bölgesinde beta sisteminin fazla aktivasyonu ya da gergin hallerde kafatasının paryetal ve frontal alanlarından kaydedilebilen bu dalga türü gözler açıkken analitik problemlerin çözülmesi, yargılama, ses dinleme ve karar verme gibi bilişsel süreçlerde işlevseldir (Kayalar Kurşunet ve Sazak, 2018; Kurşunet, 2019; Önsü, 2005). Heyecanlanma durumunda ve odaklanma anında yine beta dalgasının frekansının yükseldiği belirtilmiştir (Ülker ve Tabakcioğlu, 2018). Ancak beynin sürekli ve yüksek dozda beta dalgaları salınımı yapmasının getirdiği bazı yan etkiler vardır. Bunlar; bağımlılıklar, sinir, davranış bozuklukları, nevroz duygularıdır (Chen vd., 2014).

Beta aktivitesi mental performans için iyi bir belirteçtir. Uygun olmayan beyin aktivitelerinde teşhis için kullanılabilir. Örneğin; uykusuzluk, dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu (DEHB) benzeri mental ve fiziksel bozukluklar. Beta eğitimi bunlara ek olarak; okuma yeteneğinin geliştirilmesi, okul başarılarında ilerleme, hesaplama performansı, endişe/kaygı, aşırı düşünme, obsesif kompulsif bozukluk, alkolizm gibi birçok alanda kullanılabilir (Bahadır, 2020).

### **2.9.6. Orta ranj beta frekansları**

Bir saniye içerisinde ortalama 15 ile 18 defa oluşan yani; 15 ile 18 Hz. arasında olan beyin dalgası türüdür. Başın birçok alanı üzerinde lokalizedir. Kendinin farkında olma, çevre farkındalığı, düşünme gibi subjektif duygu durumlarında ortaya çıkar. Bu dalganın ölçüldüğü bireylerin daha ziyade aktif ve tetikte olduğu buna karşılık huzurlu olduklarını gösterir. Dalganın tedavide kullanılmasının zihinsel yeteneği arttırdığı, bireylerin odaklanma ve tetikte olmalarının arttırılabileceği bilinmektedir (Surmeli, 2010'dan akt. Kayalar Kurşunet ve Sazak, 2018).

### **2.9.7. Yüksek ranj beta frekansı**

Bir saniyede 18 defadan fazla oluşan ve 18 Hz. üzerinde olan bir dalga türüdür. Dağılımı lokalizedir. Bu dalga türü huzursuz halde tetikte olmayı gösterir. Dalganın baş bölgesinde lokalize olduğu ve çok fazla odaklandığı görülmektedir. Yüksek ranj beta dalgalarının varlığı matematik, planlama, sayısal aktivasyonlar gibi faaliyetler ile ilişkilendirilir. Eğitim ile aşırı artırılması durumunda sürekli tetikte olma durumu ortaya çıkar ve kişi üzerinde huzursuzluk durumlarına sebep olur (Surmeli, 2010'dan akt. Kayalar Kurşunet ve Sazak, 2018).

### **2.9.8. Gamma dalgaları**

Gamma dalgaları, hafızanın geri çağırılmasında hızı artırmak ile görevlidir ve en yüksek frekansa sahiptir (Bahadır, 2020). Önden arkaya doğru saniyede 40 defa yayılan bir dalgadır. Uyumlu bir şekilde birbirinden farklı nöronal devreler çizer ve thalamus orijinelidir. Thalamus'un hasar görmesi bu dalganın durmasına sebep olur. Uyanık farkındalığın meydana gelmemesiyle hasta derin komaya girer (Kayalar Kurşunet ve Sazak, 2018; Kurşunet, 2019). Dış dünyanın sinirsel yapıya etkisinin nasıl olduğunu tespit eden dalga türüdür. Gamma dalgaları depresyon halinin yayılmasında belirginleşmektedir. Ayrıca erişkinlerde muhtemel nöbetler anında da kendini gösterdiği görülmüştür (Ülker ve Tabakcioğlu, 2018). Bu nedenle gama eğitimi, mental keskinlik, problem çözme, biliş ve beyin aktivitesi görevlerini desteklemek amacıyla kullanılmaktadır. Gama eğitiminin, zayıf hesaplamayı geliştirmesi ile kısa süreli hafıza ve bilgi işleme hızını iyileştirmesi migren ataklarının sayısını azaltılmaktadır. Bu sayede beyni düzenlediği de belirtilmiştir (Marzbani ve diğerleri, 2016; Vernon, 2005). Gamma dalgasından literatür incelemelerinde bazı çalışmalarda bahsedilmemektedir. EEG ölçümlerinde gamma dalgasının elektromiyografik aktivite artefaktı olduğunu söyleyen sinirbilimciler olsa da dikkatli sinyal ayrışmasıyla gamma dalgasının varlığı görülür (Surmeli, 2010'dan akt. Kurşunet, 2019).

### **2.10. Yorgunluk**

Yorgunluk kavramı tanımlanması zor yaygın bir semptomdur. Bunun sebebinin yorgunluğu karakterize eden birçok fenomenin bulunmasıdır. Bu fenomenlerden bazıları patolojik yorgunluk, fizyolojik yorgunluk ve psikolojik yorgunluktur (Merdan, 2016).

Phillips (2015)'e göre spor bilimlerinde egzersiz ve spor yorgunluğu araştırmalarındaki temel sorun tek bir yorgunluk tanımı üzerinde anlaşamamaktır. Yorgunluk kavramında bir diğer kafa karıştırıcı etmen, araştırmacıların ‘‘yorgunluk’’ ve ‘‘bitkinlik’’ kavramlarını sık sık birbirinin yerine kullanmasıdır (Phillips, 2015). Yorgunluk kavramı farklı alanlarda çalışan bilim insanlarına göre farkı tanımlanmaktadır. Biyomekanik alanında çalışan bilim insanları yorgunluğu ‘‘kuvvet çıktısındaki azalma’’ olarak tanımlarken, fizyoloji alanındaki bilim insanları ‘‘fizyolojik sistemdeki baskılanma olarak ifade etmektedir. Psikologlar ise yorgunluk kavramına ‘‘tükenmişlik hissi’’ tanımı ile yaklaşmışlardır. Yorgunluğun gerçekleştiği organın hangisi olduğu konusunda net bir görüş birliği bulunmamaktadır. Bunun sebebi yorgunluğun çok faktörlü bir süreç olmasıdır. Yorgunluk kişinin form durumuna, yüklenmenin şiddetine ya da sporcunun mental olarak hazırbulunuşluğu gibi faktörlerden etkilenmektedir (Aslankeser, 2010).

Phillips (2015) yazmış olduğu ‘‘Fatigue in Sport and Exercise’’ isimli kitabında yorgunluğun ölçülmesi ve yorumlanmasındaki farklılığı vurgulayan çeşitli yorgunluk tanımlarını bir tabloda toplamıştır. Phillips (2015)'in yorgunlukla ilgili topladığı bazı tanımlamalar aşağıda yer almaktadır.

- a) Bir katılımcının gerekli kas kasılmasını veya gerçekleştirilen iş yükünü sürdüremediği an.
- b) Efordan sonra aşırı yorgunluk; uzun süreli aktiviteden sonra bir kas, organ vb etkinliğinde azalma.
- c) Gerekli ya da beklenen gücün sağlanamaması hali.
- d) Motor korteksten çıktı üretmemesinden kaynaklanan eksiklik.
- e) Azami kuvvet üretme Kapasitesi kaybı.
- f) Daha düşük bir kuvvet artış hızı ve daha yavaş bir gevşeme dahil olmaz üzere tersine çevrilebilir bir kuvvet depresyonu durumu.
- g) Bir kasın kuvvet ya da güç üretme yeteneğinde egzersize bağlı herhangi bir azalma.
- h) Belirli bir egzersiz yoğunluğuna devam edememek.
- i) Görevin sürdürölüp sürdürölemeyeceğine bakılmaksızın, kas kuvveti veya gücü uygulama yeteneğinde egzersize bağlı herhangi bir azalma.
- j) Egzersiz sırasında kasın gönüllü aktivasyonunda ilerleyici bir azalma.

Sporcuların yorgunluk düzeyleri ile sportif verimlilikleri birbiri ile doğrudan ilişkilidir. Müsabaka ile ilişkili olan yorgunluk, merkezi sinir sistemine ek olarak kas

hücrelerini ve enerji sistemlerini kapsayan santral ve periferik faktörlerin birleşmesi ile ortaya çıkmaktadır. İstenilen performansı sergileyebilmek için gereken zihinsel ve fiziksel uygunluklar üzerinde yorgunluğun önemli bir etkisi olduğunu kanıtlayan çalışmalar literatürde mevcuttur. Bu çalışmada yorgunluk kavramı anaerobik yorgunluk ve algılanan zorluk derecesi ile hem fiziksel hem de psikolojik açıdan ele alınmıştır.

Fiziksel açıdan yorgunluk kavramını incelenecek olursa; fiziksel yorgunluğu genel olarak egzersiz esnasında kuvvet üretimindeki kapasite azalması ve buna bağlı olarak bozulmuş performans olarak ifade edilebilir. Fiziksel yorgunluk için literatürde bulunan en yaygın yorgunluk teorileri; periferik ve merkezi yorgunluk teorileridir.

### **2.10.1. Merkezi yorgunluk**

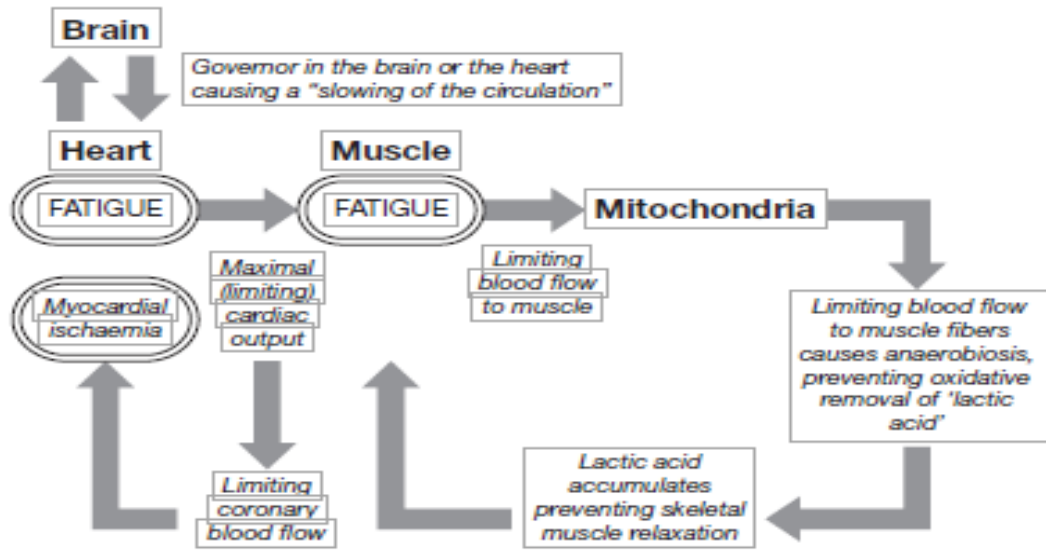
Santral yorgunluk olarak da bilinen merkezi yorgunluk nöromüsküler bileşkenin proksimalindeki süreçlerin neden olduğu kasılma kuvveti veya güç kaybıdır. Aktif olan motor nöronlarının ateşlemedeki frekanslarının azalması ile kuvvetin de azalması halidir. Merkezi yorgunluk, kuvvet üretimi durumundaki sinirsel uyaranlardaki azalma kaynaklı oluşmaktadır (Karataş, 2016). Uyanıklık gerektiren görevlerdeki performans düşüşleri olarak gözlemlenebilir. Aynı zamanda bellekte depolanan bilgilerin manipülasyonu ve geri alınmasıdır. Merkezi yorgunluk, nöronların ateşlenmelerinden önce merkezi sinir sisteminden kaslara yeterli hareket üretme konusundaki isteksizlik ve/veya yetersizlik halidir ve insanların birçoğunda egzersize bağlı bir yorgunluğun nedenidir. Özetle santral yorgunluk, merkezi sinir sistemini oluşturan yapı olan beyin, omurilik ve motor nöronların neden olduğu yorgunluk ile ilgili kullanılan terimdir (Philips, 2015).

Merkezi yorgunluk kişilerin motivasyon seviyeleri ve egzersiz şiddetinin her zamanki diğer aktivitelere göre algılanan zorluk derecesi ile ilgilidir. İyi motive olmuş sporcuların, santral yorgunluklarının performanslarında sınırlayıcı olmadığı bazı çalışmalarda ifade edilmiştir (Bigland-Ritchie, Johansson, Lippold ve Woods, 1983).

### **2.10.2. Periferik yorgunluk**

Periferik yorgunluk, nöromüsküler bileşkenin distalindeki bir süreç veya süreçlerin neden olduğu kas kuvveti üretimindeki bir zayıflama ile ilişkilidir (Philips, 2015). Genel olarak, önceki fiziksel çabanın bir fonksiyonu olarak fiziksel çalışmayı gerçekleştirme kapasitesinde bir azalma olarak tanımlanır. Kısacası kas dokusunda oluşan yorgunluklardır (Güleroğlu ve Eroğlu, 2019). Maksimal şiddette gerçekleştirilen

egzersizlerde, iskelet kasının enerji ihtiyacı, egzersizin şiddetine bağlı olarak onlarca kat artar. İskelet kasının şiddetlenen egzersiz sırasında enerji dengesini yakalayamıyor olması ya da bu enerjiyi kullanamaması periferik yorgunluk konusunun temelini oluşturmaktadır. Yüksek şiddetli bir egzersiz yapan kasların oksijen gereksiniminin kalbin o oksijeni sağlama kapasitesini aşması sonucunda vücut kaslarda laktik asit birikmesine sebep olan bir anaerobiyoz geliştirir. Kas içi ortamdaki bu değişiklik nedeniyle kasın kasılması imkânsız hale gelir. Laktat ve potasyum –hücre dışında meydana gelir- birikiminin yanı sıra pH düşmesi ile membran uyarılabilirliğini etkiler.



Şekil 2.4. Egzersiz performansının kardiyovasküler / anaerobik / yıkıcı modelinin şeması (Phillips, 2015).

## 2.11. Uyarı Frekansına Göre Yorgunluk Çeşitleri

### 2.11.1. Yüksek ve düşük frekanslı yorgunluk

İnsan kası yüksek frekanslarda uyarıldığı zaman (örn 100 Hz) kas uyarılabilirliği hızla azalır. Bu aşamada kuvvet de hızla azalır ve uyarının kesilmesiyle kısa saniyeler içerisinde toparlanma hızla gerçekleşir (Bigland-Ritchie, 1981; Westerblad vd., 1991; Lamb, 2002). Bu duruma yüksek frekanslı yorgunluk denir.

Kas düşük frekanslarda ve oldukça uzun süre boyunca uyarılırsa kuvvetin yeniden toparlanarak eski haline gelmesi günler alabilir. Bu tür yorgunluk durumuna düşük frekanslı yorgunluk ismi verilmiştir. Uzun süreli yorgunluk olarak da bilinen bu yorgunluk şeklinin nedeni tam olarak bilinmemekle birlikte, toparlanmanın çok uzun sürmesi bu yorgunluk şeklinin kaynağının metabolik ürünler olmadığını

düşündürmektedir. Nitekim metabolik toparlanma dediğimiz süreç saatler içinde gerçekleşebilir (Aslankeser, 2010).

### **2.11.2. Anaerobik egzersizlere dayalı yorgunluk**

Yorgunluk durumu bireyin uyguladığı yüklenmenin şekline ve şiddetine göre değişiklik gösterebilmektedir. Örnek verecek olursak bir maraton koşusunda meydana gelecek yorgunluk şekli ile 100 metre yarışı sonrasında meydana gelen yorgunluk şekli farklılık göstermektedir. Bu perspektiften kullanılan metabolik yol (aerobik-anaerobik), vücutta biriken çeşitli maddeler, tükenen enerji kaynakları, kasta meydana gelen hasar durumu gibi yorgunluk bulgularına farklı yansımaktadır (Çavdar, 2014).

Anaerobik kapasite ve güç birkaç saniye ile birkaç dakika süren şiddeti yüksek kas aktiviteleri için performans göstergesidir (Koşar ve Kin İşler, 2004). Anaerobik sistemin etkin olduğu aktiviteler süresi kısa maksimal yüklenmelerin yanı sıra süresi uzun anaerobik glikolizin kullanıldığı yüklenme şekilleri de olabilir. Anaerobik performans sonrası oluşan yorgunluk şekilleri anaerobik performansın uygulanış süresi ve şiddeti ile değişiklik göstermektedir. Birkaç dakikadan uzun süren anaerobik yorgunluklarda metabolizmanın son ürünü olan kan laktat konsantrasyonu (LA) artmaktadır. Bu yüklenmelerde yorgunluk kavramını laktik asidin birikmesi ile tartışmak mümkündür. Pek çok egzersiz koşulunda fosfokreatin (PCr) deposunun tam olarak boşalmadığı bilinmektedir. Örneğin 6 saniyelik bir sprint esnasında PCr konsantrasyonu başlangıca göre %57, adenozintrifosfat (ATP) miktarı ise %13 azalmaktadır (Maughan ve Gleeson, 2010). Aynı şiddetteki egzersizin devamında 10 saniyede PCr depolarının, 46 saniyede ATP depolarının tükenmesi gerekmektedir. Ancak 30 saniyelik maksimal sprintte ATP konsantrasyonunun %40'ı, PCr'in ise %70 azaldığı ortaya konulmaktadır. Bu durum sonraki aşamalarda devreye giren anaerobik glikolizin ATP desteğini sağladığı anlamına gelmektedir. Basketbol gibi ara dinlenmeli sporlarda fosfojen sistemin ATP desteği sağlama noktasında anaerobik glikolizin yanında önemli role sahip olduğunu söylemek mümkündür (Öztürk ve Olu, 1994).

### **2.12. Yorgunluk ve Beyin Aktivasyonları**

Yorgunluk kavramı zihinsel süreçler bağlamında birçok boyutta tartışılmıştır. Yorgunluk kavramının çeşitli tanımlarının ve boyutlarının olması sebebiyle zihinsel süreçler perspektifi de çeşitli yorgunluk kavramlarına göre çalışmalara konu olmuştur.



EEG çalışmalarının yapıldığı yorgunluk durumları çoğunlukla zihinsel yorgunluk durumlarının incelendiği çalışmalardır (Craig vd., 2011). Araç kullanma sonrası oluşan uykululuk hali olarak tanımladıkları yorgunluk üzerine yapmış olduğu çalışmada yorgunluğun beyin dalgası aktivasyonunda önemli değişikliklerle ilişkili olduğunu ifade etmiştir. Craig yapmış olduğu bu çalışmada 25 yıl içerisinde yorgunluk ve EEG anahtar kelimelerini içeren 17 çalışmayı analiz etmiş ve yorgunluğun beyin üzerindeki etkisi üzerine çalışmaları tablo haline getirmiştir.

**Tablo 2.2.** 25 yıl içerisindeki yorgunluk ve EEG anahtar kelimelerini içeren yorgunluğun beyin üzerindeki etkisi üzerine yapılan çalışmalar.

Reference/Study	No. of participants	Delta	Theta	Alpha	Beta	Sites
Åkerstedt et al., 1991	25	NS	NS	↑	NR	1 (B)
Caldwell et al., 2002	10	↑	↑	↓	NS	6
Cajochen et al., 1995	9	NR	↑	↑	NR	2
Cajochen et al., 1996	8	NR	↑	↑	NR	2
Campagne et al., 2004	46	NR	↑	↑	NR	4
Dumont et al., 1997	9	NR	↑	↑	NR	1 (M)
Eoh et al., 2005	8	NR	NS	↑	↓	8
Kecklund & Åkerstedt, 1993	18	NR	↑	↑	NR	1 (B)
Lal & Craig, 2002	35	↑	↑	↑	↑	19
Macchi et al., 2002	8	NR	↑	↑	NR	8
Pal et al., 2008	13	NR	↑	↑	NR	1 (M)
Papadelis et al., 2006	20	↓	↑	↑	NS	16
Schier, 2000	2	NR	NR	↑	NR	4
Strijkstra et al., 2003	10	NR	↑	↓	NR	28
Tanaka et al., 1997	10	↑	↑	↑	↑	12
Torsvall & Åkerstedt, 1987	11	↑	↑	↑	NR	1 (B)
Trejo et al., 2005	16	NR	↑	↑	NR	30

Not: Bu tabloda yer alan kısaltmalardan NS= önemli bir değişiklik yok, NR= etki bildirilmemiştir, B= bipolar konfigürasyon, M= A1 ya da A2'ye göre monopolar konfigürasyonu ifade etmektedir. Ayrıca yukarıyı gösteren ok işareti EEG bantlarındaki önemli bir artış, aşağıyı gösteren oklar da EEG bantlarındaki aktivitede önemli bir azalmayı ifade etmektedir (Craig ve diğerleri, 2011).

Yukarıdaki tablodan anlaşılacağı üzere 17 çalışmanın tümünde yorgunluğa bağlı parametrelerde EEG aktivitesinde önemli değişiklikler gözlemlenmiştir (Craig vd., 2011). Bu çalışmaların her birinde yorgunluk kavramı farklı tanımlanmış olup, Craig ve arkadaşlarına göre metodolojik olarak önemli sınırlılıklar içermektedir (Craig vd., 2011). Bu sınırlılıklardan çalışmamızın tartışma kısmında detaylı olarak bahsedilecektir.

Anaerobik aksiyon sonrası oluşan yorgunluk, yalnızca fizyolojik olarak değil aynı zamanda bilişsel süreçlerde de değişiklik göstermektedir. Sportif bir performansta akla ilk olarak fizyolojik tepkimeler gelse de mental olarak verimliliğin de optimal performansa ulaşma noktasında gerekliliği tartışılmaz bir boyut kazanmıştır (Davey, 1973). Sporcuların yorgunluk durumlarındaki artış ile kritik anlarda yanlış kararlar verebilme durumları da artış gösterebilmektedir. Şiddetli egzersiz sonrası kastaki oksijen miktarının azalması ile beyni etkileyen hipoksi durumunun karar verme mekanizmalarına etkide bulunması muhtemeldir.

Maksimal şiddetli anaerobik egzersizlerin hem fizyolojik hem psikolojik hem de zihinsel beceri özellikleri açısından oldukça zorlayıcı egzersizler olmasından dolayı sporcuların zihinsel dayanıklılık seviyelerinin akut olarak azalabileceği söylenmektedir (Güleroğlu ve Eroğlu, 2019).

Anaerobik yorgunluk sonrasında beyin aktivasyonlarının durumu hakkında ilgili alan yazınında EEG çalışmaları bulgularına rastlanmamıştır. Bu doğrultuda çalışmamız bir ilk olma niteliği taşımaktadır.

### **2.13. Egzersiz Sonrası Dinlenme ve Toparlanma (Yenilenme)**

Egzersiz sonrasında metabolik hızın artışı bir süre devam etmektedir. Belirli bir sürede fosfojen depoları, karbonhidrat depoları dolmakta ve miyogloblin oksijenerasyonu sağlanırken aynı zamanda dokuda biriken laktik asit dokudan uzaklaştırılmaktadır. Bu sürece toparlanma denilmektedir. Egzersiz sonrası devam eden enerji tüketimi toparlanma için önem sarf etmektedir. Toparlanma sürecinin metabolik yönden açıklanabilmesi için aşağıdaki 4 temel konu incelenmelidir (Özçelik, 2012).

1. Dinlenme oksijeni yenilenmesi
2. Enerji kaynaklarının yenilenmesi
3. Laktik asidin uzaklaştırılması
4. Oksijen kaynaklarının yenilenmesi

Antrenman sonrası dinlenme süreçlerinde enerji gereksinimi azalsa bile yapılan egzersizin şiddetine göre oksijen tüketimi oldukça uzun bir süre daha devam etmektedir. Antrenman öncesi dinlenik koşulda tüketilen oksijen miktarı antrenman sonrası dinlenme koşulunda tüketilen oksijen miktarından daha azdır. Normal dinlenik duruma göre antrenman sonrası dinlenme durumunda daha fazla tüketilen bu oksijene dinlenme oksijeni denir. Dinlenme oksijeni vücudun egzersizden önceki durumuna dönmesini sağlamak amacıyla enerji kaynaklarının yenilenmesi, laktik asidin uzaklaştırılması gibi durumların gerçekleşmesi durumunda normalden fazla tüketilen oksijendir (Özdemir, 2006).

Enerji kaynaklarının yenilenmesi ise 2 fazlı bir olaydır. Bu fazlar yavaş faz ve hızlı faz olarak ifade edilmektedir. Hızlı faz ilk 30 ile 60 dk'lık dönemde gerçekleşir. Bu dönemde kas glikojeni yerine konular. İnsülin bağımsız meydana gelen hızlı glikojen sentezi nedeni, enerji kesildiğinde birden azalan enerji ihtiyacı nedeniyle glikozun glikolitik yola girmek yerine depolanmasıdır. Glikojen sentezinin yavaş faz olarak

adlandırılan 2. fazında ise kas dokusu artan insülin duyarlılığına bağı olarak glikojen sentezi devam eder.

Laktik asidin uzaklaştırılması için enerji gerekir. Bu enerji aerobik olarak sağlanmaktadır. Laktik asit glikojene, glikoza ve proteine çevrilebilmekte olup su ve karbondioksite de dönüştürülebilir. Yüklenme sonrası laktik asidin uzaklaştırılmasının kolaylaştırılması için soğuma egzersizlerinin önemli olduğı bilinmektedir. Şiddetli egzersizler sonrası normale dönüş için gerekli sürenin ne kadar olduğunun bilinmesi antrenörler için önemlidir. Çünkü organizma tam olarak yenilenmeden yapılan çalışmaların sporculara katkı sağlamayacağı gibi sporcunun gelişimine de zarar verebileceğı ifade edilmektedir (Özdemir, 2006).

#### **2.14. Anaerobik Egzersiz Sonrası Toparlanma**

Anaerobik egzersiz organizmanın hemostatik dengesi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olup yorgunluk belirtilerinin kısa sürede gelişmesini tetiklemektedir. Anaerobik aksiyon sonrasında metabolik atıkların uzaklaştırılması, su elektrolit dengesinin yeniden sağlanması, enerji maddelerinin yenilenmesi ve oksijen tüketimi ile vücut ısısının düşürülmesi gibi birçok faktöre bağı olarak toparlanma gerçekleşmektedir (Özçelik, 2012). Yüksek şiddete bağı olarak fizyolojide meydana gelen bu değışimlerin beyin üzerinde de çeşitli etkilerin bulunacağı düşünölmektedir. Bu çalışmada anaerobik egzersiz sonrası dinlenme aralıklarında EEG analizi yapılacak olup bulgular ve tartışma bölümlerinde çeşitli dinlenme periyotlarındaki beyinde olan değışiklikler ortaya konulacaktır.

### 3. YÖNTEM

Bu bölümde; örneklem grubu, veri toplama araçları, veri toplama süreçleri ve analiz yöntemlerine ilişkin bilgilere yer verilmiştir. Araştırma grubu, ölçüm yöntemi, ölçüm araçları, araştırma modeli ve analizlerin yöntemi Anadolu Üniversitesi Etik Kurulu tarafından “BASKETBOLCULARDA ANAEROBİK YORGUNLUK VE YORGUNLUK SONRASI DİNLENME SÜRELERİNDE ALPHA BEYİN FREKANSLARININ İNCELENMESİ” ismi ile onaylanmıştır. (Protokol No.: 26533, EK-1). Ölçümün yapıldığı sporculara gerekli bilgilendirmeler yapılmış ve Gönüllü Katılım Formu (EK-2) doldurtulmuştur. 18 yaşından küçük olan sporcular için Veli İzin Belgesi (EK-3) alınmış olup, sporcuların oynadıkları kulüplerden de gerekli izinler alınarak (EK-4, EK-5, EK-6), etik kurallar çerçevesinde ölçümler planlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Ayrıca sporculara Demografik Bilgi Formu (EK-7) doldurtularak verilerin alınımında standartlar belirlenmiştir. Katılımcıları COVID-19 ve mutasyon varyantlarından korumak için araştırmacılar ölçüm boyunca maske, eldiven ve siperlik takmıştır. Veriler saçlı deri üzerinden invaziv olmayan elektrotlar aracılığı ile alınmış olup, montaj sırasında gerekli hijyen koşulları sağlanmıştır. Ayrıca katılımcılardan ölçüm öncesinde HES kodları alınmış ve ateş ölçümü yapılmıştır.

#### 3.1. Örneklem Grubu

Bu araştırmanın örneklem grubunu Afyon Belediye Spor Basketbol Takımı, Afyon Gazi E.M.L Spor Kulübü Basketbol Takımı ve Bozüyük Belediyesi Spor Kulübü Basketbol Takımlarından, 16 yaş ve üzeri aktif olarak liglerinde basketbol oynayan lisanslı 9 erkek basketbolcu oluşturmaktadır. Araştırma verileri toplanırken ölçümün bir EEG ölçümü olmasının bir gerekliliği olarak aşağıdaki kriterler göz önüne alınmış olup, aşağıdaki kriterlerin bir ya da birkaçına uymayan denekler araştırmadan çıkarılmıştır. Bu kriterler belirlenirken sporculara ölçümlerden 24 saat önce bilgilendirmeler yapılmış, doldurtulan “Demografik Bilgiler Formu” ile de tasdik edilmiştir.

Dahil edilme kriterleri:

- Tüm sporcular sağ elini kullanmalıdır. (Chapman ve Chapman, 1987)
- Sporcular son 24 saat içerisinde alkol tüketmemiş olmalıdır.
- Hiçbir sporcunun nörolojik ya da psikolojik rahatsızlığı bulunmamalıdır.
- Sporcuların uyku problemi bulunmamalıdır.

- Sporcuların kullandıkları nörolojik bir ilaç (Antidepresan vb.) bulunmamalıdır.
- Sporcular son 12 saat içerisinde kafein içeren içecekler tüketmemelidir.
- Tüm sporcuların cinsiyetleri erkek olmalıdır.

Bu kriterlere ek olarak sporculardan BORG skalası ile teste dinlenik geldikleri, sözlü olarak testten önceki gece 7-8 saat uydukları, herhangi bir bağımlılıklarının (alkol, sigara, uyuşturucu vb.) bulunmadıkları bilgileri alınmış olup, tüm katılımcıların sadece Türkçe dilini konuştukları belirlenmiştir.

Dışlama kriterleri:

Yukarıdaki kriterlerden bir ya da birden fazlasına uymamak.

- Ölçüm sırasında aşırı artefact meydana getirecek hareketler yaparak ölçümü bozmak.

15 sporcudan alınan ölçümler sonrasında tüm bu dahil edilme ve dışlama kriterleri göz önüne alınarak örneklem sayısı yeniden gözden geçirilmiş olup bu sayı 9'a düşürülmüştür.

## 3.2. Veri Toplama Araçları

### 3.2.1. Elektroensefalografi cihazı

Bu çalışmada EEG verilerinin alınması için ANT Neuro Refa8-32e4b4a model Hollanda üretimi cihaz kullanılmıştır. Waveguard başlıklı bir EEG ASALab sistemi (Advanced Neuro Technology Enschede, The Netherlands) kullanılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir.



Görsel 3.1. ANT Neuro Refa8-32e4b4a model Hollanda üretimi cihaz

### 3.2.2. EEG başlığı ve iletken jel

Çalışmada EEG verilerinin alınması için 32 kanallı ANT WaveGuard™ marka başlık kullanılmıştır. İmpedans değerlerinin ayarlanabilmesi için ise ECI ELECTRO-GEL marka EEG jeli kullanılmıştır.



Görsel 3.2. İletken jel



Görsel 3.3. EEG başlığı

### 3.2.3. Algılanan zorluk derecesi BORG skalası

Rating of Perceived Exertion (RPE) Borg Skalası (6-20), kişinin egzersiz sonrası zorlanma derecesinin tespit edilmesi için kullanılan bir skaladır. Borg skalası katılımcının egzersiz sırasında hissettiği yorgunluğu; hiçbir şey (6), çok çok hafif (7-8), çok hafif (9-10), oldukça hafif (11-12), biraz zor (13-14), zor (15-16), çok zor (17-18), çok çok zor

(19), tükenme (20) arasındaki bir aralıkta ifade etmesine dayanır (Borg, 1982).

Zorlanma derecesi	
6	
7	Çok çok hafif
8	
9	Çok hafif
10	
11	Oldukça hafif
12	
13	Biraz zor
14	
15	Zor
16	
17	Çok zor
18	
19	Çok çok zor
20	

**Görsel 3.4.** 6-20 Borg skalası (Yaşlı vd., 2020)

#### **3.2.4. Wingate anaerobik güç testi bisikleti**

WAnT olarak bilinen Wingate Anaerobik Güç Testi Bisikleti 1970'li yılların başında Wingate Enstitüsü'nde geliştirilmiş bir cihazdır. 1974 itibarıyla kasın gücünü, dayanıklılığını ve yorulabilirliğini ölçmek, yüksek yoğunluklu ve kısa süreli egzersizlerde kas metabolizması hakkında bilgi toplayabilmek ve sportif performansı değerlendirebilmek amacıyla tüm dünyada egzersiz fiziolojisi laboratuvarlarında kullanılmaya başlamıştır. Kasın maksimal gücü, dayanıklılığı ve yorgunluğu hakkında bilgi vermesi, emniyetli, sabit ve objektif olması, kolay ulaşılabilir olması ve özel bir beceri gerektirmemesi sebebiyle çalışmamızda yorgunluk oluşturma protokolünde kullanılmıştır. Bu protokolde Monark Ergomedic 894 E (Monark, Sweden) model cihazı kullanılmıştır.



**Görsel 3.5.** Wingate anaerobik güç testi bisikleti

### **3.2.5. Polar H7 V8000 nabız ölçer saat**

Kalp hızı değişkenliği Polar H7 V8000 (Kempe, Finland) monitörü kullanılarak ölçülmüştür. Polar KAH monitörü, göğüs kafesini çevreleyerek KAH sinyallerini ileten kemer ve bu verileri kaydeden alıcı saatten oluşmaktadır. Ölçüm esnasında alınan veriler eşzamanlı olarak manuel bir şekilde bilgisayara kaydedilmiştir. Kullanılan göğüs kemeri her katılımcıdan önce dezenfektan ile temizlenmiştir.

### **3.3. Veri Toplama Süreci**

Tüm gönüllü katılımcıların ölçümleri Afyon Kocatepe Üniversitesi ve Eskişehir Teknik Üniversitesi'nde gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerin standardizasyonu için tüm ölçümler araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir. Sirkadiyen ritmin kafa karıştırıcı etkisini kontrol altına almak için ölçümler 09:00, 12.00 ve 14.00, 17.00 arasında yapılmıştır. Tran vd., (2006)'ne göre bu iki dönemin sirkadiyen ritim etkisinin benzer olduğu kanıtlanmıştır. Katılımcılara araştırmacı tarafından en az 24 saat önce çalışma dizaynı hakkında detaylı bilgi verilmiş ve istenen gereklilikleri yerine getirmesi söylenmiştir. Araştırma ölçümleri, Ağustos 2021 ve Eylül 2021 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Bu iki dönemin birbirine yakın olması ve ikisinin de sezona hazırlık dönemi içerisinde olması kondisyondan kaynaklanabilecek olası farklılıkları ortadan kaldırmıştır. Araştırmanın standardizasyonu açısından bu durum önemlidir.

#### **3.3.1. Yorgunluk oluşturma prosedürü**

Yorgunluk oluşturma prosedüründe Wingate Anaerobik Güç Test protokolünden yararlanılmıştır. Sporcular test bisikleti üzerine oturmadan önce hissettikleri yorgunluk



solunmuş ve Algılanan Zorluk Derecesi BORG Skalasında hissettikleri puanları göstermeleri istenmiştir. Sporcular EEG cihazına bağlı bir biçimde bisikletin üzerine oturtulmuş ve 3 dakika 50 Watt 50 devir/dakika' da ısınmaları sağlanmıştır. Sele yüksekliği her bir katılımcı için ayarlanmış olup, tüm katılımcılardan koltuktan kalmadan maksimal hız ve güç ile pedala çevirmeleri istenmiştir. Bu esnada sporculara sözel motivasyon desteği verilmiştir. Isınmanın ardından sporcuların ağırlıklarının %7,5'ine denk gelen ağırlık kefeye yerleştirilmiştir. Katılımcı hazır olduğunda pedal çevirmesi istenmiş, 150 devir/dakika hıza ulaştığında ağırlık otomatik olarak düşürülmüştür. Araştırmacı tarafından sporcunun nabızı Karvonen formülüne göre;

$$(Hr(maks) = 220 - age) \quad (3.1)$$

maksimal nabızlarının %70'ine geldiğinde sporcuya durması söylenmiştir. Sporcu durduktan sonra nabızı kontrol edilmeye devam edilmiştir. Sporculara Algılanan Zorluk Derecesi Borg Skalası gösterilerek yorgunluk derecelerini seçmeleri istenmiştir.

### 3.3.2. EEG ölçümü prosedürü

Sporculara gerekli bilgiler verildikten sonra sporculardan rahat olmaları ve artefact oluşturabilecek her türlü hareketten olabildiğince kaçınmaları istenmiştir. Sporcular base olarak adlandırılan ilk ölçüm için sandalyeye oturtulmuş ve EEG Cap kafalarının büyüklüğüne göre yerleştirilmiştir (Small-Medium-Large). EEG Cap montajı en çok kullanılan sistem olan ("American clinical neurophysiology", 2006) "Uluslararası 10-20 Elektrot Yerleştirme Sistemi" ne uygun olarak yerleştirilmiştir. Ölçümlerde 32 kanallı EEG Cap kullanılmış ancak çalışma dizaynımıza göre analizlerde veriler 19 kanala düşürülmüştür. Çalışmada verilerin daha sağlıklı alınabilmesi için sporculardan saçları temiz gelmeleri istenmiş, alkol ve pamuk yardımı ile elektrotların ölçüm yapacağı noktalar ölü deriden arındırılmıştır. EEG Cap takıldıktan sonra gerekli empedans ayarları yapılmış empedans değerleri 10 kiloOhm (k $\Omega$ )'un altında tutulmuştur. Ölçüm sırasında empedans değerleri sürekli kontrol edilmiş olup elektrotlarda empedans kaybı yaşanması durumunda veriler çalışmadan çıkarılmıştır. Empedansların 10 k $\Omega$ 'un altına düşmesi için iletken bir görev gören EEG-Gel takviyesi yapılmıştır. Toprak elektrotu kulak memesine yerleştirilmiştir. Referans elektrotları da mastoid olarak adlandırılan M1 ve M2 olarak belirlenmiştir. Veriler 1024 Hz örnekleme hızında örneklenmiştir. Ölçümler gerçekleştirilirken ortam sessizliği sağlanmış, sporcuların gözleri kapalı olarak alınmıştır.

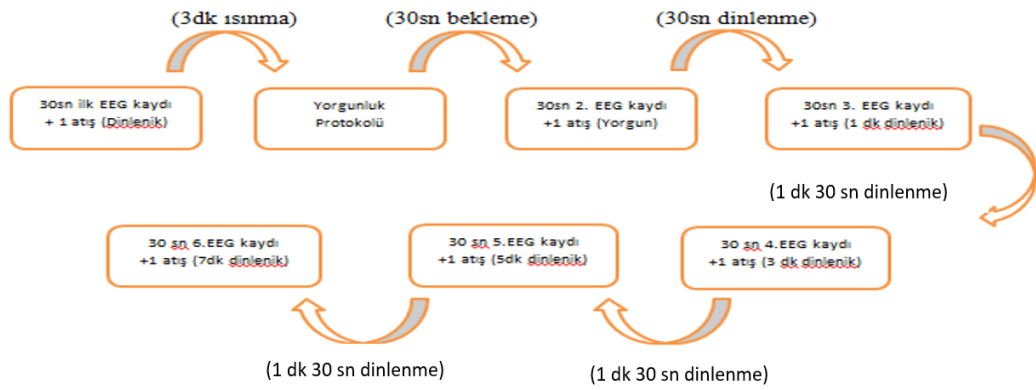
### 3.3.3. Deneş protokolü

Sporculara gerekli bilgilendirmeler yapıldıktan sonra ilk ölçüm için gerekli hazırlıklar yapılmış, sporcu EEG ölçümü için hazır konuma getirilmiştir. Sporcunun nabzının kontrol edilebilmesi için Polar saat montajı yapılmıştır. İlk ölçüm sporcunun heyecanından kaynaklanabilecek nörofizyolojik değişiklikler olabileceği ihtimaline karşın montajdan sonra kısa bir süre bekletilerek başlatılmıştır. Sporçudan serbest atış anına odaklanması istenmiş ve odaklanma sırasında 30 saniye EEG kaydı alınmıştır. 30 sn ilk ölçüm alındıktan sonra sporçudan 1 adet serbest atış atması istenmiş, atışın isabet oranına bakılmamıştır. Atış yaptırılmasının sebebi sonraki atışlarda atış öncesi odaklanmalarını kolaylaştırmaktır. Bir sonraki adımda sporçudan yorgunluk protokolünü oluşturması için Monark Wingate Ergonomik bisiklete çıkması istenmiştir. Sporcu 3 dakika 50 Watt 50 devir/dakika' da ısındırılmıştır. Cihazdaki ağırlık küfesine sporcuların vücut ağırlığının %7,5'i kadar ağırlık takılmış, 150 devir/dakika hıza geldikten sonra otomatik olarak dūřürülmüřtür. Sporçudan tüm gücü ile pedal çevirmesi istenmiştir. Karvonen yöntemine göre sporcu maksimal kalp atım hızının %70' ine geldiğinde durdurulmuş ve sporçuya Algılanan Zorluk Derecesi BORG Skalası gösterilmiştir. Sporcu hissettiği yorgunluk durumunu eli ile gösterdikten sonra bisikletten indirilerek pota karşısında, serbest atış çizgisinin yanındaki sandalyeye oturtulmuştur. Hiperventilasyonun artefact oluşturucu özelliğinin kontrol altına alınabilmesi için sporcunun ikinci EEG ölçümü bisikletten indikten 30 sn sonra başlatılmıştır.

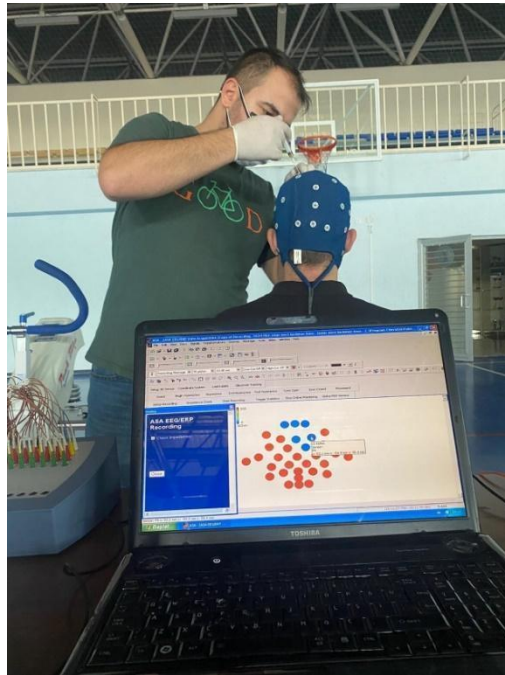
Yorgunluk protokolünün oluşturulmasının ardından atışın ne kadar süre sonra gerçekteştiği konusunda basketbol antrenörü olan 3 kişi ile görüşme yapılmış, bu görüşmeler sonrasında müsabaka sırasında faul atışı düdüğü ile atışın yapılması arasındaki sürenin 30 saniye olduğu ifade edilmiştir. Bu doğrultuda hem gerçekte müsabaka durumuna yakınlık hem de hiperventilasyonun artefact oluşturucu özelliğinin kontrol altına alınabilmesi sebebi ile protokol sonrası atış süresi 30 saniye olarak belirlenmiştir.

30 sn süren 2. ölçüm sonrası sporcu 30 saniye daha dinlendirilmiş, böylelikle dinlenme süresi 1 dakikaya tamamlanmıştır. Sporçudan 1 dakika dinlenme sonrası 30 saniyelik 3. EEG kaydı alınmış, kayıt sırasında atış anına odaklanması istenmiş, ölçüm sonrası ise sporçuya yine 1 adet serbest atış atılmıştır. Sporcu 3. EEG kaydı sonrası 1 dakika 30 saniye daha dinlendirilmiş 3 dakikalık dinlenme süresine tamamlanmıştır. Toplamda 3 dakika dinlenmiş olan sporçudan 30 sn'lik 4. kayıt alınmış ve önceki ölçümlerde olduğu gibi atış anına odaklanması istenmiştir. Sporcu serbest atışını attıktan

sonra yine 1 dakika 30 saniye dinlendirilmiş ve dinlenme süresi 5 dakikaya tamamlanmıştır. 5. Dakikadaki dinlenme sonrasında da önceki protokol tekrarlanmış ve 1 dakika 30 saniye daha dinlendirilen sporcu 7 dakikalık dinlenme süresine ulaştırılmıştır. Toplamda 7 dakika dinlenen sporcudan son kez 6. EEG ölçümü alınmış olup dinlenme sonrası son kez atış yaptırılmıştır. Base, 30. sn, 1. dk, 3. dk, 5. dk ve 7. dk olmak üzere toplamda 30 sn'lik 6 EEG kaydı alınmıştır. Aşağıdaki şekilde ölçüm protokolü şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Deney protokolü



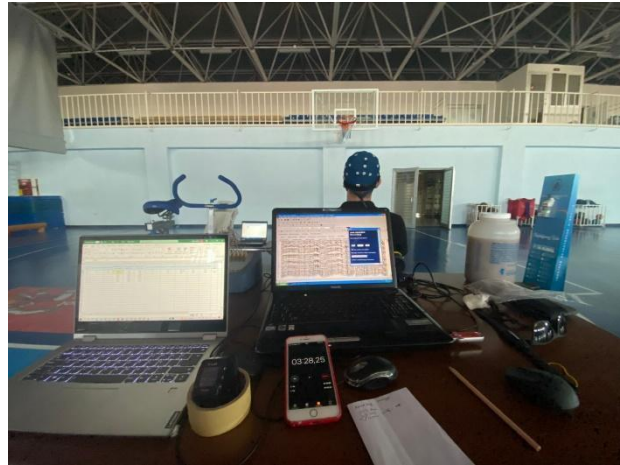
Görsel 3.6. Empedans kontrolü



**Görsel 3.7. Ağrlık kontrolü**



**Görsel 3.8. Araştırma dizaynı**



**Görsel 3.9. Araştırma dizaynı**

### 3.3.4. Verilerin analizi

Bu araştırma 16 yaş ve üzeri erkek basketbolcuların anaerobik yorgunluk öncesi ve sonrası dinlenme sürelerinde beyinlerinde oluşan alfa frekansı tepe noktasını incelemeyi amaçlamıştır. EEG verilerinin işlenmesi, istatistiksel çözümlenmesinden bağımsız bir işlemdir. Verilerin istatistiksel anlamda analiz edilebilmesi için öncelikle EEG verilerinin bilgisayar ortamında işlenmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda bu bölümde EEG Verilerinin İşlenmesi ve Verilerin İstatistiksel Olarak Çözümlenmesi başlıkları yer almaktadır.

### 3.3.5. EEG verilerinin işlenmesi

EEG verileri işlenmeden önce gerekli tüm empedans değerleri sağlanmış olup her bir elektrot için bu değerler 10 kiloOhm ( $k\Omega$ )'un altında tutulmuştur. Veriler 1024 Hz örneklem hızı aralığında kaydedilmiştir. Ölçüm başlamadan önce en genel alt ve üst filtreler belirlenmiş, program üzerinde Low Cut değeri 0,53, High Cut değeri 60 Hz şeklinde bir bant geçiş filtresi uygulanarak işlenmiştir. Bu filtrelere ek olarak sinyal gücünü belirli bir frekans aralığında kırmak amacıyla Notch Filter uygulaması yapılmıştır. Notch Filter ölçüm yaptığımız elektronik ekipmanlarda bulunan spesifik gürültü frekansını ortadan kaldırmak için kullanılmıştır. Veriler EEG A.S.A Lab. Programı ile kaydedildiği için ASA formatında kaydedilmiş, ASA formatında olan veriler MATLAB programı ortamında işleneceğinden dolayı EDF formatına dönüştürülmüştür. EDF formatına dönüştürülmüş veriler MATLAB version R2020 (MathWorks, Natick, Amerika Birleşik Devletleri) programına aktarılmıştır. MATLAB programına verilerin işlenebilmesi için EEGLab 2021.0 sürüm Toolbox kurulmuş ve veriler 1 Hz ile 40 Hz arasında yeniden bant geçiş filtresine sokulmuştur.

32 kanallı EEGCap ile alınan veriden 19 kanal seçilmiş ve o kanallar üzerinde işlem yapılmıştır. Bağımsız değişkenlerin sayısını azaltmak için (Oken ve Chiappa, 1986) 19 EEG kanalı her bir yarım küredeki 5 topografik ilgili alanına bölünmüştür. Alanlar; Frontal (Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, Fz), Temporal (T7, T8), Parietal (P3, P4, P7, P8, Pz), Central (C3, C4, Cz), Oksipital (O1, O2) olarak belirlenmiştir. Diferansiyel hemisferik aktivasyon ön görülemediği için her bölgedeki sağ ve sol hemisfer verileri birleştirilmiştir. Bölgesel beyin aktivitesi ile yorgunluk ve dinlenme süreleri arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için EEG ilk olarak 5 kortikal bölgenin her birisi için spektral olarak analiz edilmiştir.

Alfa frekansı aralığı 8 – 12 Hz olarak belirlenmiştir. Veriler Bağımsız bileşen analizine (ICA) tabi tutulmuştur. ICA EEG ToolBox içerisinde bulunan ve göz ile kas hareketlerinden kaynaklanan bir yöntemdir (Tran vd., 2009). Artefactlar 2 farklı araştırmacı tarafından manuel olarak temizlenmiştir. EEG sinyallerinde genellikle göz hareketleri, kas aktiviteleri, hat gürültüsü ya da kalp ritminin neden olduğu kaymalar artefact olarak kabul edilmektedir. Bu artefactlar, altında yatan verilerin analizini zorlaştırmaktadır (Delorme ve Makeig, 2004)

EEG segmentleri 1 sn'lik epoklar ile 30 saniyelik ardışık aralıklara ayrılarak, güç spektral yoğunluğu, Welch tahmin yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır (Welch, 1967). Welch yöntemi klasik spektral analiz yöntemlerinden birisi olup, FFT olarak bilinen hızlı fourier dönümü temelli, iyileştirilmiş periodogram ortalamasının alınmasına dayanır (Alkan, 2006).

### **3.3.5.1. Tepe alfa frekansının analizi**

Alfa ve teta salınımlarını incelemesinde, Klimesch (1999) tepe alfa frekansını bulmak için iki yöntem önermektedir. İlk yöntem, alfa frekans aralığında belirgin tepe noktası aramaktır. İkinci yöntem ise alfa frekans aralığının ağırlık merkezinin bulunduğu yöntemdir. Klimesch (1999)'e göre alfa aralığında birden fazla tepe noktası varsa, ağırlık merkezi yönteminin kullanılması daha verimlidir. Neuper vd. (2005) her iki tepe alfa frekansını bulma yöntemini test etmiştir ve ağırlık merkezi yönteminin daha kararlı sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir. Bu çalışmada tepe alfa frekansını ağırlık merkezi de tepe yaptığı frekans aralığı da analiz edilmiş ve bulgularda tartışılmıştır.

Bu segment için tepe alfa frekansı, alfa frekans bandı olarak 7-12 Hz aralığını varsayarak ağırlık merkezi yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bizim çalışmamızda her konum için tepe alfa frekansı ayrı ayrı belirlenmiştir. Alfa bandındaki ağırlık merkezi hesaplanarak tüm kanallar üzerinde ortalama güç spektral yoğunluğunda (PSD) bireysel alfa tepe noktası (iAPF) belirlenmiştir.

Tepe alfa frekansını bulmak için denklem Klimesch (1999) tarafından kullanılana benzerdir ve denklem (3.1)'de verilmiştir (Ng ve Raveendran, 2007).

$$PAF = \Sigma(a_f x f) / \Sigma a_f \quad (3.2)$$

$a_f$  = Frekans genliği f

f = 7 ila 14 Hz aralığındaki frekanslar

### 3.4. Verilerin İstatistiksel Analizi

Verilerin istatistiksel analizinde IBM SPSS Statistics 25.0 paket programından yararlanılmıştır. EEG verilerinin işlenmesi ardından verilerin sayısal verilere dönüştürülmesi sonrası araştırma hipotezleri doğrultusunda çeşitli analizler yapılmıştır.

İstatistiksel anlamda ilk olarak normallik dağılımının görülmesi için basıklık çarpıklık testi yapılmıştır. Değişkenlere ve alt boyutlarına ait normallik analizleri sonucunda bazı verilerin normal dağıldığı, bazı verilerin ise normal dağılmadığı görüşmüştür.

Hipotez 1,2 ve alt hipotezlerinde normal dağılmayan verilerin istatistiksel analizinde non-parametric bir test olan Wilcoxon Signed Ranks Test kullanılmıştır. Bu test normallik gerektirmeden yalnızca çiftler arasındaki farkların dağılımının simetrik olduğunu varsayan parametric T testine bir alternatiftir (Taheri ve Hesamian, 2013).

Normal dağılan verilerin istatistiksel analizinde ise Paired Sample T-Test kullanılmıştır. Paired Sample T-test parametric bir test olup çiftler arasındaki farkların dağılımını varsayan bir testtir (Rosner, 1982).

Çoklu verilerin genel karşılaştırılmasında Friedman testten yararlanılmıştır. Friedman testi tek faktörlü tekrarlı ölçümler varyans analizinin parametrik olmayan alternatifidir. Friedman testi 3 ya da daha fazla noktada aynı katılımcı ya da durumların ölçümlerinin karşılaştırılmasında kullanılmaktadır (Pallant, 2020).

#### 4. BULGULAR

##### 4.1. Anaerobik Egzersiz Sonrası Oluşan Yorgunluk Durumuna İlişkin Bulgular

**Tablo 4.1.** Yorgunluk durumunun belirlenmesinde kullanılan nabız bulguları

KATILIMCILAR	Doğum yılı	Boy	Kilo	Takılacak ağırlık	Dinlenik KAH	Maksimalinin %70'i KAH	Maksimalinin %80'i KAH
K1	2003	184	77	5,775	59	159,1	173,4
K2	2004	202	110	8,25	71	163	177
K3	2005	188	88	6,6	81	167	179
K4	2005	198	120	9	97	172	183
K5	2000	197	86	6,45	66	159	172
K6	2004	185	80	6	103	173	183
K7	2004	180	72	5,4	75	164,6	177,4
K8	2003	190	89	6,675	65	160,9	174,6
K9	2003	179	82	6,15	60	151	164

\*(maxKAH%70'i < p < maxKAH%80'i)

Tablo 4.1 incelendiğinde tüm katılımcıların anaerobik egzersiz sonrası nabızlarının, maksimal kalp atım hızı sayılarının %70'i ile %80'i arasında olduğu bulunmuştur. Bu doğrultuda bu verilerin çalışmamızın dizaynına uygun olduğu görülmektedir.

**Tablo 4.2.** Yorgunluk öncesi ve sonrası algılanan zorluk derecesi borg skalasına verilen cevaplara ilişkin bulgular

KATILIMCILAR	YORGUNLUK ÖNCESİ RPE	ZORLANMA DERECESİNİN SKALADAKİ KARŞILIĞI	YORGUNLUK SONRASI RPE	ZORLANMA DERECESİNİN SKALADAKİ KARŞILIĞI
K1	6	Hiç	16	Zor
K2	6	Hiç	16	Zor
K3	6	Hiç	15	Zor
K4	6	Hiç	16	Zor
K5	6	Hiç	18	Çok Zor
K6	6	Hiç	16	Zor
K7	6	Hiç	15	Zor
K8	6	Hiç	17	Çok Zor
K9	6	Hiç	15	Zor

Tablo 4.2 incelendiğinde katılımcıların anaerobik egzersiz öncesi zorlanma seviyelerinin “hiç” seviyesinin karşılığı olduğu, egzersiz sonrasında verdikleri cevapların ise “zor” ve “çok zor” seviyelerinin karşılığı olduğu görülmektedir. Bu bulgular doğrultusunda katılımcıların yükselen nabızlarından anlaşılan yorgunluk



durumuna paralel olarak algılanan zorlanma derecelerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca katılımcıların vermiş olduğu cevaplar ile nabızları tutarlıdır.

## 4.2. Anaerobik Yorgunluk ve Yorgunluk Sonrası Dinlenme Durumlarına İlişkin

### EEG Bulguları

H1. Dinlenik durumdaki alfa frekansı tepe noktası ile anaerobik yorgunluk sonrası alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.3.** Anaerobik yorgunluk öncesi (base) ve anaerobik yorgunluk sonrası alfa tepe noktası verilerine ilişkin bulgular

30.saniye- dinlenik	
<b>Z</b>	-5,737
<b>P</b>	,000*

( $p \leq 0,05$ )

Tablo 4.3 incelendiğinde yorgunluk oluşturulmadan önce dinlenik durumda ölçülen alfa frekansı tepe noktası ile yorgunluk oluşturulduktan sonra ölçülen alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. H1 kabul edilmiştir ( $p \leq 0,05$ )

**Tablo 4.4.** Anaerobik yorgunluk öncesi (base) ve anaerobik yorgunluk sonrası alfa tepe noktası sıralama tablosu

		<b>N</b>	<b>Ort. Sıra</b>	<b>Sıra Top.</b>
<b>30.saniye- dinlenik</b>	<b>Negatif sıralama</b>	124 <sup>a</sup>	89,29	11072,50
	<b>Pozitif sıralama</b>	47 <sup>b</sup>	77,31	3633,50
	<b>Eşitlik</b>	0 <sup>c</sup>		
	<b>Total</b>	171		

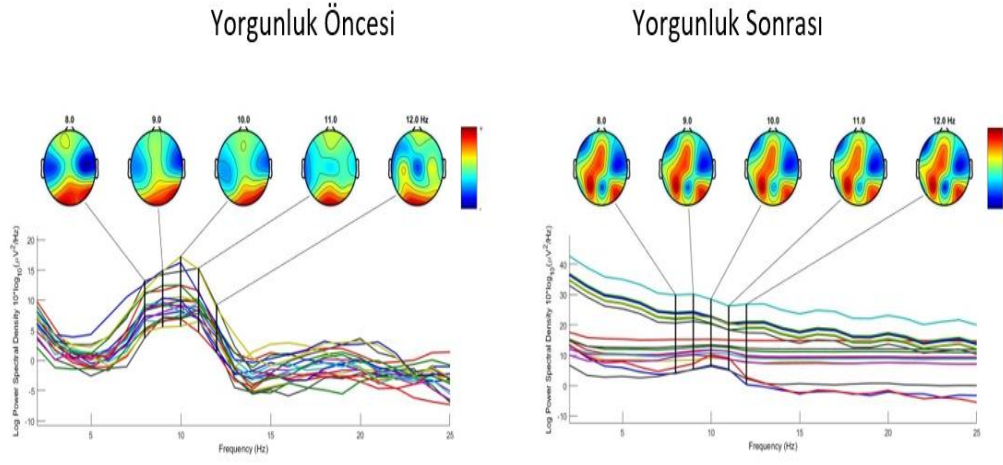
a. 30.saniye <dinlenik

b. 30.saniye > dinlenik

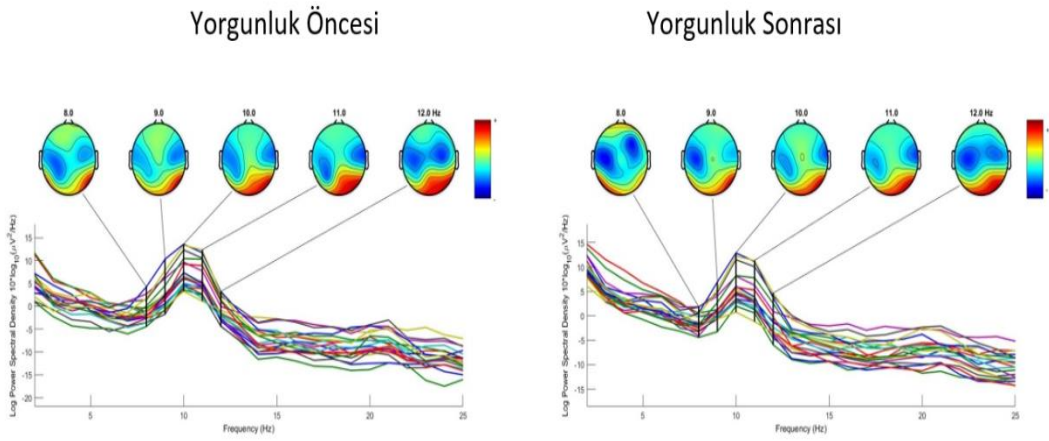
c. 30.saniye = dinlenik

Aşağıda Alfa Frekansının beyin üzerindeki topografik dağılımına yer verilmiştir. Görsellerin yanındaki barda görüldüğü gibi mavi renkten kırmızı renge doğru gidildikçe alfa frekansı yoğunluğu artmaktadır.

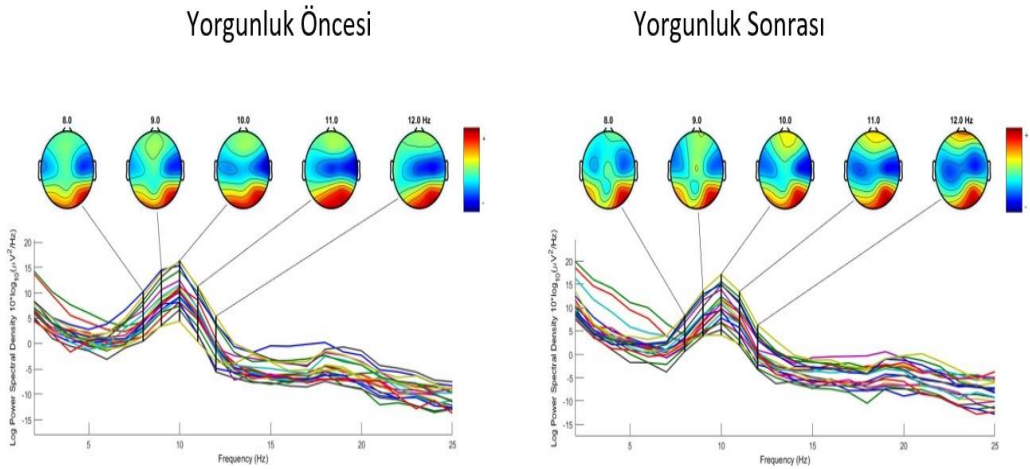
**Anaerobik yorgunluk protokolü oluşturulmadan önceki ve sonraki topografik görseller:**



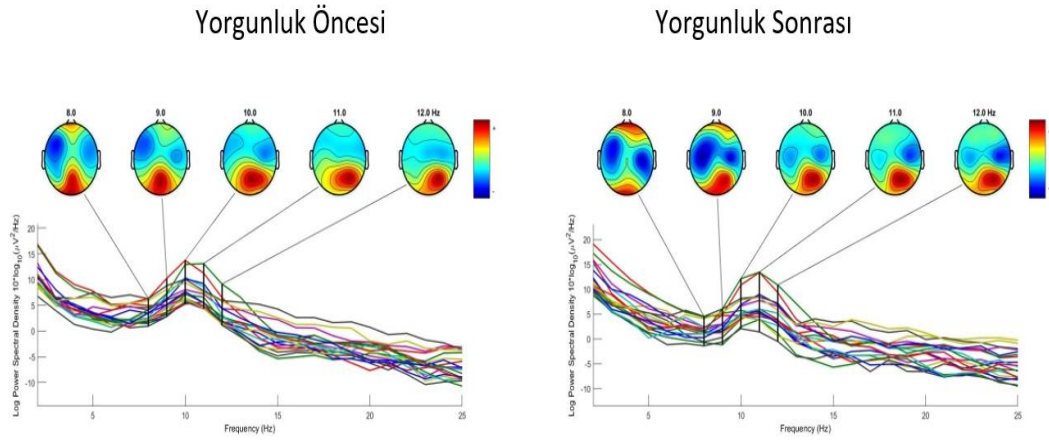
**Görsel 4.1.** K1'in yorgunluk protokolü oluşturulmadan önceki ve sonraki topografik görselleri



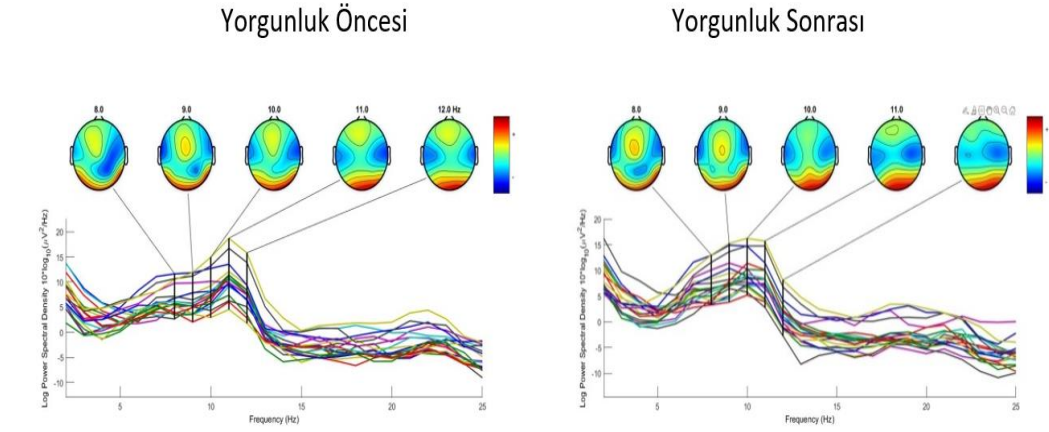
**Görsel 4.2.** K2'nin yorgunluk protokolü oluşturulmadan önceki ve sonraki topografik görselleri



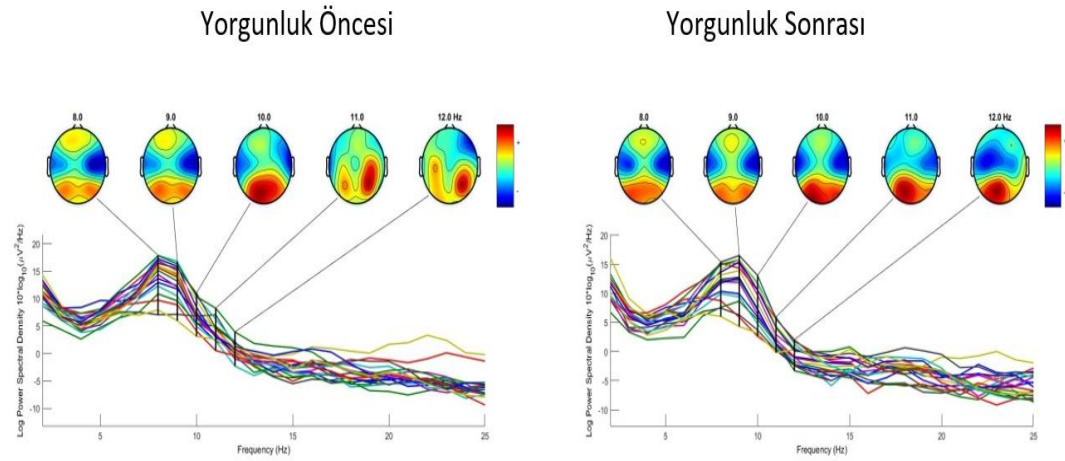
**Görsel 4.3.** K3'ün yorgunluk protokolü oluşturulmadan önceki ve sonraki topografik görselleri



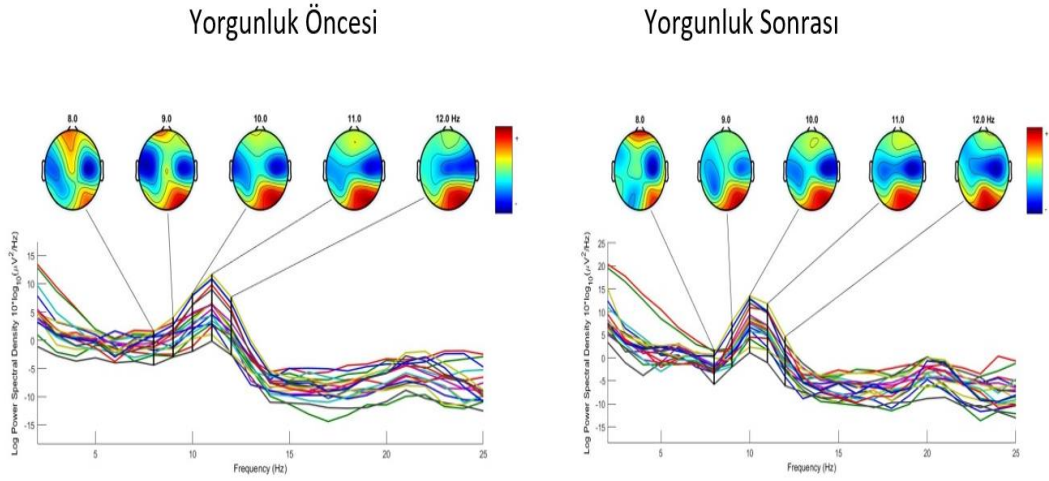
**Görsel 4.4.** K4'ün yorgunluk protokolü oluşturulmadan önceki ve sonraki topografik görselleri



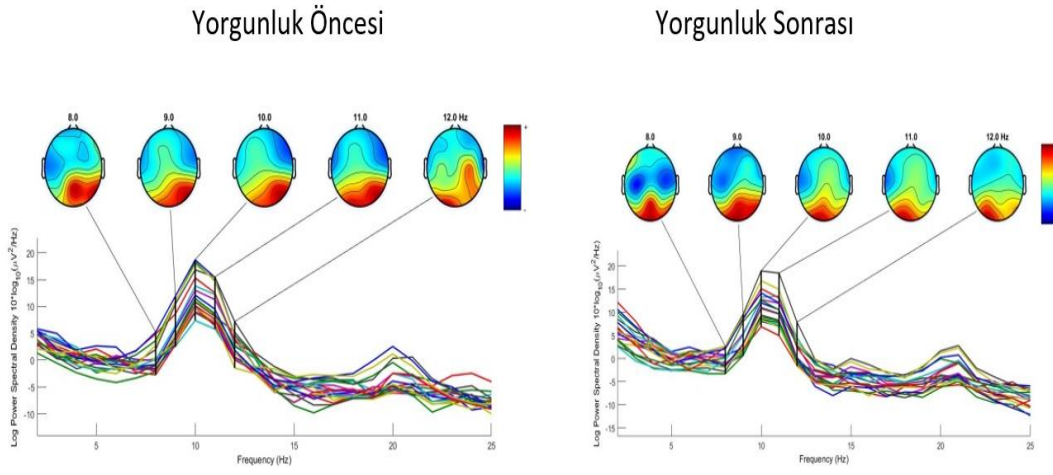
**Görsel 4.5.** K5'in yorgunluk protokolü oluşturulmadan önceki ve sonraki topografik görselleri



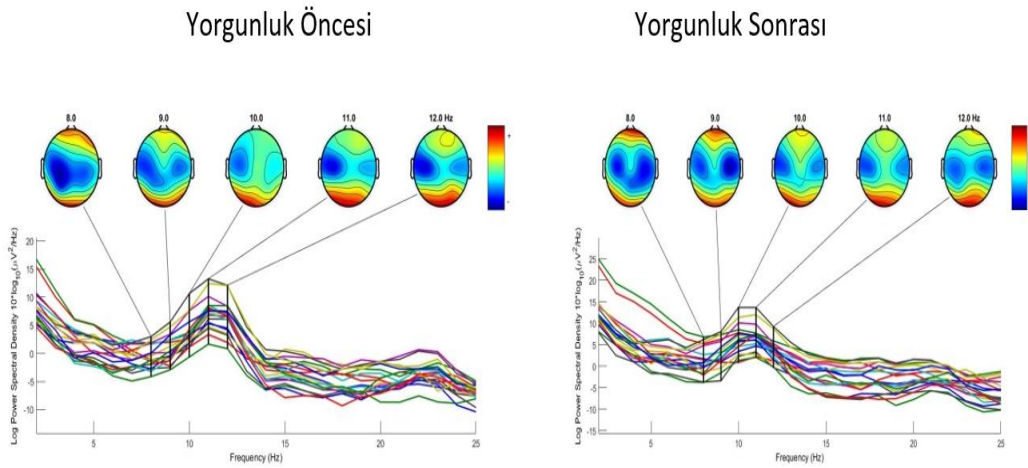
**Görsel 4.6.** K6'nın yorgunluk protokolü oluşturulmadan önceki ve sonraki topografik görselleri



**Görsel 4.7.** K7'nin yorgunluk protokolü oluşturulmadan önceki ve sonraki topografik görselleri



**Görsel 4.8.** K8'in yorgunluk protokolü oluşturulmadan önceki ve sonraki topografik görselleri



**Görsel 4.9.** K9'un yorgunluk protokolü oluşturulmadan önceki ve sonraki topografik görselleri

Topografik görseller incelendiğinde yorgunluk öncesinde başın arka bölümü olan oksipital bölgede alfa aktivasyonunun yoğun olduğu görülmektedir. Alfa aktivasyonu yoğunluğu kırmızı renkten mavi renge doğru azalmaktadır. Topografik görseller

incelendiğinde yorgunluk öncesi kırmızı renk yorgunluk sonrası kırmızı renkten daha fazla iken, yorgunlukla beraber alfa aktivasyonunun az olduğunu gösteren mavi renk yoğunluğu artmaktadır. Tablo 4.5 incelendiğinde yorgunluk öncesi ve yorgunluk sonrası alfa tepe noktaları arasındaki fark istatistiksel olarak ortaya konulmuştur. Tablo 4.8’ de ise bu aktivasyonların sıralamaları verilmiştir.

H1.1. Frontal bölgede, dinlenik durumdaki alfa frekansı tepe noktası ile anaerobik yorgunluk sonrası alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.5.** *Beynin frontal bölgesinde anaerobik yorgunluk öncesi (base) ve anaerobik yorgunluk sonrası alfa tepe noktası verilerine ilişkin bulgular*

<b>30. saniye- dinlenik</b>	
<b>Z</b>	-3,697
<b>P</b>	,000*

( $p \leq 0,05$ )

Tablo 4.5 incelendiğinde yorgunluk oluşturulmadan önce dinlenik durumda beynin frontal bölgesinde ölçülen alfa frekansı tepe noktası ile yorgunluk oluşturulduktan sonra beynin frontal bölgesinde ölçülen alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. H1.1 kabul edilmiştir ( $p \leq 0,05$ ).

**Tablo 4.6.** *Beynin frontal bölgesinde anaerobik yorgunluk öncesi (base) ve anaerobik yorgunluk sonrası alfa tepe noktası sıralama tablosu*

	<b>N</b>	<b>Ort. Sıra</b>	<b>Sıra Top.</b>
<b>Negatif sıralama</b>	43 <sup>a</sup>	36,00	1548,00
<b>Pozitif sıralama</b>	20 <sup>b</sup>	23,40	468,00
<b>30.saniye- dinlenik</b>			
<b>Eşitlik</b>	0 <sup>c</sup>		
<b>Total</b>	63		

a. 30.saniye < dinlenik

b. 30.saniye > dinlenik

c. 30.saniye = dinlenik

H1.2. Temporal bölgede, dinlenik durumdaki alfa frekansı tepe noktası ile anaerobik yorgunluk sonrası alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.7.** *Beynin temporal bölgesinde anaerobik yorgunluk öncesi (base) ve anaerobik yorgunluk sonrası alfa tepe noktası verilerine ilişkin bulgular*

<b>30.saniye- dinlenik</b>	
<b>Z</b>	-2,025 <sup>b</sup>
<b>P</b>	,043*

(p≤0,05)

Tablo 4.7 incelendiğinde yorgunluk oluşturulmadan önce dinlenik durumda beynin temporal bölgesinde ölçülen alfa frekansı tepe noktası ile yorgunluk oluşturulduktan sonra beynin temporal bölgesinde ölçülen alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. H1.2 kabul edilmiştir (p≤0,05).

**Tablo 4.8.** *Beynin temporal bölgesinde anaerobik yorgunluk öncesi (base) ve anaerobik yorgunluk sonrası alfa tepe noktası sıralama tablosu*

	N	Ort. Sıra	Sıra Top.
<b>Negatif sıralama</b>	15 <sup>a</sup>	8,80	132,00
<b>Pozitif sıralama</b>	3 <sup>b</sup>	13,00	39,00
<b>Eşitlik</b>	0 <sup>c</sup>		
<b>Total</b>	18		

a. 30.saniye < dinlenik

b. 30.saniye > dinlenik

c. 30.saniye = dinlenik

H1.3. Parietal bölgede, dinlenik durumdaki alfa frekansı tepe noktası ile anaerobik yorgunluk sonrası alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.9.** *Beynin parietal bölgesinde anaerobik yorgunluk öncesi (base) ve anaerobik yorgunluk sonrası alfa tepe noktası verilerine ilişkin bulgular*

<b>30.saniye-dinlenik</b>	
<b>Z</b>	-3,189
<b>P</b>	,001*

(p≤0,05)

Tablo 4.9 incelendiğinde yorgunluk oluşturulmadan önce dinlenik durumda beynin parietal bölgesinde ölçülen alfa frekansı tepe noktası ile yorgunluk oluşturulduktan sonra beynin parietal bölgesinde ölçülen alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. H1.3 kabul edilmiştir (p≤0,05)

**Tablo 4.10.** *Beynin parietal bölgesinde anaerobik yorgunluk öncesi (base) ve anaerobik yorgunluk sonrası alfa tepe noktası sıralama tablosu*

	N	Ort. Sıra	Sıra Top.
<b>Negatif sıralama</b>	35 <sup>a</sup>	22,86	800,00
<b>Pozitif sıralama</b>	10 <sup>b</sup>	23,50	235,00
<b>Eşitlik</b>	0 <sup>c</sup>		
<b>Total</b>	45		

a. 30.saniye <dinlenik

b. 30.saniye > dinlenik

c. 30.saniye = dinlenik

H1.4. Central bölgede, dinlenik durumdaki alfa frekansı tepe noktası ile anaerobik yorgunluk sonrası alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.11.** *Beynin central bölgesinde anaerobik yorgunluk öncesi (base) ve anaerobik yorgunluk sonrası alfa tepe noktası verilerine ilişkin bulgular*

	30.saniye- dinlenik
<b>Z</b>	-2,787
<b>P</b>	,005*

(p≤0,05)

Tablo 4.11 incelendiğinde yorgunluk oluşturulmadan önce dinlenik durumda beyin central bölgesinde ölçülen alfa frekansı tepe noktası ile yorgunluk oluşturulduktan sonra beyin central bölgesinde ölçülen alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. H1.4 kabul edilmiştir ( $p \leq 0,05$ ).



**Tablo 4.12.** *Beynin central bölgesinde anaerobik yorgunluk öncesi (base) ve anaerobik yorgunluk sonrası alfa tepe noktası sıralama tablosu*

	N	Ort. sıra	Sıra Top.
<b>Negatif sıralama</b>	20 <sup>a</sup>	15,25	305,00
<b>Pozitif sıralama</b>	7 <sup>b</sup>	10,43	73,00
<b>30.saniye- dinlenik</b>			
<b>Eşitlik</b>	0 <sup>c</sup>		
<b>Total</b>	27		

a. 30.saniye < dinlenik

b. 30.saniye > dinlenik

c. 30.saniye = dinlenik

H1.5. Oksipital bölgede, dinlenik durumdaki alfa frekansı tepe noktası ile anaerobik yorgunluk sonrası alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.13.** *Beynin oksipital bölgesinde anaerobik yorgunluk öncesi (base) ve anaerobik yorgunluk sonrası alfa tepe noktası verilerine ilişkin bulgular*

	N	Korelasyon	P
<b>dinlenik &amp; 30. saniye</b>	18	,884	,000

( $p \leq 0,05$ )

Tablo 4.13 incelendiğinde yorgunluk oluşturulmadan önce dinlenik durumda beynin oksipital bölgesinde ölçülen alfa frekansı tepe noktası ile yorgunluk oluşturulduktan sonra beynin oksipital bölgesinde ölçülen alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. H1.5 kabul edilmiştir ( $p \leq 0,05$ ).

**Tablo 4.14.** *Oksipital bölgede yorgunluk öncesi ve yorgunluk sonrası oluşan alfa frekansı tepe noktası ortalamaları*

	<b>Ortalama</b>	<b>N</b>	<b>Standart Sapma</b>	<b>Standart hata ortalaması</b>
<b>dinlenik</b>	14,9120	18	9,28034	2,18740
<b>30.saniye</b>	14,2543	18	7,70039	1,81500

Tablo 4.14 incelendiğinde dinlenik durumda beynin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktasının yorgunluk sonrası durumda beynin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktasından daha yüksek olduğu görülmektedir.

H2. Yorgunluk sonrası beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile farklı dinlenme süreleri sonrasındaki beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.15.** *Anaerobik yorgunluk sonrası beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile farklı dinlenme sürelerinin sonrası ölçülen alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular*

<b>N</b>	171
<b>Ki-Kare</b>	120,992
<b>P</b>	,000

( $p \leq 0,05$ )

Tablo 4.15 incelendiğinde anaerobik yorgunluk protokolü oluşturulduktan hemen sonra ölçülen alfa frekansı tepe noktası ile farklı dinlenme süreleri sonrası ölçülen alfa frekansı tepe noktaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. Bu doğrultuda H2 kabul edilmiştir.

**Tablo 4.16.** Anaerobik yorgunluk sonrası alfa frekansı tepe noktası ile farklı dinlenme sürelerinde oluşan alfa frekansı tepe noktasına ilişkin sıralama tablosu

	Ort. sıra
30.saniye	2,13
1. dakika	3,68
3.dakika	3,54
5.dakika	2,51
7.dakika	3,13

(3,68> 3,54> 3,13> 2,51> 2,13)

Tablo 4.16 incelendiğinde anaerobik yorgunluk oluşturma protokolü uygulandıktan sonra beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktaları ortalamaları görülmektedir. Bu tabloya göre alfa frekansı tepe noktasının en düşük olduğu süre anaerobik yorgunluk oluşturma protokolünün hemen sonrasıdır (2,13). Alfa frekansı tepe noktasının en yüksek olduğu dinlenme süresi ise 1. dakikadır (3,68). Alfa frekansı tepe noktasının en yüksek olduğu 2. dinlenme süresi ise 3.dakika olarak görülmektedir (3,54). Alfa frekansı tepe noktasının 5.dakikadaki değeri 2,51 olarak görülmektedir. Bu değer yorgunluk sonrası ilk ölçümün ardından en düşük alfa frekansı tepe noktasını işaret etmektedir. 7.dakikada ise alfa frekansı tepe noktası 3,13 ile en yüksek 3.sıradaki tepe noktasıdır. Genel olarak düzenli bir sıralama ile yorgunluk sonrası dinlenme periyotlarındaki yüksekten düşüğe doğru mevcut durumu yazacak olursak;

1 dk dinlenme süresi> 3 dk dinlenme süresi> 7 dk dinlenme süresi> 5 dk dinlenme süresi> yorgunluk sonrası ilk 30 saniyedeki ölçüm.

H2.1. Yorgunluk sonrası beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 1 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.17.** Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 1.dakika dinlenme süresindeki beyinde oluşan Alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular

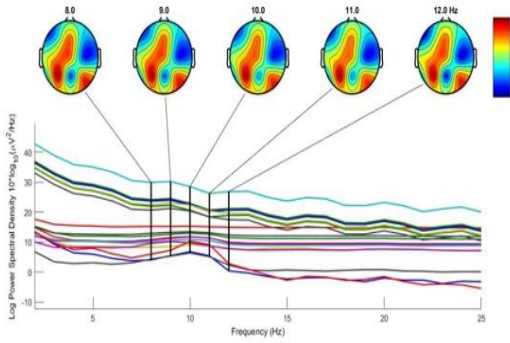
1.dakika- 30.saniye	
<b>Z</b>	-9,907
<b>P</b>	,000

( $p \leq 0,05$ )

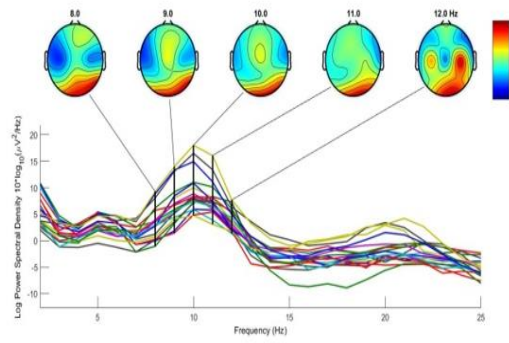
Tablo 4.17 incelendiğinde anaerobik yorgunluk sonrası ilk ölçümdeki alfa frekansı tepe noktası ile 1 dakikalık dinlenme sonrasıdaki alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ( $p \leq 0,05$ ). Bu doğrultuda H.2.1. kabul edilmiştir.

Anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 1 dakika dinlenme sonrası topografik görseller:

Yorgunluk Sonrası Ölçümler

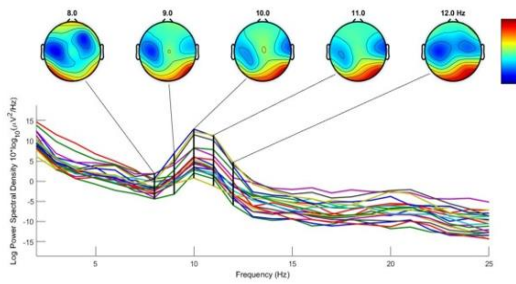


1 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler

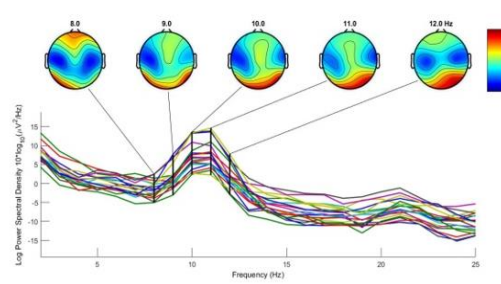


**Görsel 4.10.** K1'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 1 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

Yorgunluk Sonrası Ölçümler

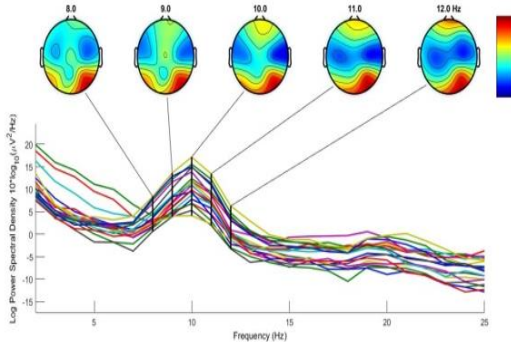


1 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler

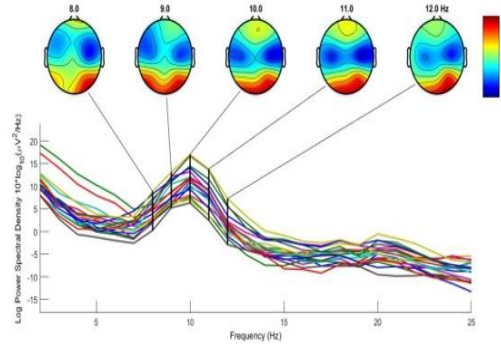


**Görsel 4.11.** K2'nin anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 1 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

### Yorgunluk Sonrası Ölçümler

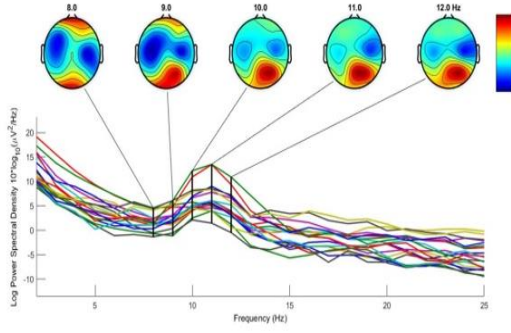


### 1 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler

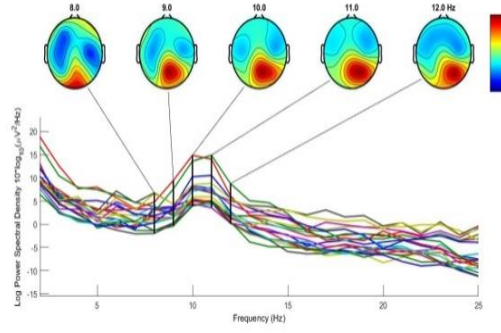


**Görsel 4.12.** K3'ün anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 1 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

### Yorgunluk Sonrası Ölçümler

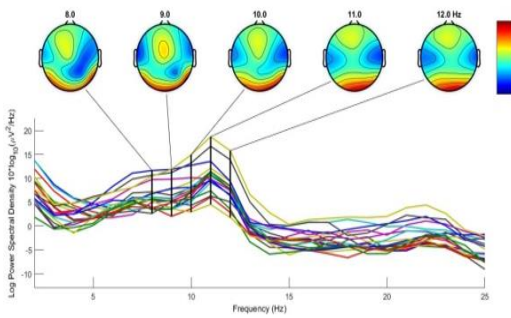


### 1 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler

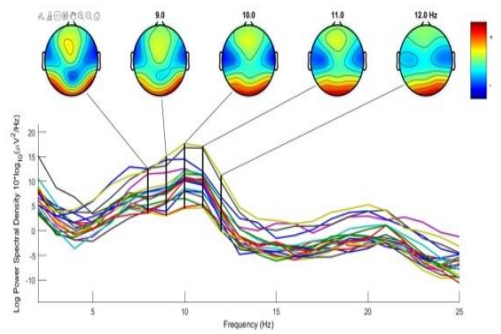


**Görsel 4.13.** K4'ün anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 1 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

### Yorgunluk Sonrası Ölçümler

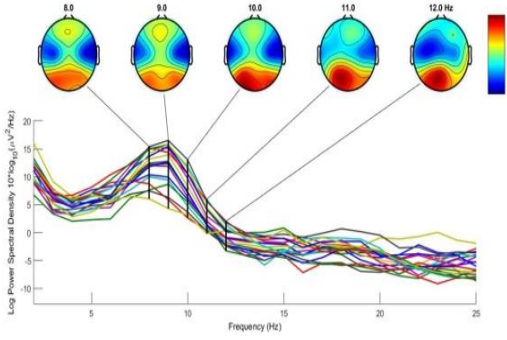


### 1 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler

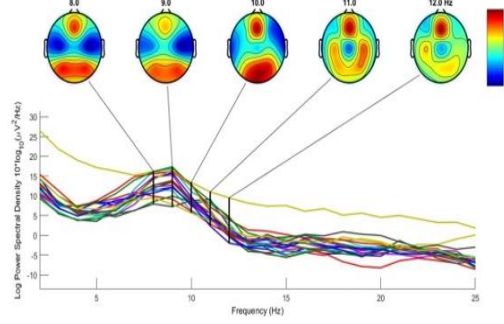


**Görsel 4.14.** K5'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 1 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

### Yorgunluk Sonrası Ölçümler

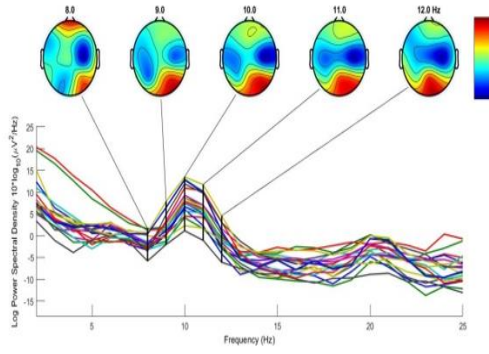


### 1 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler

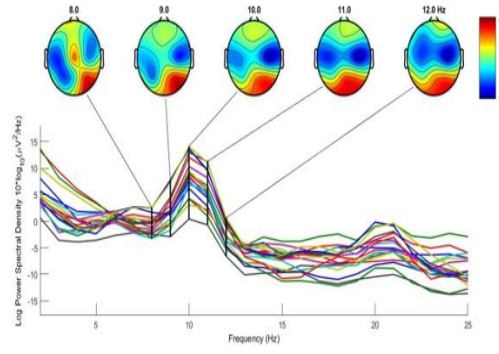


**Görsel 4.15.** K6'nın anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 1 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

### Yorgunluk Sonrası Ölçümler

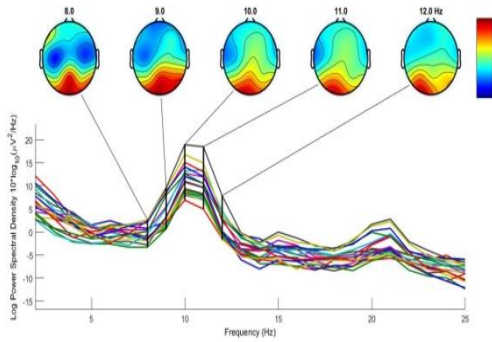


### 1 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler

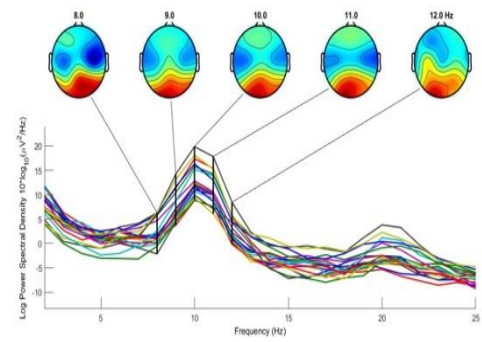


**Görsel 4.16.** K7'nin anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 1 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

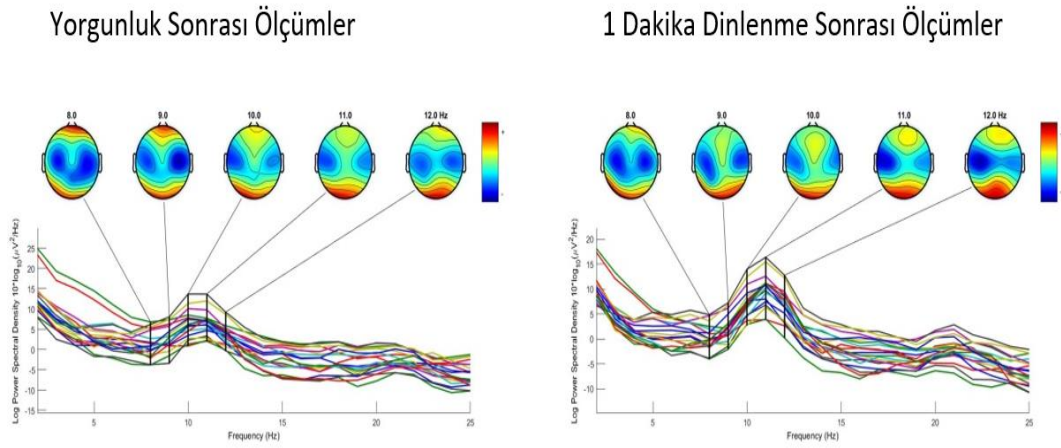
### Yorgunluk Sonrası Ölçümler



### 1 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler



**Görsel 4.17.** K8'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 1 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri



**Görsel 4.18.** K9'un anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 1 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

Topografik görseller incelendiğinde yorgunluk durumunda oluşan alfa aktivasyonunun 1 dakika dinlenme sonrası oluşan alfa aktivasyonundan daha az olduğu görülmektedir. Odaklanma durumunda oksipital bölgede oluşan alfa aktivasyonu yoğunluğunu gösteren kırmızı renk 1 dakikalık dinlenme ile yine oksipital bölgede artmaktadır. Alfa aktivasyonu yoğunluğu mavi renkten kırmızı renge doğru artmaktadır. Bu doğrultuda topografik görseller incelendiğinde 1. dakikadaki görsellerde mavi rengin azadığı görülmektedir. Tablo 4.18 incelendiğinde bu farklılık istatistiksel olarak ortaya konulmuştur. Tablo 4.19' de ise bu farklılığın sıralama tablosu yer almaktadır.

H2.1.1 Yorgunluk sonrası beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 1dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.18.** Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 1.dakika dinlenme süresindeki beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular

1. dakika-30 saniye	
<b>Z</b>	-6,518
<b>P</b>	,000

( $p \leq 0,05$ )

Tablo 4.18 incelendiğinde anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 1.dakika dinlenme süreleri arasında beynin frontal bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ( $p \leq 0,05$ ). H2.1.1 kabul edilmiştir.

**Tablo 4.19.** *Beynin frontal bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 1. dinlenme dakikası alfa tepe noktası sıralama tablosu*

	<b>N</b>	<b>Ort. Sıra</b>	<b>Sıra Top.</b>	
	Negatif sıralama	8 <sup>a</sup>	7,00	56,00
<b>1.dakika-30.saniye</b>	Pozitif sıralama	55 <sup>b</sup>	35,64	1960,00
	Eşitlik	0 <sup>c</sup>		
	Total	63		

a. 1.dakika <30.saniye

b. 1.dakika > 30.saniye

H2.1.2 Yorgunluk sonrası beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 1 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.20.** *Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 1.dakika dinlenme süresindeki beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular*

	<b>1.dakika- 30.saniye</b>
<b>Z</b>	-2,461
<b>P</b>	,014

( $p \leq 0,05$ )

Tablo 4.20 incelendiğinde anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 1.dakika dinlenme süreleri arasında beynin temporal bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ( $p \leq 0,05$ ).

H2.1.2 kabul edilmiştir.



**Tablo 4.21.** *Beynin temporal bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 1.dinlenme dakikası alfa tepe noktası sıralama tablosu*

	<b>N</b>	<b>Ort. Sıra</b>	<b>Sıra Top.</b>
<b>Negatif sıralama</b>	4 <sup>a</sup>	7,25	29,00
<b>Pozitif sıralama</b>	14 <sup>b</sup>	10,14	142,00
<b>1.dakika- 30.saniye</b>			
<b>Eşitlik</b>	0 <sup>c</sup>		
<b>Total</b>	18		

- a. 1.dakika <30.saniye  
b. 1.dakika > 30.saniye  
c. 1.dakika = 30.saniye

H2.1.3 Yorgunluk sonrası beyin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 1 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beyin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.22.** *Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 1.dakika dinlenme süresindeki beyin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular*

	<b>Ort.</b>	<b>SS</b>	<b>P</b>
<b>30.saniye- 1.dakika</b>	-1,89120	1,99707	,000

(p≤0,05)

Tablo 4.22 incelendiğinde anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 1.dakika dinlenme süreleri arasında beyin parietal bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir (p≤0,05). H2.1.3 kabul edilmiştir.

**Tablo 4.23.** *Beynin parietal bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 1.dinlenme dakikası alfa tepe noktası ortalamaları*

	<b>Ort.</b>	<b>N</b>	<b>SS</b>	<b>Std. Hata Ort.</b>
<b>30.saniye</b>	7,3738	45	5,38328	,80249
<b>1.dakika</b>	9,2650	45	5,79980	,86458

Tablo 4.23 incelendiğinde 1 dakikalık dinlenme sonrası beyin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarının ortalamalarının yorgunluk sonrası ilk 30 saniyedeki alfa frekansı tepe noktalarının ortalamalarından daha büyük olduğu görülmektedir.

H2.1.4 Yorgunluk sonrası beyin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 1 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beyin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.24.** *Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 1.dakika dinlenme süresindeki beyin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular*

	<b>1.dakika- 30.saniye</b>
<b>Z</b>	-4,084
<b>P</b>	,000

( $p \leq 0,05$ )

Tablo 4.24 incelendiğinde anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 1.dakika dinlenme süreleri arasında beyin central bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ( $p \leq 0,05$ ). H2.1.4 kabul edilmiştir.

**Tablo 4.25.** *Beynin central bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 1.dinlenme dakikası alfa tepe noktası sıralama tablosu*

	N	Ort. Sıra	Sıra Top.	
	<b>Negatif sıralama</b>	3 <sup>a</sup>	6,33	19,00
<b>1.dakika-30.saniye</b>	<b>Pozitif sıralama</b>	24 <sup>b</sup>	14,96	359,00
	<b>Eşitlik</b>	0 <sup>c</sup>		
	<b>Total</b>	27		

a. 1.dakika < 30.saniye

b. 1.dakika > 30.saniye

c. 1.dakika = 30.saniye

H2.1.5 Yorgunluk sonrası beyin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 1 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beyin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.26.** *Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 1.dakika dinlenme süresindeki beyin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular*

	Ort.	SS	Std. Hata Ort.	P
<b>30.saniye-1.dakika</b>	-4,50343	2,70508	,63759	,000

(p≤0,05)

Tablo 4.26 incelendiğinde anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 1.dakika dinlenme süreleri arasında beyin oksipital bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir (p≤0,05). H2.1.5 kabul edilmiştir.

**Tablo 4.27.** *Beynin oksipital bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 1.dinlenme dakikası alfa tepe noktası ortalamaları*

	<b>Ort.</b>	<b>N</b>	<b>SS</b>	<b>Std. Hata Ort.</b>
<b>30.saniye</b>	14,2543	18	7,70039	1,81500
<b>1.dakika</b>	18,7578	18	9,25136	2,18057

Tablo 4.27 incelendiğinde 1 dakikalık dinlenme sonrası beyin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarının ortalamalarının yorgunluk sonrası ilk 30 saniyedeki alfa frekansı tepe noktalarının ortalamalarından daha büyük olduğu görülmektedir.

H2.2. Yorgunluk sonrası beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 3dakikalık dinlenme süresi sonrasındaki beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

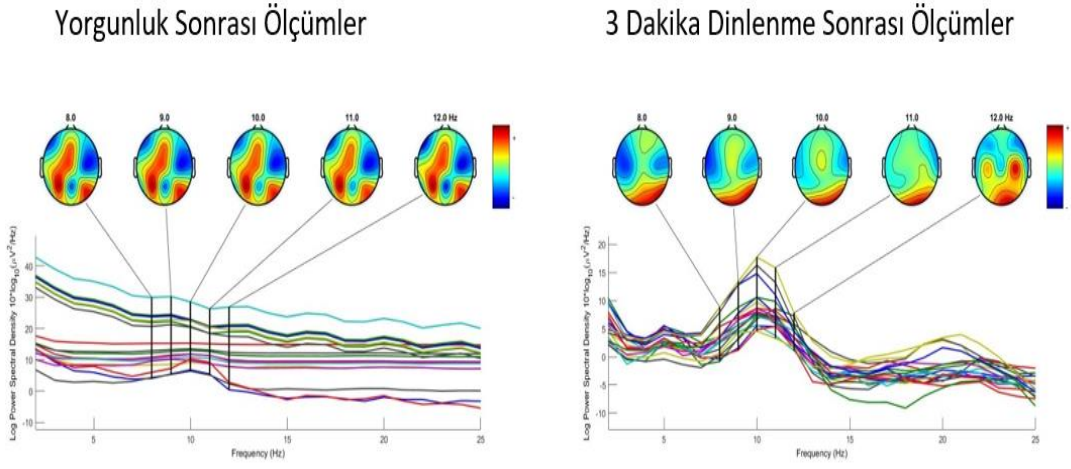
**Tablo 4.28.** *Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 3.dakika dinlenme süresindeki beyinde oluşan alfa*

<i>frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular</i>	
<b>3.dakika- 30.saniye</b>	
<b>Z</b>	-6,316
<b>P</b>	,000

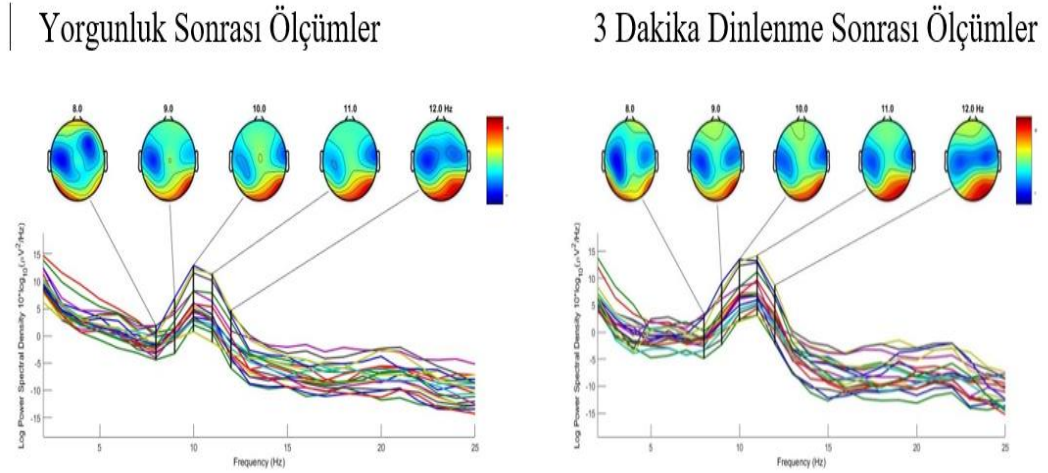
( $p \leq 0,05$ )

Tablo 4.28 incelendiğinde anaerobik yorgunluk sonrası ilk ölçümdeki alfa frekansı tepe noktası ile 3 dakikalık dinlenme sonrasındaki alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ( $p \leq 0,05$ ). Bu doğrultuda H.2.2. kabul edilmiştir.

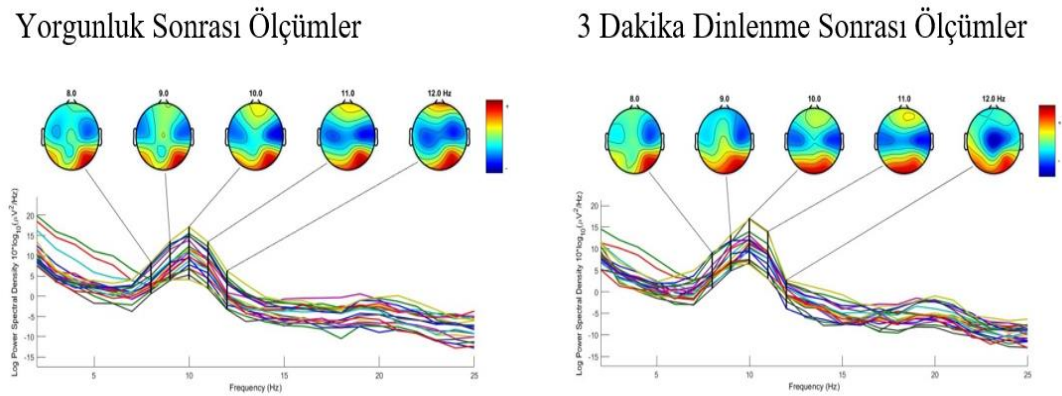
**Anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 3 dakika dinlenme sonrası topografik görseller:**



**Görsel 4.19.** K1'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 3 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

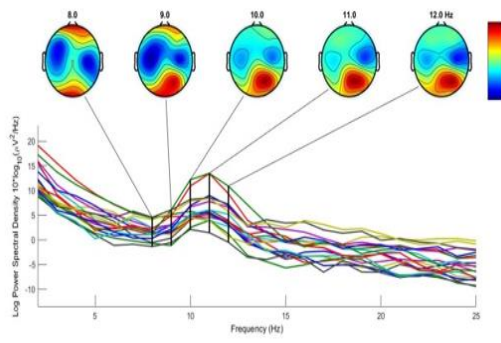


**Görsel 4.20.** K2'nin anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 3 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

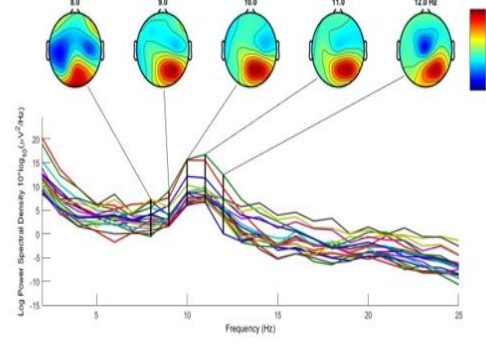


**Görsel 4.21.** K3'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 3 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

### Yorgunluk Sonrası Ölçümler

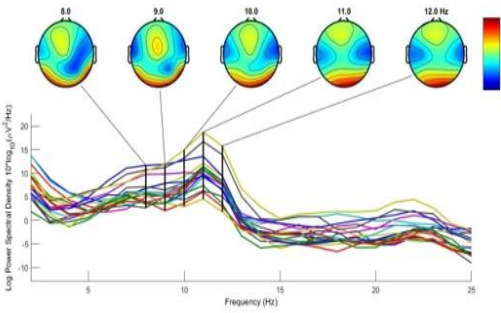


### 3 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler

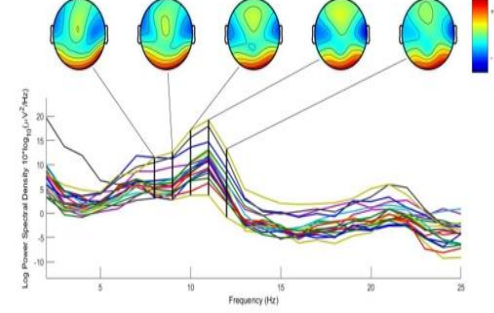


**Görsel 4.22.** K4'ün anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 3 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

### Yorgunluk Sonrası Ölçümler

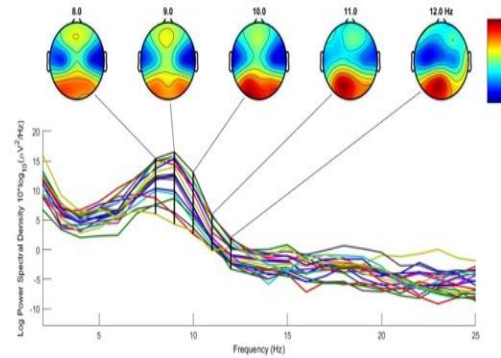


### 3 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler

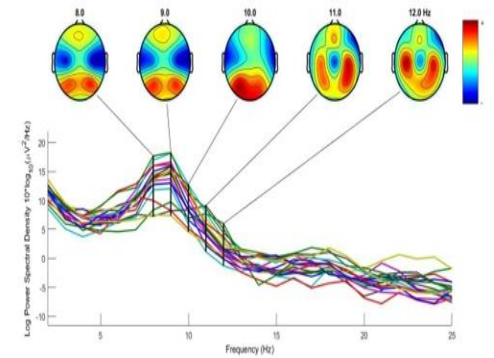


**Görsel 4.23.** K5'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 3 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

### Yorgunluk Sonrası Ölçümler

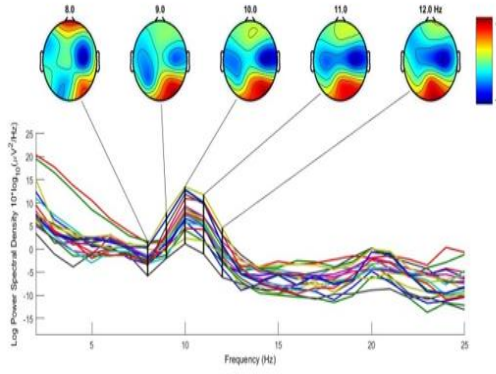


### 3 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler

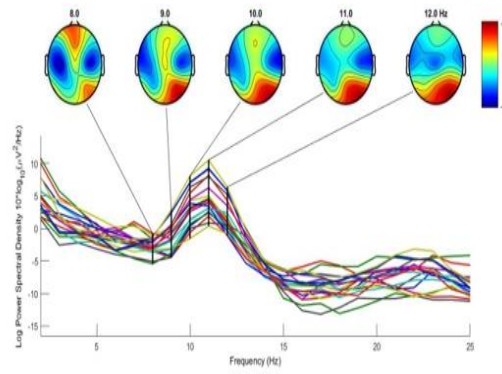


**Görsel 4.24.** K6'nın anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 3 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

### Yorgunluk Sonrası Ölçümler

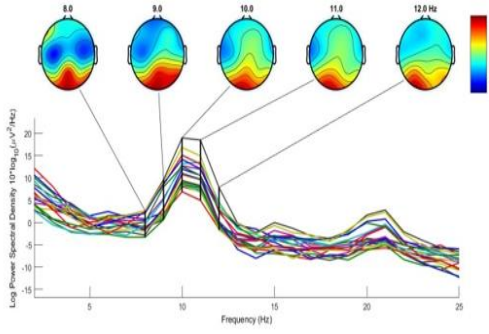


### 3 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler

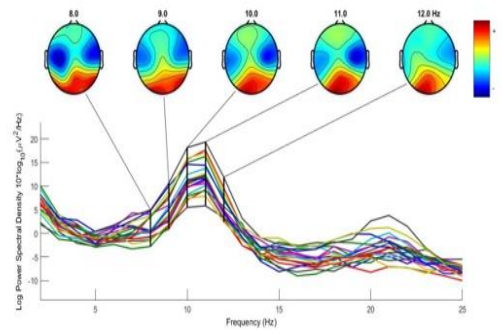


**Görsel 4.25.** K7'nin anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 3 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

### Yorgunluk Sonrası Ölçümler

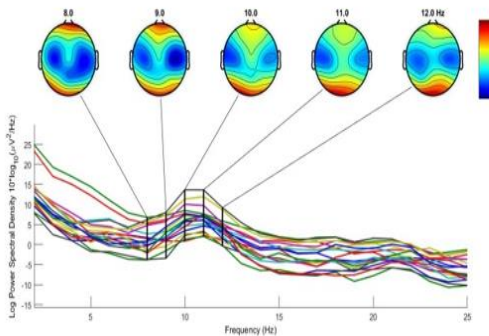


### 3 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler

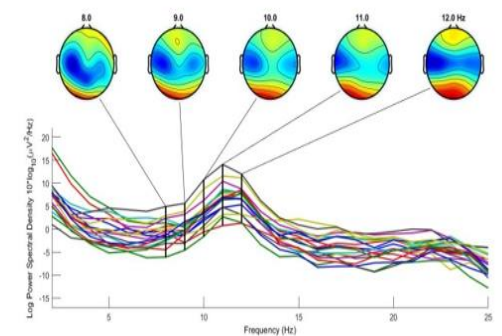


**Görsel 4.26.** K8'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 3 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

### Yorgunluk Sonrası Ölçümler



### 3 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler



**Görsel 4.27.** K9'un anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 3 dakika dinlenme sonrası topografik görseller

Topografik görseller incelendiğinde yorgunluk durumunda oluşan alfa aktivasyonunun 3 dakika dinlenme sonrası oluşan alfa aktivasyonundan daha az olduğu görülmektedir. Odaklanma durumunda oksipital bölgede oluşan alfa aktivasyonu

yoğunluğunu gösteren kırmızı renk 3 dakikalık dinlenme ile yine oksipital bölgede artmaktadır. Alfa aktivasyonu yoğunluğu mavi renkten kırmızı renge doğru artmaktadır. Bu doğrultuda topografik görseller incelendiğinde 3. dakikadaki görsellerde mavi rengin azadığı görülmektedir. 3 dakikalık dinlenme süresi sonrası oksipital bölgede oluşan alfa aktivasyonu yoğunluğunu gösteren kırmızı renk, yorgunluk sonrası ölçümde oksipital bölgede oluşan alfa aktivasyonu yoğunluğunu gösteren kırmızı renkten daha fazladır. Tablo 4.29 incelendiğinde yorgunluk durumu ve 3 dakikalık dinlenme süreleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş ve tablo 4.30' de sıralamada 3 dakikalık dinlenmedeki alfa frekansı tepe noktasının daha fazla olduğu görülmektedir.

H2.2.1 Yorgunluk sonrası beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 3 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.29.** *Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 3.dakika dinlenme süresindeki beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular*

<b>3.dakika- 30.saniye</b>	
<b>Z</b>	-4,327
<b>P</b>	,000

(p≤0,05)

Tablo 4.29 incelendiğinde anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 3.dakika dinlenme süreleri arasında beynin frontal bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir (p≤0,05). H2.2.1 kabul edilmiştir.



**Tablo 4.30.** *Beynin frontal bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 3. dakika alfa tepe noktası sıralama tablosu*

	N	Ort. Sıra	Sıra Top.	
<b>3.dakika- 30.saniye</b>	<b>Negatif sıralama</b>	13 <sup>d</sup>	28,92	376,00
	<b>Pozitif sıralama</b>	50 <sup>e</sup>	32,80	1640,00
	<b>Eşitlik</b>	0 <sup>f</sup>		
	<b>Total</b>	63		

d. 3.dakika <30.saniye

e. 3.dakika > 30.saniye

f. 3.dakika = 30.saniye

H2.2.2 Yorgunluk sonrası beyin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 3 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beyin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.31.** *Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 3.dakika dinlenme süresindeki beyin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular*

<b>3.dakika- 30.saniye</b>	
<b>Z</b>	-1,807 <sup>b</sup>
<b>P</b>	,071*

(p≤0,05)

Tablo 4.31 incelendiğinde anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 3.dakika dinlenme süreleri arasında beyin temporal bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir (p>0,05). H2.2.2 reddedilmiştir.

H2.2.3 Yorgunluk sonrası beyin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 3 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beyin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.32.** *Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 3.dakika dinlenme süresindeki beyin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular*

<b>3.dakika- 30.saniye</b>	
<b>Z</b>	-2,681 <sup>b</sup>
<b>P</b>	,007

(p≤0,05)

Tablo 4.32 incelendiğinde anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 3.dakika dinlenme süreleri arasında beynin parietal bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ( $p \leq 0,05$ ). H2.2.3 kabul edilmiştir.

**Tablo 4.33.** *Beynin frontal bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 3. dakika alfa tepe noktası sıralama tablosu*

		<b>N</b>	<b>Ort. Sıra</b>	<b>Sıra Top.</b>
	<b>Negatif sıralama</b>	14 <sup>a</sup>	20,00	280,00
<b>3.dakika-30.saniye</b>	<b>Pozitif sıralama</b>	31 <sup>b</sup>	24,35	755,00
	<b>Eşitlik</b>	0 <sup>c</sup>		
	<b>Total</b>	45		

a. 3.dakika <30.saniye

b. 3.dakika > 30.saniye

c. 3.dakika = 30.saniye

d. 5.dakika <30.saniye

H2.2.4 Yorgunluk sonrası beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 3 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.34.** *Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 3.dakika dinlenme süresindeki beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular*

	<b>3.dakika- 30.saniye</b>
<b>Z</b>	-2,763
<b>P</b>	,006

( $p \leq 0,05$ )

Tablo 4.34 incelendiğinde anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 3.dakika dinlenme süreleri arasında beynin central bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ( $p \leq 0,05$ ). H2.2.4 kabul edilmiştir.

**Tablo 4.35.** *Beynin central bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 3.dinlenme dakikası alfa tepe noktası sıralama tablosu*

	N	Ort. Sıra	Sıra Top.
<b>3.dakika- 30.saniye</b>			
<b>Negatif sıralama</b>	7 <sup>d</sup>	10,57	74,00
<b>Pozitif sıralama</b>	20 <sup>e</sup>	15,20	304,00
<b>Eşitlik</b>	0 <sup>f</sup>		
<b>Total</b>	27		

d. 3.dakika <30.saniye

e. 3.dakika > 30.saniye

f. 3.dakika = 30.saniye

H2.2.5 Yorgunluk sonrası beyin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 3 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beyin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.36.** *Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 3.dakika dinlenme süresindeki beyin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular*

	Ort.	SS	Std. Hata Ort.	P
<b>30.saniye- 3.dakika</b>	-3,46973	5,36013	1,26340	,014*

(p≤0,05)

Tablo 4.36 incelendiğinde anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 3.dakika dinlenme süreleri arasında beyin oksipital bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir (p≤0,05). H2.2.5 kabul edilmiştir.

**Tablo 4.37.** *Beynin oksipital bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 3.dinlenme dakikası alfa tepe noktası ortalamaları*

	Ort.	N	SS	Std. Hata Ort.
<b>30.saniye</b>	14,2543	18	7,70039	1,81500
<b>3.dakika</b>	17,7241	18	11,48082	2,70606

Tablo 4.37 incelendiğinde 3 dakikalık dinlenme sonrası beyin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarının ortalamalarının yorgunluk sonrası ilk 30 saniyedeki alfa frekansı tepe noktalarının ortalamalarından daha büyük olduğu görülmektedir.

H2.3. Yorgunluk sonrası beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 5 dakikalık

dinlenme süresi sonrasındaki beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

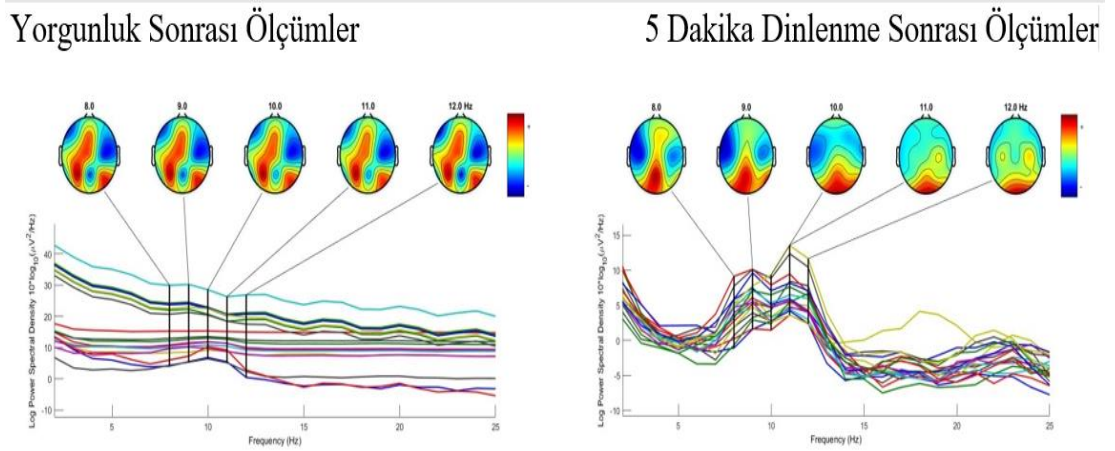
**Tablo 4.38.** *Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 5.dakika dinlenme süresindeki beyinde oluşan Alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular*

5.dakika- 30.saniye	
Z	-1,165 <sup>b</sup>
P	,244*

( $p \leq 0,05$ )

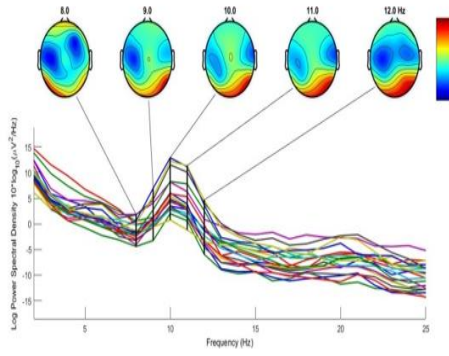
Tablo 4.38 incelendiğinde anaerobik yorgunluk sonrası ilk ölçümdeki alfa frekansı tepe noktası ile 5 dakikalık dinlenme sonrasındaki alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ( $p > 0,05$ ). Bu doğrultuda H.2.3. reddedilmiştir.

Anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 5 dakika dinlenme sonrası topografik görseller:

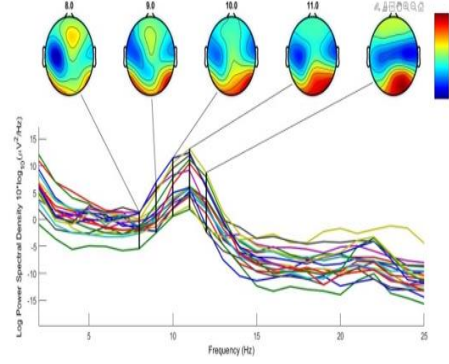


**Görsel 4.28.** *K1'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 5 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri*

### Yorgunluk Sonrası Ölçümler

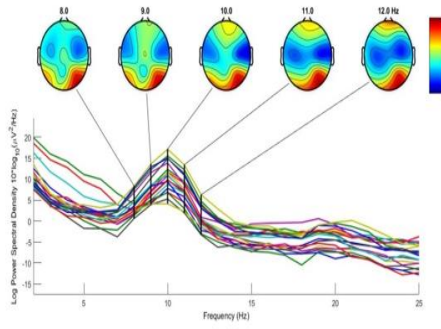


### 5 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler

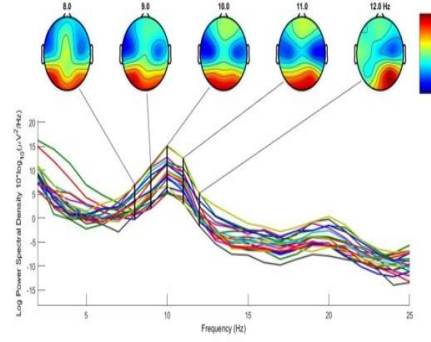


**Görsel 4.29.** K2'nin anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 5 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

### Yorgunluk Sonrası Ölçümler

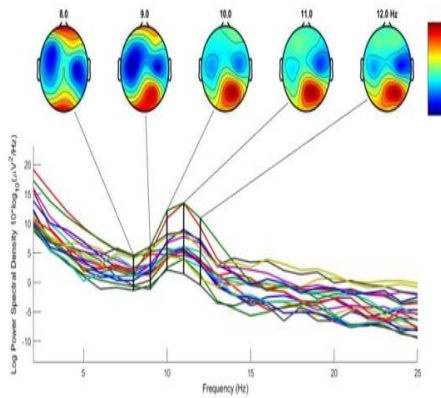


### 5 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler

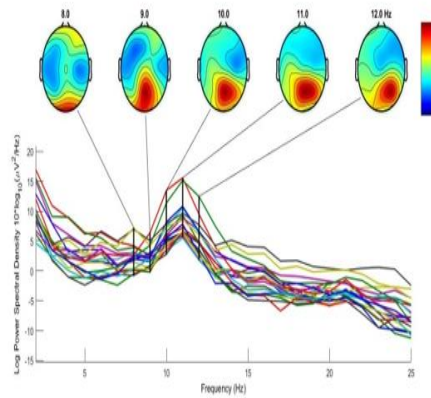


**Görsel 4.30.** K3'ün anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 5 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

### Yorgunluk Sonrası Ölçümler

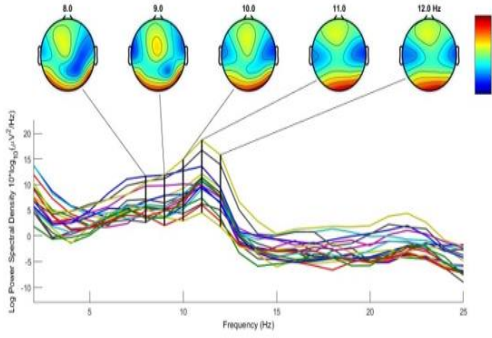


### 5 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler

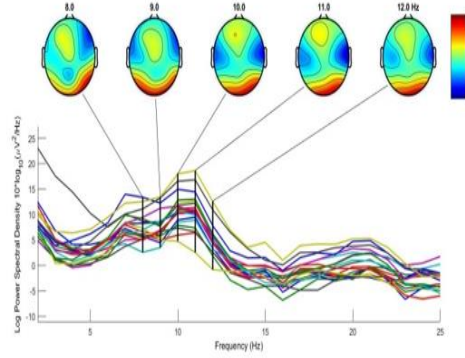


**Görsel 4.31.** K4'ün anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 5 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

## Yorgunluk Sonrası Ölçümler

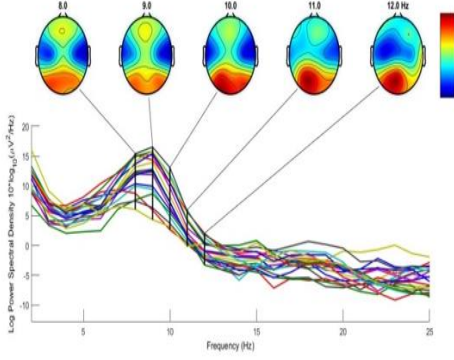


## 5 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler

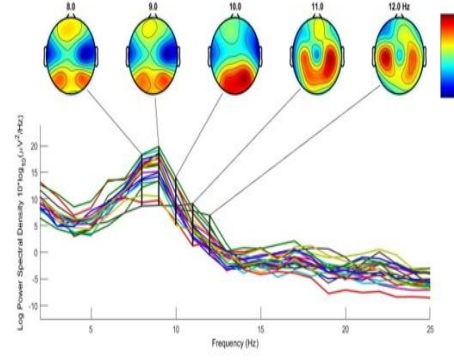


**Görsel 4.32.** K5'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 5 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

## Yorgunluk Sonrası Ölçümler

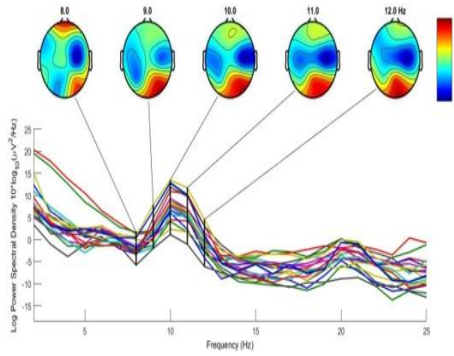


## 5 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler

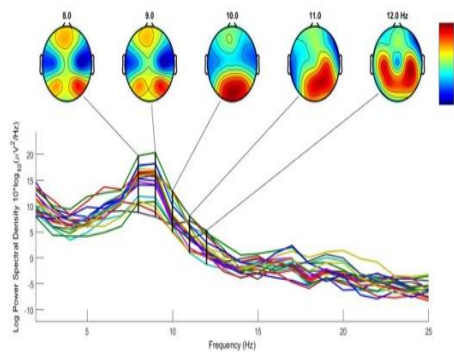


**Görsel 4.33.** K6'nın anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 5 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

## Yorgunluk Sonrası Ölçümler



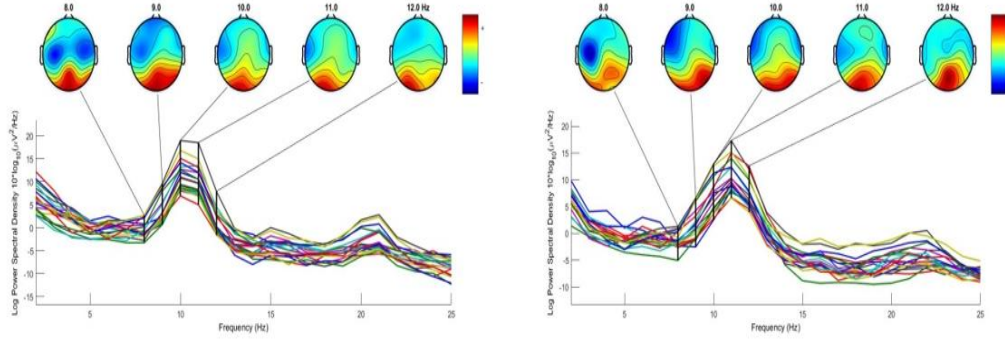
## 5 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler



**Görsel 4.34.** K7'nin anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 5 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

## Yorgunluk Sonrası Ölçümler

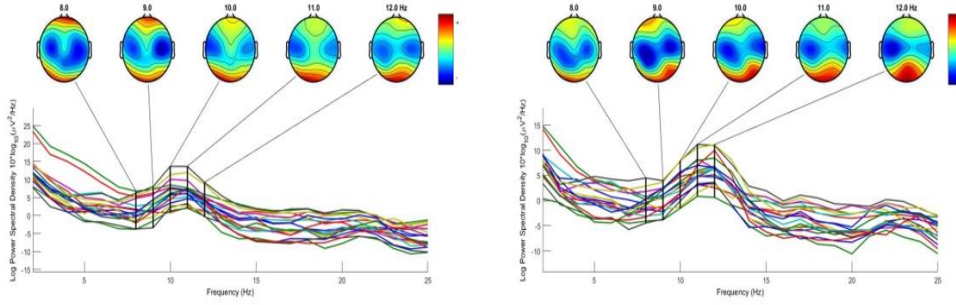
## 5 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler



**Görsel 4.35.** K8'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 5 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

## Yorgunluk Sonrası Ölçümler

## 5 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler



**Görsel 4.36.** K9'un anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 5 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

Topografik görseller incelendiğinde yorgunluk durumunda oluşan alfa aktivasyonunun 5 dakika dinlenme sonrası oluşan alfa aktivasyonu ile tepe yapan noktalarda benzer topografik şekil açısından benzer olduğu görülmektedir. Alfa aktivasyonu yoğunluğu mavi renkten kırmızı renge doğru artmaktadır. Tablo 4.41 incelendiğinde alfa tepe noktaları yorgunluk durumunda ve 5. Dinlenme dakikasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir. Topografik olarak alfa frekansının tepe yaptığı noktaların görsellerinin benzer olması bu durumu desteklemektedir.

H2.3.1 Yorgunluk sonrası beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 5 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.39.** Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 5.dakika dinlenme süresindeki beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular

5.dakika- 30.saniye	
<b>Z</b>	-,308
<b>P</b>	,758*

(p≤0,05)

Tablo 4.39 incelendiğinde anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 5.dakika dinlenme süreleri arasında beynin frontal bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir (p>0,05). H2.3.1 reddedilmiştir.

**Tablo 4.40.** Beynin frontal bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 5. dakika alfa tepe noktası sıralama tablosu

	<b>N</b>	<b>Ort. Sıra</b>	<b>Sıra Top.</b>
<b>5.dakika- 30.saniye</b>			
<b>Negatif sıralama</b>	31 <sup>g</sup>	31,06	963,00
<b>Pozitif sıralama</b>	32 <sup>h</sup>	32,91	1053,00
<b>Eşitlik</b>	0 <sup>i</sup>		
<b>Total</b>	63		

g. 5.dakika <30.saniye

h. 5.dakika > 30.saniye

i. 5.dakika = 30.saniye

H2.3.2 Yorgunluk sonrası beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 5 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.41.** Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 5.dakika dinlenme süresindeki beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular

5.dakika - 30.saniye	
<b>Z</b>	-1,023
<b>P</b>	,306*

(p≤0,05)

Tablo 4.41 incelendiğinde anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 5.dakika dinlenme süreleri arasında beynin temporal bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir (p>0,05). H2.3.2 reddedilmiştir.



**Tablo 4.42.** *Beynin temporal bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 5. dakika alfa tepe noktası sıralama tablosu*

	<b>N</b>	<b>Ort. Sıra</b>	<b>Sıra Top.</b>
<b>5.dakika- 30.saniye</b>			
<b>Negatif sıralama</b>	7 <sup>g</sup>	8,86	62,00
<b>Pozitif sıralama</b>	11 <sup>h</sup>	9,91	109,00
<b>Eşitlik</b>	0 <sup>i</sup>		
<b>Total</b>	18		

g. 5.dakika <30.saniye

h. 5.dakika > 30.saniye

i. 5.dakika = 30.saniye

H2.3.3 Yorgunluk sonrası beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 5 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.43.** *Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 5.dakika dinlenme süresindeki beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular*

<b>5.dakika- 30.saniye</b>	
<b>Z</b>	-,852
<b>P</b>	,394

(p≤0,05)

Tablo 4.43 incelendiğinde anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 5.dakika dinlenme süreleri arasında beynin parietal bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir (p>0,05). H2.3.3 reddedilmiştir.

**Tablo 4.44.** *Beynin parietal bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 5. dinlenme dakikası alfa tepe noktası sıralama tablosu*

	<b>N</b>	<b>Ort. Sıra</b>	<b>Sıra Top.</b>
<b>5.dakika- 30.saniye</b>			
<b>Negatif sıralama</b>	20 <sup>d</sup>	22,10	442,00
<b>Pozitif sıralama</b>	25 <sup>e</sup>	23,72	593,00
<b>Eşitlik</b>	0 <sup>f</sup>		
<b>Total</b>	45		

d. 5.dakika <30.saniye

e. 5.dakika > 30.saniye

f. 5.dakika = 30.saniye

H2.3.4 Yorgunluk sonrası beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 5 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.45.** *Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 5.dakika dinlenme süresindeki beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular*

<b>5.dakika- 30.saniye</b>	
<b>Z</b>	-1,045
<b>P</b>	,296*

(p≤0,05)

Tablo 4.45 incelendiğinde anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 5.dakika dinlenme süreleri arasında beynin central bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir (p>0,05). H2.3.4 reddedilmiştir.

**Tablo 4.46.** *Beynin central bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 5.dinlenme dakikası alfa tepe noktası sıralama tablosu*

	N	Ort. Sıra	Sıra Top.	
5.dakika - 30.saniye	<b>Negatif sıralama</b>	12 <sup>g</sup>	12,13	145,50
	<b>Pozitif sıralama</b>	15 <sup>h</sup>	15,50	232,50
	<b>Eşitlik</b>	0 <sup>i</sup>		
	<b>Total</b>	27		

g. 5.dakika <30.saniye

h. 5.dakika > 30.saniye

i. 5.dakika = 30.saniye

H2.3.5 Yorgunluk sonrası beyin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 5 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beyin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.47.** *Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 5.dakika dinlenme süresindeki beyin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular*

	Ort.	SS	Std. Hata Ort.	P
<b>30.saniye- 5.dakika</b>	,47554	7,65892	1,80522	,795*

(p≤0,05)

Tablo 4.47 incelendiğinde anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 5.dakika dinlenme süreleri arasında beyin oksipital bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir (p>0,05). H2.3.5 reddedilmiştir.

**Tablo 4.48.** *Beynin oksipital bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 5.dinlenme dakikası alfa tepe noktası ortalamaları*

	Ort.	N	SS	Std. Hata Ort.
<b>30.saniye</b>	14,2543	18	7,70039	1,81500
<b>5.dakika</b>	13,7788	18	10,86680	2,56133

Tablo 4.48 incelendiğinde 5 dakikalık dinlenme sonrası beynin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarının ortalamaları ile yorgunluk sonrası ilk 30 saniyedeki alfa frekansı tepe noktalarının ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir büyüklük farkı yoktur.

H2.4. Yorgunluk sonrası beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 7 dakikalık dinlenme süresi sonrasındaki beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

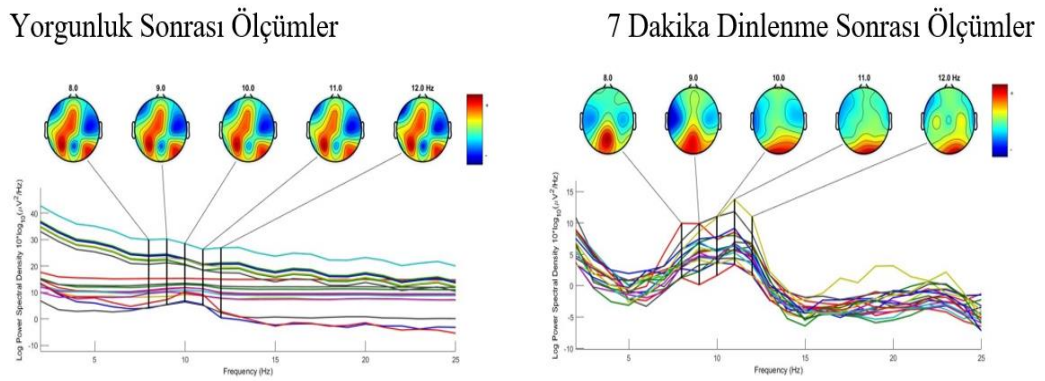
**Tablo 4.49. Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 7.dakika dinlenme süresindeki beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular**

	7.dakika - 30.saniye
<b>Z</b>	-5,737 <sup>b</sup>
<b>P</b>	,000

( $p \leq 0,05$ )

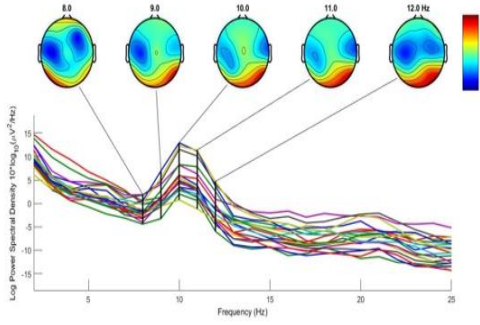
Tablo 4.49 incelendiğinde anaerobik yorgunluk sonrası ilk ölçümdeki alfa frekansı tepe noktası ile 7 dakikalık dinlenme sonrasındaki alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ( $p \leq 0,05$ ). H2.4 kabul edilmiştir.

**Anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 7 dakika dinlenme sonrası topografik görseller:**

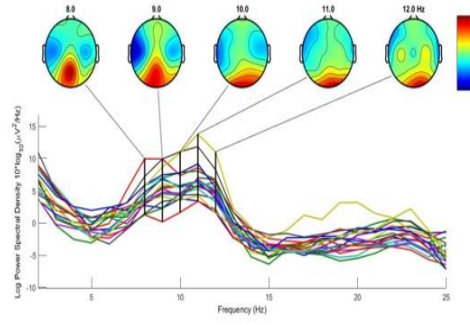


**Görsel 4.37. K1 'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 7 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri**

### Yorgunluk Sonrası Ölçümler

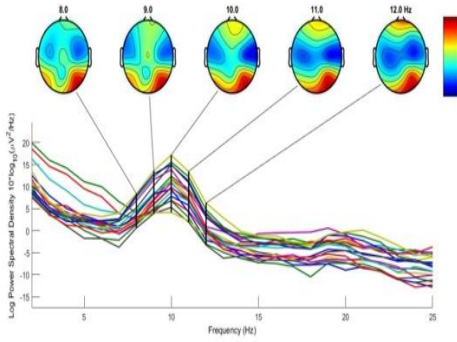


### 7 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler

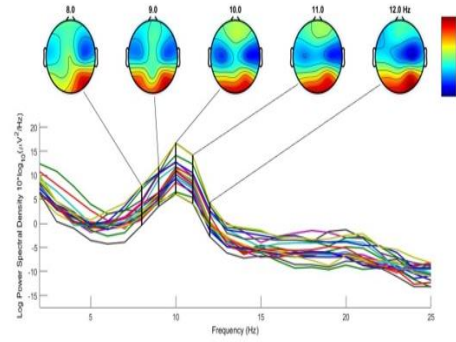


**Görsel 4.38.** K2'nin anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 7 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

### Yorgunluk Sonrası Ölçümler

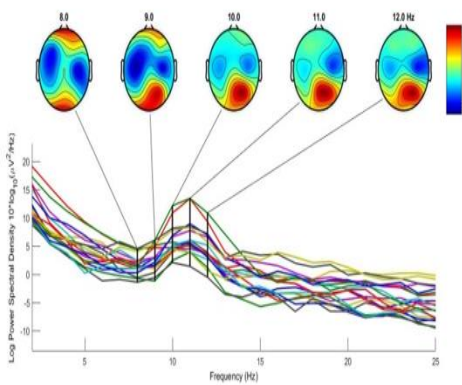


### 7 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler

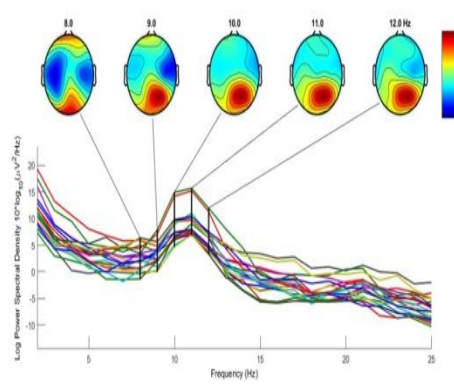


**Görsel 4.39.** K3'ün anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 7 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

### Yorgunluk Sonrası Ölçümler

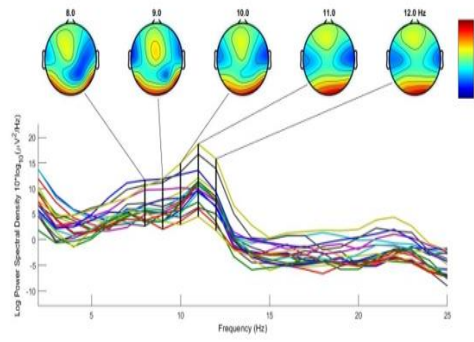


### 7 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler

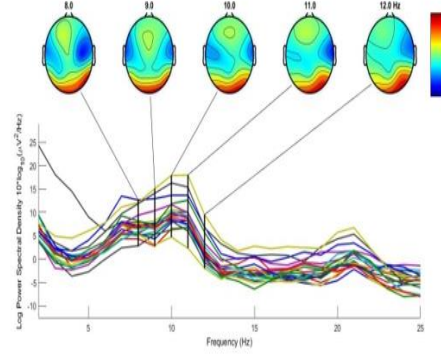


**Görsel 4.40.** K4'ün anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 7 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

### Yorgunluk Sonrası Ölçümler

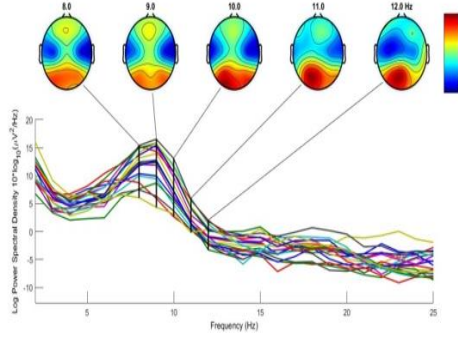


### 7 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler

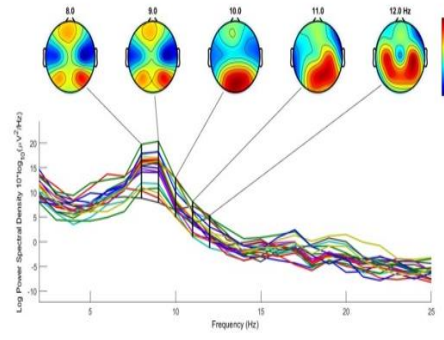


**Görsel 4.41.** K5'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 7 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

### Yorgunluk Sonrası Ölçümler

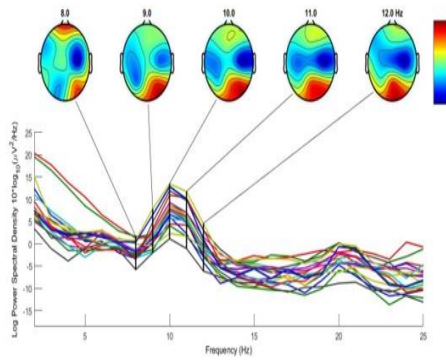


### 7 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler

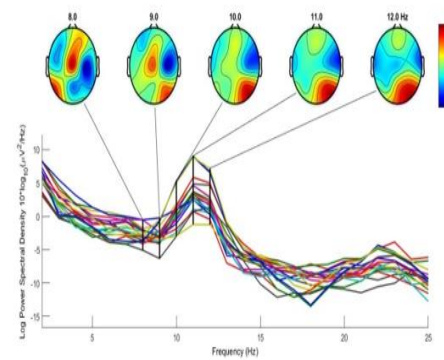


**Görsel 4.42.** K6'nin anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 7 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

### Yorgunluk Sonrası Ölçümler

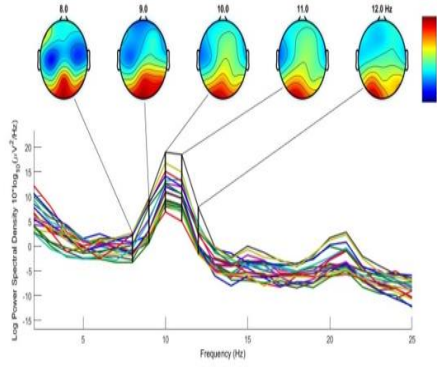


### 7 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler

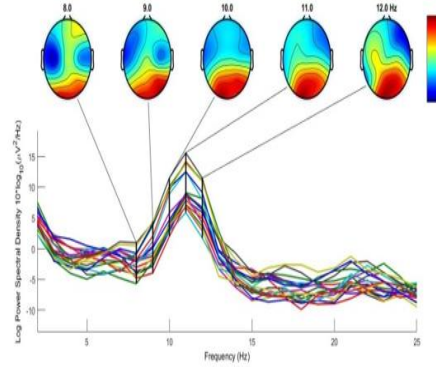


**Görsel 4.43.** K7'nin anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 7 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

### Yorgunluk Sonrası Ölçümler

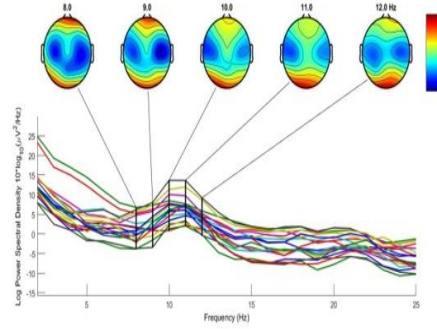


### 7 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler

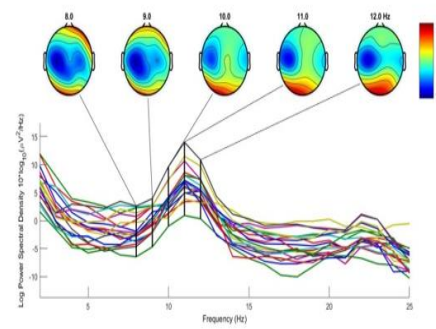


**Görsel 4.44.** K8'in anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 7 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

### Yorgunluk Sonrası Ölçümler



### 7 Dakika Dinlenme Sonrası Ölçümler



**Görsel 4.45.** K9'un anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve 7 dakika dinlenme sonrası topografik görselleri

Topografik görseller incelendiğinde yorgunluk durumunda oluşan alfa aktivasyonunun 7 dakika dinlenme sonrası oluşan alfa aktivasyonundan daha az olduğu görülmektedir. Odaklanma durumunda oksipital bölgede oluşan alfa aktivasyonu yoğunluğunu gösteren kırmızı renk 7 dakikalık dinlenme ile yine oksipital bölgede artmaktadır. Alfa aktivasyonu yoğunluğu mavi renkten kırmızı renge doğru artmaktadır. Bu doğrultuda topografik görseller incelendiğinde 7. dakikadaki görsellerde mavi rengin azadığı görülmektedir. 7 dakikalık dinlenme süresi sonrası oksipital bölgede oluşan alfa aktivasyonu yoğunluğunu gösteren kırmızı renk, yorgunluk sonrası ölçümde oksipital bölgede oluşan alfa aktivasyonu yoğunluğunu gösteren kırmızı renkten daha fazladır. Bu durumdaki istatistiksel farklılık tablo 4.50 de kanıtlanmış olup tablo 4.51' te sıralama gösterilmektedir.

H2.4.1 Yorgunluk sonrası beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 7 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.50.** Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 7.dakika dinlenme süresindeki beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular

	7.dakika- 30.saniye
<b>Z</b>	-3,697
<b>P</b>	,000

( $p \leq 0,05$ )

Tablo 4.50 incelendiğinde anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 7.dakika dinlenme süreleri arasında beynin frontal bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ( $p \leq 0,05$ ). H2.4.1 kabul edilmiştir.

**Tablo 4.51.** Beynin frontal bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 7. dakika alfa tepe noktası sıralama tablosu

	N	Ort. Sıra	Sıra Top.
<b>7.dakika - 30.saniye</b>			
<b>Negatif sıralama</b>	20 <sup>j</sup>	23,40	468,00
<b>Pozitif sıralama</b>	43 <sup>k</sup>	36,00	1548,00
<b>Eşitlik</b>	0 <sup>l</sup>		
<b>Total</b>	63		

j. 7.dakika < 30.saniye

k. 7.dakika > 30.saniye

l. 7.dakika = 30.saniye

H2.4.2 Yorgunluk sonrası beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 7 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.



**Tablo 4.52.** Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 7.dakika dinlenme süresindeki beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular

7.dakika - 30.saniye	
<b>Z</b>	-2,025 <sup>b</sup>
<b>P</b>	,043

(p≤0,05)

Tablo 4.52 incelendiğinde anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 7.dakika dinlenme süreleri arasında beynin temporal bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır (p≤0,05). H2.4.2 kabul edilmiştir.

**Tablo 4.53.** Beynin temporal bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 7. dakika alfa tepe noktası sıralama tablosu

	N	Ort. Sıra	Sıra Top.
<b>Negatif sıralama</b>	3 <sup>j</sup>	13,00	39,00
<b>Pozitif sıralama</b>	15 <sup>k</sup>	8,80	132,00
<b>Eşitlik</b>	0 <sup>l</sup>		
<b>Total</b>	18		

j. 7.dakika <30.saniye

k. 7.dakika > 30.saniye

l. 7.dakika = 30.saniye

H2.4.3 Yorgunluk sonrası beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 7 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.54.** Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 7.dakika dinlenme süresindeki beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular

7.dakika - 30.saniye	
<b>Z</b>	-3,189 <sup>b</sup>
<b>P</b>	,001

(p≤0,05)

Tablo 4.54 incelendiğinde anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 7.dakika dinlenme süreleri arasında beynin parietal bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır (p≤0,05). H2.4.3 kabul edilmiştir.

**Tablo 4.55.** *Beynin parietal bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 7. dinlenme dakikası alfa tepe noktası sıralama tablosu*

	N	Ort. Sıra	Sıra Top.
<b>Negatif sıralama</b>	10 <sup>g</sup>	23,50	235,00
<b>7.dakika - 30.saniye</b>			
<b>Pozitif sıralama</b>	35 <sup>h</sup>	22,86	800,00
<b>Eşitlik</b>	0 <sup>i</sup>		
<b>Total</b>	45		

g. 7.dakika <30.saniye

h. 7.dakika > 30.saniye

i. 7.dakika = 30.saniye

H2.4.4 Yorgunluk sonrası beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 7 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.56.** *Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 7.dakika dinlenme süresindeki beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular*

<b>7.dakika - 30.saniye</b>	
<b>Z</b>	-2,787
<b>P</b>	,005

(p≤0,05)

Tablo 4.56 incelendiğinde anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 7.dakika dinlenme süreleri arasında beynin central bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir (p≤0,05). H2.4.4 kabul edilmiştir.

**Tablo 4.57.** *Beynin central bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 7.dinlenme dakikası alfa tepe noktası sıralama tablosu*

	N	Ort. Sıra	Sıra Top.
<b>Negatif sıralama</b>	7 <sup>j</sup>	10,43	73,00
<b>Pozitif sıralama</b>	20 <sup>k</sup>	15,25	305,00
<b>7.dakika - 30.saniye</b>			
<b>Eşitlik</b>	0 <sup>l</sup>		
<b>Total</b>	27		

j. 7.dakika < 30.saniye

k. 7.dakika > 30.saniye

l. 7.dakika = 30.saniye

H2.4.5 Yorgunluk sonrası beyin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 7 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beyin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

**Tablo 4.58.** *Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 7.dakika dinlenme süresindeki beyin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarına ilişkin bulgular*

	Ort.	SS	Std. Hata Ort.	P
<b>30.saniye - 7.dakika</b>	-,65767	4,36133	1,02798	,531*

(p≤0,05)

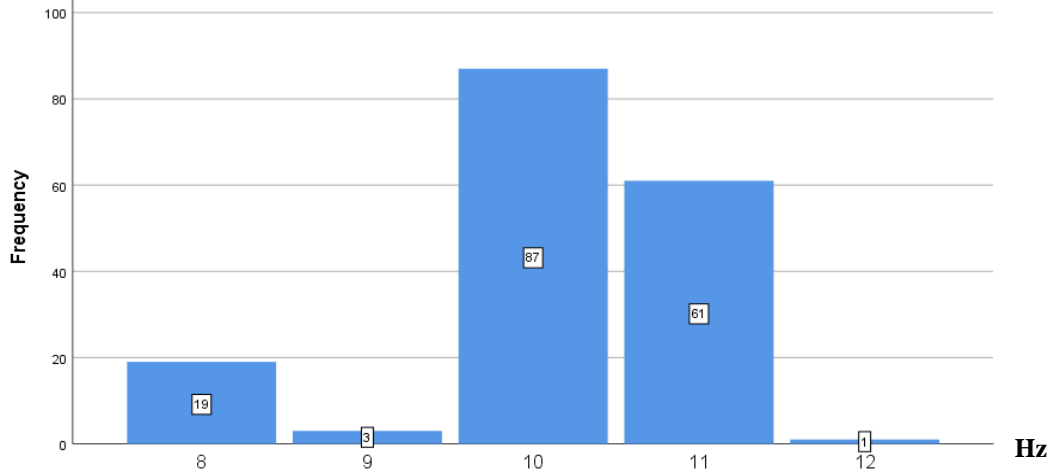
Tablo 4.58 incelendiğinde anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 7.dakika dinlenme süreleri arasında beyin oksipital bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir (p>0,05). H2.4.5 reddedilmiştir.

**Tablo 4.59.** *Beynin oksipital bölgesinde anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ve anaerobik yorgunluk sonrası 7.dinlenme dakikası alfa tepe noktası ortalamaları*

	Ort.	N	SS	Std. Hata Ort.
<b>30.saniye</b>	14,2543	18	7,70039	1,81500
<b>7.dakika</b>	14,9120	18	9,28034	2,18740

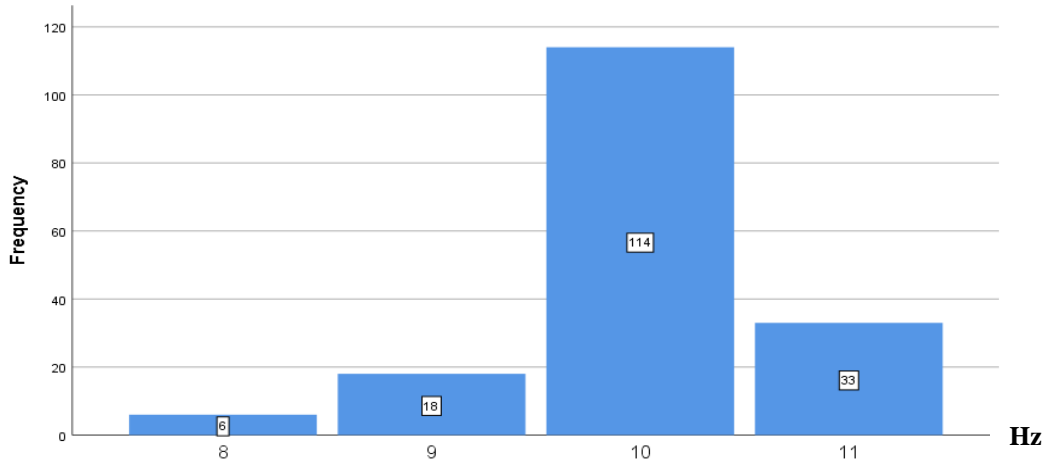
Tablo 4.59 incelendiğinde 7 dakikalık dinlenme sonrası beynin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktalarının ortalamaları ile yorgunluk sonrası ilk 30 saniyedeki alfa frekansı tepe noktalarının ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir büyüklük farkı yoktur.

#### *Alfa Tepe Noktalarının Frekanslarına İlişkin Bulgular*



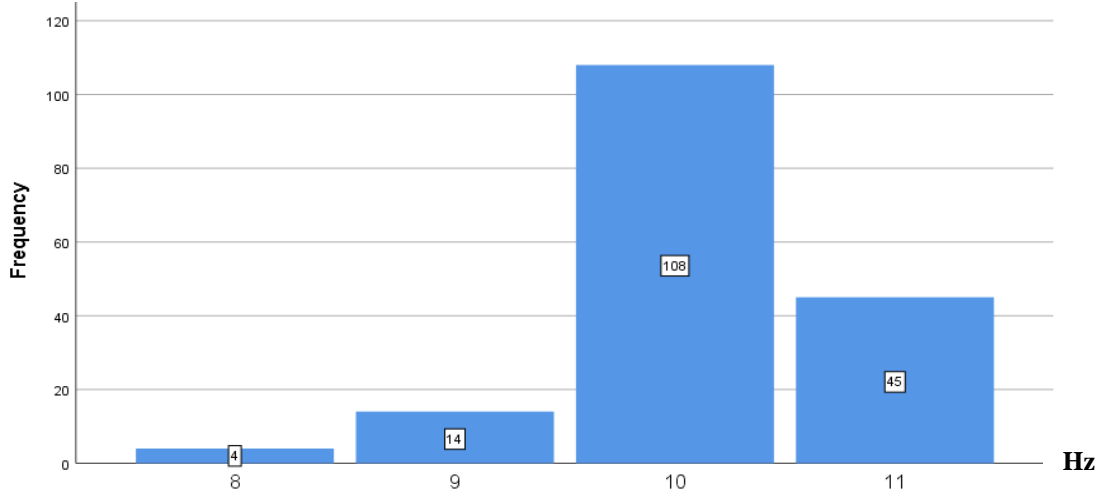
**Şekil 4.1.** *Dinlenik durumdaki alfa frekanslarının tepe yaptıkları aralıklar*

Şekil 4.1. incelendiğinde dinlenik durumdaki alfa frekanslarının tepe yaptıkları frekansın 10 Hz yoğunluklu olduğu görülmektedir.



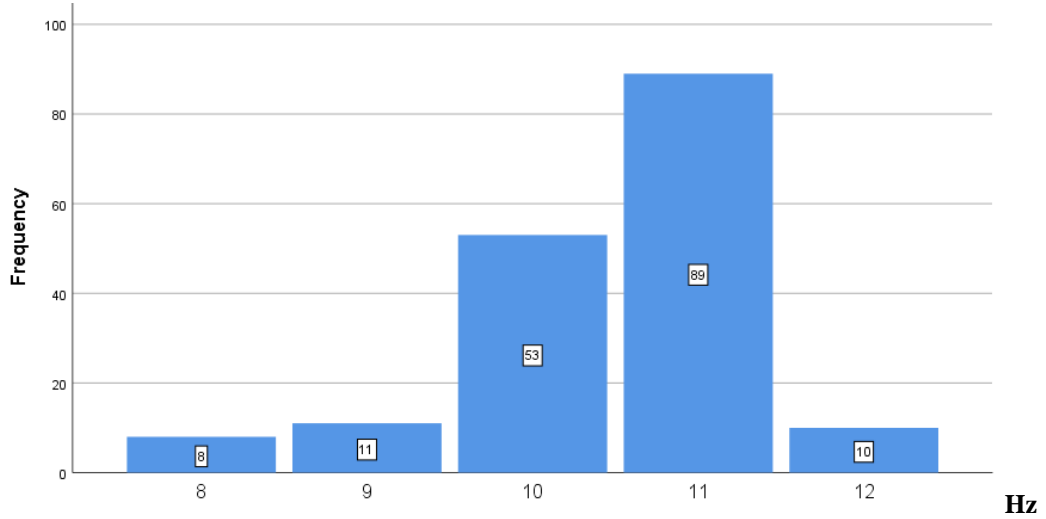
**Şekil 4.2.** *Anaerobik yorgunluk protokolü sonrası yorgunluk durumdaki alfa frekanslarının tepe yaptıkları aralıklar*

Şekil 4.2 incelendiğinde 30 sn yorgunluk protokolü sonrası alfa frekanslarının tepe yaptıkları frekansın 10 Hz yoğunluklu olduğu görülmektedir.



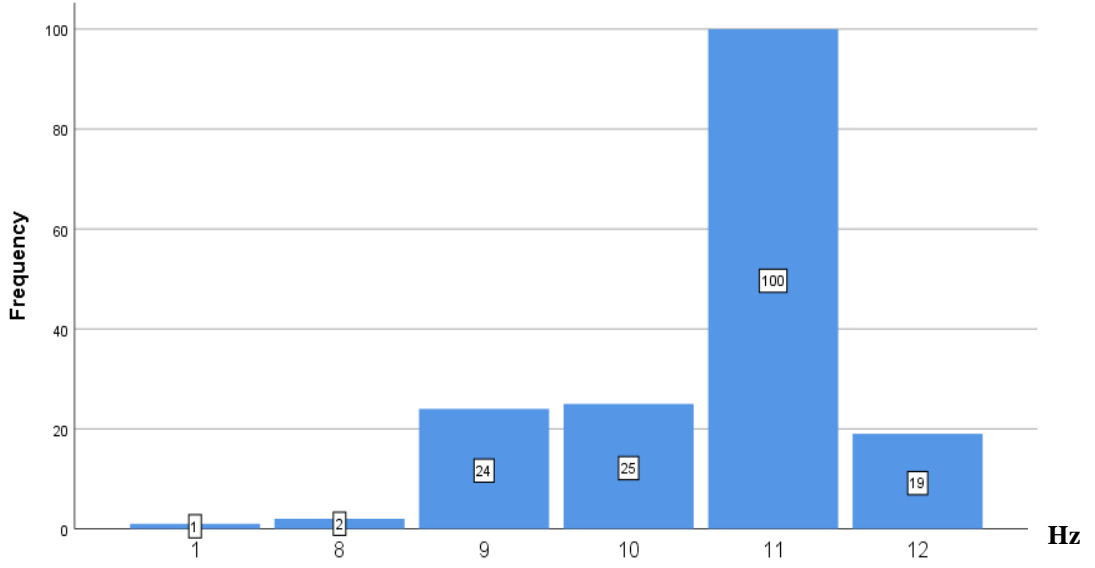
**Şekil 4.3.** Anaerobik yorgunluk protokolü sonrası 1 dakikalık dinlenme durumdaki alfa frekanslarının tepe yaptıkları aralıklar

Şekil 4.3 incelendiğinde 30 sn yorgunluk protokolü ardından 1 dk dinlenme sonrası alfa frekanslarının tepe yaptıkları frekansın 10 Hz yoğunluklu olduğu görülmektedir.



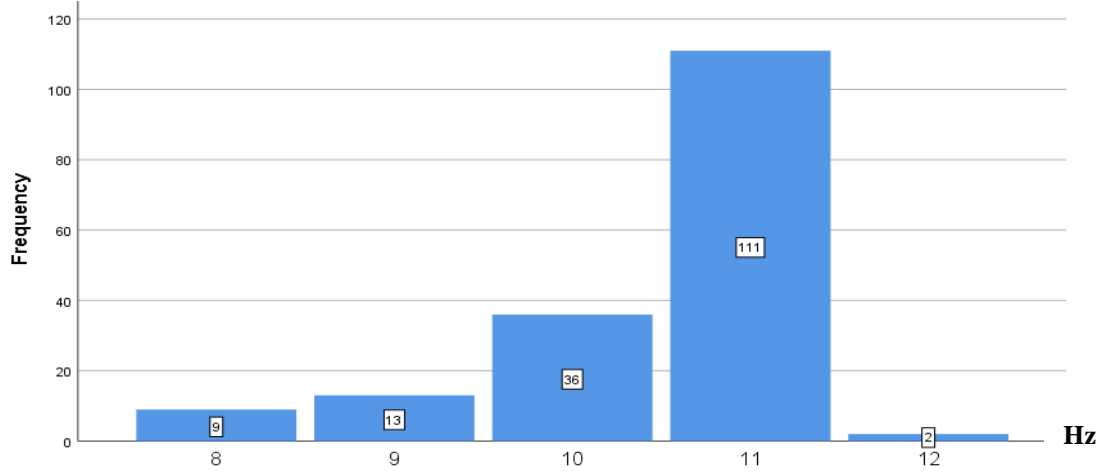
**Şekil 4.4.** Anaerobik yorgunluk protokolü sonrası 3 dakikalık dinlenme durumdaki alfa frekansla tepe yaptıkları aralıklar

Şekil 4.4 incelendiğinde 30 sn yorgunluk protokolü ardından 3 dk dinlenme sonrası alfa frekanslarının tepe yaptıkları frekansın 11 Hz yoğunluklu olduğu görülmektedir.



Şekil 4.5. Anaerobik yorgunluk protokolü sonrası 5 dakikalık dinlenme durumdaki alfa frekanslarının tepe yaptıkları aralıklar

Şekil 4.5 incelendiğinde 30 sn yorgunluk protokolü ardından 5 dk dinlenme sonrası alfa frekanslarının tepe yaptıkları frekansın 11 Hz yoğunluklu olduğu görülmektedir.



Şekil 4.6. Anaerobik yorgunluk protokolü sonrası 7 dakikalık dinlenme durumdaki alfa frekanslarının tepe yaptıkları aralıklar

Şekil 4.6 incelendiğinde 30 sn yorgunluk protokolü ardından 7 dk dinlenme sonrası alfa frekanslarının tepe yaptıkları frekansın 11 Hz yoğunluklu olduğu görülmektedir.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

### 5.1. Tartışma

Bu bölümde araştırmamıza ait bulgular altı perspektifte tartışılmıştır. Bu perspektifler; metodolojiye dönük tartışma, veri dağılımına ilişkin tartışma, yorgunluk durumuna dönük tartışma (H1), farklı dinlenme periyotlarına yönelik tartışma (H2), beynin bölgelerine yönelik tartışma ve Alfa pik değerinin olduğu frekansa dönük tartışmalardır.

Elektroensefalografik (EEG) ölçümler, fiziksel egzersiz sırasında psikoloji ve fizyoloji arasındaki ilişkiyi anlamak için güçlü bir araçtır (di Fronso ve diğerleri, 2017; Perrey ve Besson, 2018). Fizyolojik alanda yorgunluğu izlemek için beyin elektriksel aktivitesindeki veya metabolik hızdaki değişiklikler sıklıkla kullanılmaktadır. Birçok çalışma yorgunluk ve uyanıklık parametrelerini değerlendirmek için çeşitli fizyolojik yöntemler kullansa da EEG en umut verici ve güvenilir olanlar arasında yer almaktadır (Lal ve Craig 2001; Papadelis vd., 2007).

Yorgunluk durumu üzerine alan yazında birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların bir kısmı metodolojik açıdan bizim çalışmamız ile benzerlik gösterirken, bir kısmı da metodolojik açıdan bizim çalışmamız ile farklılık göstermektedir (Barwick, Arnett ve Slobunov, 2012).

#### 5.1.1. Metodolojiye dönük tartışma

Craig vd., 2011 yılında yapmış oldukları bir çalışmada Medline ve Google Scholar gibi arama platformlarında ‘yorgunluk, uyuşukluk, EEG’ gibi kelimeler ile son 25 yıl içerisinde yapılan birçok çalışmayı sistematik olarak derleyerek EEG ve yorgunluk arasındaki ilişkiyi inceleyen izole edilmiş 17 çalışma bulmuştur. Tablo 2’de yer verilen bu tabloda (Bkz.ss:60) yer alan tüm çalışmaların ortak özelliği kişinin bir alarm durumundan yorgun duruma geçişlerindeki kortikal fonksiyonları EEG kullanarak ortaya koymalarıdır (Craig vd., 2011).

Tablo 2.2 incelendiğinde yorgunluğun, beyin dalgası aktivitesinde önemli bir etkisinin olduğu görülmektedir ancak, Craig ve diğerlerinin yapmış olduğu bu çalışmaya göre 17 çalışmanın çoğu metodolojik olarak sınırlılıklar içermektedir (Craig vd., 2011). Bu sınırlamalardan birisi düşük sayıda katılımcı istihdamı olarak görülmektedir. Tablodan görüleceği üzere bu verilerin 9 tanesi 10 kişinin altında örneklem grubu

sunmuştur. Diğer katılımcılardan da sadece üçü 20 kişinin üzerinde çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Cohen (1988)'e göre düşük örneklem sayıları bulguları genelleme yeteneğini azaltır ve istatistiksel gücün düşük çıkmasını sağlar. Bizim çalışmamızda katılımcı sayısı 9'dur. İkinci bir sınırlılık ölçümün yapıldığı EEG kanallarının sayısının azlığıdır. Az sayıda elektrot bölgeler arası değişiklikleri inceleme olasılığını ortadan kaldırmaktadır. Bu tabloda yer alan çalışmaların yalnızca 3'ünde 19 ya da daha fazla kanallı EEG sistemi kullanılmıştır. Bizim çalışmamızda 19 kanal ile ölçümler alınmış olup analiz sırasında kortikal bölgeler arasında oluşabilecek olası farklılıkların tespiti için beyin 5 bölgeye bölünmüştür. 19, Craig vd. (2011)'e göre yeterli kanal sayısıdır. Üçüncü bir sınırlama ise yorgunluğa neden olmak için tasarlanmış görev sırasında ortaya çıkacak EEG verilerindeki potansiyel olarak yüksek gürültü-sinyal oranıdır. EEG kaydındaki artefaktlar, kalp aktivitesi, göz hareketleri, nefes alıp verme, baş, yüz veya boyun hareketlerinin oluşması gibi durumlarda oluşmaktadır. Bununla birlikte, 17 çalışmanın hiçbiri, ilgi konusu EEG sinyalini korurken, belirli eser kaynaklarını belirleyebilen ve onu kaldırabilen bağımsız bileşen analizi (ICA) gibi karmaşık artefakt kaldırma stratejileri kullanmamıştır (Mennes ve diğerleri, 2010). ICA'nın, EEG sinyalindeki artefaktları belirleme ve kaldırma yeteneğine sahip bir teknik olduğu gösterilmiştir (Dishman, Thom, Puetz, O'Connor ve Clementz, 2010; Mennes ve diğerleri, 2010; Tran, Craig, Boord ve Craig, 2004). EEG aktivitesi ile ICA analizinin etkin kullanımına ilişkin varsayımlar daha önce tartışılmıştır (Mennes vd., 2010). Bu doğrultuda Craig ve diğerlerinin 2011 yılında yapmış olduğu bu derlemede yer alan çalışmalar ile bizim çalışmamızın bulguları metodolojik olarak önemli farklılıklar içermesi sebebi ile karşılaştırılamamıştır. Tablo 2'de yer alan tüm çalışmalar sonucunda Alfa frekansı yorgunluğa bağlı olarak incelenmiş olsa bile yöntemlerindeki sınırlılıklar ve farklılıklar sebebiyle bizim bulgularımız istatistiksel bağlamda tartışılmaz noktadadır.

Yukarıda yer alan çalışmalara ek olarak Gharagozlu vd. (2015) sürücülerde simüle edilmiş bir ortamda yorgunluk durumunun beyindeki alfa gücü üzerindeki değişiklikleri analiz etmeyi amaçlamıştır. 12 erkek sürücüde yapılan bu çalışmada yorgunluk monoton bir yolda sanal gerçeklik simülatöründe oluşturulmuş ve yorgunluk durumu farklı açılardan çekilmiş video kayıtlarından eğitilmiş 2 gözlemci tarafından tespit edilmiştir. Ayrıca Yorgunluk Görsel Analog Ölçeği (F-VAS) kullanılarak her 10 dakikada bir değerlendirme yapılmıştır. Gharagozlu ve diğ. Araştırma sonucunda sürüşün 10. Dakikasında mutlak alfa frekansında bir artış tespit etmişlerdir (Gharagozlu vd., 2015).



Benzer bir çalışma dizaynında Craig vd., 2011 yılında 23 kadın 25 erkekten oluşan bir grupta simülasyon ortamında sürüş yaptırılmıştır. Bu iki araştırma birbirine metodolojik olarak benzese bile bizim çalışma dizaynımızdan oldukça farklıdır. Yorgunluk kavramı bu çalışmalarda zihinsel yorgunluk olarak işlenmiş olup, fiziksel bir yorgunluk durumu protokolü oluşturulmamıştır. Bu noktada bu çalışmalar ile yapmış olduğumuz çalışma metodolojik olarak önemli farklılıklar barındırdığı için bu iki çalışma ile tartışılmamıştır.

Bu doğrultuda çalışmalar dizayn edilirken ya da analiz edilirken uykululuk ve yorgunluk gibi kavramları ayırt etmek oldukça önemlidir (Craig vd., 2011).

Liu vd. (2005) yorgunluk çalışmalarında merkezi sinir sistemindeki değişikliklere odaklanmışlardır. 100 el kavrama MVC'si (her 2 saniyelik kasılma sonrası 1 saniye dinlenme) dakika boyunca sürekli maksimum el kavrama hareketindeki çabayı incelemiş fMRI bulguları elde etmiştir. Bu çalışmaya benzer bir biçimde yapılan bir EEG çalışmasında (Ng ve Raveendran, 2007) yorgunluk durumu el kavrama cihazı ile 30 kez 30 sn sık 5 sn dinlen protokolü uygulanarak oluşturulmuş, EMG cihazı ile kaydedilmiştir. Metodolojik olarak bu iki çalışmada oluşturmak istenen yorgunluk bizim çalışmamızdaki protokol ile temel prensipte benzerdir.

Basketbol branşında oluşan yorgunluk yalnızca el kavrama kuvveti ile ilişkili değildir. Basketbol branşında alt ekstremite kas grubunun yoğunlukla çalıştığı bilinmektedir. Çalışma dizaynımızda yorgunluk protokolü Anaerobic Wingate Ergonomic Bisiklet ile oluşturulmuştur. Bunun sebebi EEG cihazımızın kablolu bir sistem olmasıdır. Kablolu sistemin getirdiği sınırlılıklar doğrultusunda bu yorgunluk protokolü stabil olduğu sebebiyle tercih edilmiştir.

### **5.1.2. Veri dağılımına ilişkin tartışma**

Araştırma bulguları incelendiğinde neredeyse tüm verilerin normal dağılmadığı basıklık çarpıklık tabloları ile ortaya konulmuştur. Normal dağılan veriler için parametric testler tercih edilirken normal dağılmayan veriler için ise non-parametric testler tercih edilmiştir.

Bu çalışmada verilerin normal dağılmama sebepleri literatürde yer alan bazı bilgilere dayandırılacaktır. Bazanova ve Vernon, 2014 yılında yaptıkları bir derleme çalışmasında bireysel alfa tepe frekansının kişiden kişiye değişiklik gösterdiğini ifade etmişlerdir. Örneğin yaşın bir fonksiyon olarak değerlendirildiği çalışmalarda alfa frekansı tepe nokta noktasının çocukluktan ergenliğe geçene kadar arttığı (Bazanova ve

Vernon, 2014) ve 40 yaştan sonra da azaldığı ifade edilmiştir (Clark vd., 2004). Bizim çalışmamızda yer alan sporcuların yaş grubu 16 ile 30 yaş arasındadır. Bu bilgiler ışığında örneklem grubumuzun yaş grubu birbirine yakındır. Verilerin normal dağılmamasının sebebinin yaş grubunun birbirinden farklı olmasından kaynaklı olmadığı düşünülmektedir. Kadınların adet dönemlerinde progesteron hormonuna bağlı olarak alfa frekansı tepe noktasında bir artışın olduğu, verilerin hormonal değişkenlerden oldukça etkilendiği göstermektedir (Bazanova ve Vernon, 2014). Bizim çalışmamızda kadın sporcu bulunmamaktadır. Bu doğrultuda adet dönemlerinin zamansal döngülerinin kontrolü gibi bir sınırlılık yoktur. Verilerin normal dağılmamasının sebebinin buradan da kaynaklanmadığı düşünülmektedir. Bazanova ve Vernon (2014) baskın düşük ve yüksek alfa tepe frekansının deneklerde gözlemlenen farklı davranışsal stratejilerin, alt ve üst frekanstaki fonksiyonel görüntülerinin, bireysel uyanklık halinin epigenetik faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu farklılıklar hem düşük hem yüksek alfa frekansında beyin aktivasyonunun farklı nörofizyolojik mekanizmalarını yansıtabilir. Çalışmamızda verilerin normal dağılmamasının sebebinin genetik farklılıklar olabileceğinin düşünülebileceği gibi, örneklem sayısının az olmasının da etkisinin olabileceği düşünülmektedir.

### **5.1.3. H1'e yönelik tartışma**

Tartışmanın bu bölümünde dinlenik durum ve anaerobik yorgunluk durumu arasındaki farklılıklar sebepleri ile tartışılacaktır. Araştırmamızın sonucuna göre tablo 4.5 incelendiğinde anaerobik yorgunluk öncesi ve anaerobik yorgunluk sonrası serbest atış öncesi alfa beyin frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur. Alfa frekansı tepe noktasının anaerobik yorgunluk ile düştüğü tablo 4.6 da ve şekil 5.12 de istatistiksel olarak kanıtlanmıştır.

Yüksek Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) kısmi basıncının, pH seviyelerinin düşürülmesi, adenosin konsantrasyonunun yükseltilmesi ve sinaptik potansiyellerin baskılanması gibi nöral doku üzerinde derin bir etkiye sahip olabilmektedir (Dulla vd., 2005). CO<sub>2</sub> oluşumu sırasında beyin, düşük bir uyarılma durumuna girmekte, EEG sinyalleri yavaşlamaktadır. Bu aktivasyon beynin tüm bölgelerinde gerçekleşmektedir (Xu ve., 2011). Bir kas yorgunluğu durumunda laktik asit ve karbondioksit artmakta ve kas asidik hale gelmektedir. Frekans alanında kastaki pH'ın düşmesi nedeniyle yorgunluk oluştuğunda alfa frekansı tepe noktası da düşük bir değer almaktadır (Brody vd., 1991).

Çalışma dizaynımızın ilk hipotez çıktısında anaerobik yorgunluk öncesi ve sonrası veriler incelendiğinde anaerobik yorgunluk sonrası alfa frekansı tepe noktasının düştüğü kanıtlanmıştır. Bu düşüşün sebebinin yukarıda bahsedilen yüksek CO<sub>2</sub> oluşumu sonrası vücutta değişen çeşitli parametreler olabilir. Literatür incelendiğinde Liu vd. (2005)'e göre kas yorgunluğu EEG sinyallerini doğrudan etkilemektedir. El kavrama cihazı ile yaptıkları çalışmada Liu ve diğerleri bizim bulgularımız ile paralel olarak yorgunluk sonrası alfa beyin frekansı tepe noktasında yorgunluğa bağlı düşüş bulduklarını ifade etmektedirler. Çalışmamızda anaerobik yorgunluk oluşturma protokolü sonrası alfa frekansı tepe noktasında gözlemlenen düşüşün sebebinin laktik asit ve karbondioksit artışı sonucu kastaki pH değerinin düşmesi olduğu söylenilebilir. Bu doğrultuda serbest atış öncesi gerekli olan alfa tepe noktası ranjının anaerobik yorgunluk ile düşüşe geçmesi sonucunda atış performansının da düşebileceği söylenilebilir (Liu vd., 2005). Bu doğrultuda sporcunun yorgunluk sonrasındaki ilk 30 saniye içerisinde –yani alfa frekansı tepe noktasının düşük olduğu zamanda- atış yapması, tercih boyutunda yeni düşüncelere yer açmalıdır.

#### **5.1.4. H2 ye yönelik tartışma**

Tartışmanın bu bölümünde, anaerobik yorgunluk sonrası farklı dinlenme sürelerinde beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktasının ne şekilde değiştiği ortaya konulmuştur. Çalışmamızın bulgularının bir çıktısı olarak alfa frekansı tepe noktasının ilk 30 saniye, 1 dakika, 3 dakika, 5 dakika ve 7 dakika dinlenme sürelerindeki değişim istatistiksel olarak net bir biçimde ortaya konulmuştur. Buradaki farklılığın sebebinin egzersiz sonrası toparlanmada vücutta oluşan yenilenme ve yenilenme süreçlerinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Araştırmamızın bir sonucuna göre alfa beyin frekansı tepe noktası en yüksek 1 dakikalık dinlenme sonrasında kendini göstermiştir. Bulgular incelendiğinde yorgunluk sonrası ilk 30 saniye ile 1 dakikalık dinlenme periyodu arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır. Ocak ve Buğdaycı (2012)'ya göre anaerobik bir egzersiz sonucunda kaslarda tüketilen ATP-PC, antrenmandan sonra 1-2 dakikada yenilenmektedir. Bu dönemde oksijen fazla tüketilmektedir. Bu nedenle bu bölüme hızlı dinlenme oksijen safhası da denilmektedir (Ocak ve Buğdaycı, 2012). Alfa tepe noktasının, oksijen tüketiminin artmasından kaynaklı olarak pik yaptığı düşünülebilir. Oksijen tüketiminin en fazla olduğu bu aralıkta beynin de alfa tepe noktasının en fazla

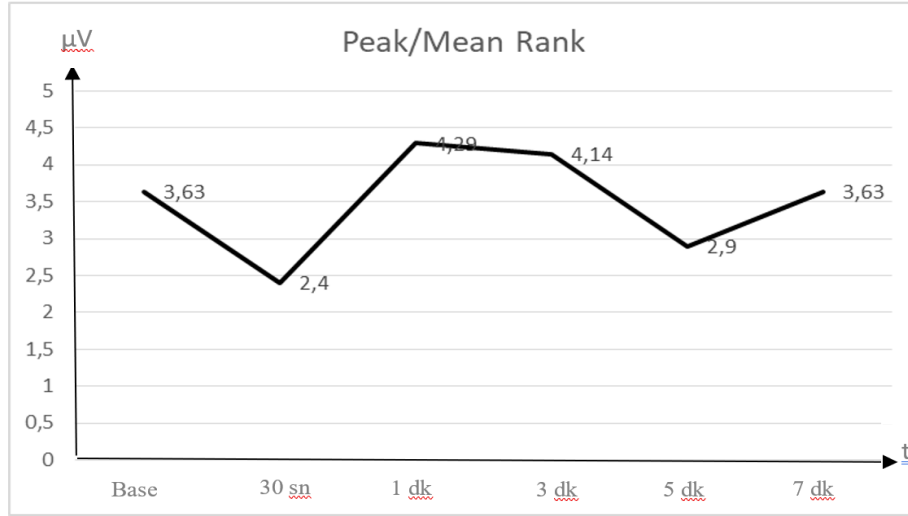
olduğu bilgisi bu yordamayı desteklemektedir. Buna ek olarak miyogloblin depolarının yenilenmesi de 1 dakika ile 2 dakika arasında sürmektedir. Miyogloblin, iskelet kasının içerisinde bulunan demirli bileşimdir. Oksijenin kas hücresine taşınmasını sağlayan bir proteindir. Egzersiz sonrasında metabolik hız bir süre hızlı olarak devam etmekte, bu dönemde fosfojen depoları, glikojen depoları yenilenmektedir. Ocak ve Buğdaycı (2012)'ya göre kenara gelen futsal oyuncusunun miyogloblin oksidasyonu 2 dakikada sağlanmaktadır.

Bulgular incelendiğinde yine anaerobik yorgunluk sonrası ilk 30 saniye ile 3 dakikalık dinlene sonrası tespit edilen alfa frekansı tepe noktasının istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu, 3 dakikalık dinlenme sonrasıdaki alfa frekansı tepe noktasının, yorgunluk sonrası ilk 30 saniyedeki halinden fazla olduğu görülmektedir. Alfa tepe frekansı 1.dinlenme dakikasında pik yapmakta ve 3.dinlenme dakikasına kadar yüksek halini korumaktadır. Bunun sebebinin fosfojen kaynakların yenilenme sürecinin devam etmesi olduğu düşünölmektedir. Şiddetli egzersizlerde ilk 10-15 sn de ATP-PC depoları tükenir ve glikojen-laktik asit sistemin 2.5 mol dk/hız da yenileyebilmektedir. Teoride fosfojen sistemi tam olarak boşalması sonrası, diğer enerji sistemleri ile kendisini 15-30 saniyede yenileyebilmektedir. (Vander vd., 1980'den akt., Ocak ve Buğdaycı, 2012). Ancak Ocak ve Buğdaycı (2012)'ya göre bu durum uygulamada böyle gerçekleşmemektedir. Bunun sebebi fosfojenler tamamen boşalmadıkça tam güçle yenilemenin söz konusu olmamasıdır. ATP ve PC depolarının egzersiz sonrasında toparlanma periyodundan yaklaşık 3 dakika içerisinde kendini tamamlamaktadır.

H2 doğrultusunda anaerobik yorgunluk protokolü sonrası alfa frekansı tepe noktası ile 5 dakikalık dinlenme sonrası alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görünmemesi görece ilginç bir durumdur. Alfa frekansı tepe noktası anaerobik yorgunluk sonrası ilk ölçümden sonraki en düşük verilerini bu aralıkta vermektedir. Bu durumun sebebinin şiddetli egzersiz sonrası toparlanma hali ile değil, toparlanma süreci ile ilişkili olduğu düşünölmektedir. Çünkü tam zamanlı olarak (%100) Fosfojen (ATP-PC) kaynaklarının yenilenmesi 3 ile 5 dakika arasında sürmektedir. Küçük bir çıkarım ile 5 dakikalık dinlenme sonrası vücudun dinlenik olması ile alfa frekansı tepe noktasının yüksek olması beklenilebilir. Çalışmamızın sonuçlarına göre en düşük alfa frekansı tepe noktası kendisini 5.dakikada göstermektedir. Bu doğrultuda nörofizyolojik olarak toparlanma süreci beyinde ölçülen alfa frekansı tepe noktasını etkiliyor çıkarımı yapılabilir.

H2 ile ilgili son bulgumuz; anaerobik yorgunluk protokolü sonrası ilk ölçüm ile 7 dakikalık dinlenme sonrası ölçüm arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır. Bu bulgu incelendiğinde istatistiksel oranda anlamlı olan bu durumun istatistiksel puanının diğerlerinden daha düşük olması dikkat çekmektedir. Yorgunluk sonrası 7 dakikalık dinlenme sonrası alınan EEG kaydındaki Alfa frekansı tepe noktası bulguları yorgunluk öncesi (base) durumda alınan verilerle benzeşim göstermektedir. Bu çalışmada istatistiksel olarak bu durum birbiri ile karşılaştırılmasa da aşağıda verilen tabloda ortalama değerlerin birbiri ile aynı olduğu görülmektedir. Bu durum tartışılacak olunursa, 5 dakikalık dinlenme süresindeki alfa frekansı tepe noktasındaki düşüş sonrası beyin bir toparlanma içerisine girerek 7 dakikalık dinlenme süresine kadar yukarıya doğru bir grafik çizmiştir. Bunlara ek olarak çalışmamızda insan beyni anaerobik yorgunluk sonrası 7. dinlenme dakikasında başladığı yere dönmüştür. Bu bilgi dinlenme periyotları uzatılarak daha da genişletilebilir.

H2 ile ilgili bulgularımızı genel pencereden tartışacak olursak, serbest atış öncesi alfa frekansı tepe noktası yorgunluk durumu ile ilk olarak düşüşe geçmektedir. Daha sonrasında 1 dakikalık dinlenme ile pik noktasını görmekte ve 3.dakikaya kadar bu noktayı korumaktadır. İnsan beyninden gözlemlenen alfa frekansı tepe noktası 5.dinlenme dakikasında ilk yorgun haline en yakın grafiği çizerek 2. dip noktasını görmektedir. Son olarak 7. dinlenme dakikasında beyinde ölçülen alfa frekansı tepe noktası başladığı değerleri yakalayarak aynı sonucu vermektedir. Aşağıdaki tablo bu durumun grafiksel gösterimidir.



Şekil 5.1. Basketbolcularda anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası dinlenme durularında beyinlerindeki alfa frekansı tepe noktasının incelenmesi

### 5.1.5. Beynin bölgelerine ilişkin tartışma

Bu çalışma verileri 32 kanallı EEG Cap kullanılarak kaydedilmiş olup 19 kanalda analizi yapılmıştır. 19 kanal kendi içerisinde 5 bölüme ayrılmıştır. Bu bölgeler Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8 ve Fz elektrotlarından oluşan frontal bölge, T7 ve T8 elektrotlarından oluşan temporal bölge, C3, C4, C7, C8 ve Cz elektrotlarından oluşan central bölge, P3, P4, P7, P8 ve Pz elektrotlarından oluşan parietal bölge ve O1 ile O2 elektrotlarından oluşan oksipital bölgelerdir. Literatür incelendiğinde montaj sonrası analizde beyin, farklı araştırmacılar tarafından farklı amaçları doğrultusunda, farklı sistemler ile bölünmüştür. Örneğin Craig vd., 2011 yılında sürücülerin yorgunluk durumundaki beyin fonksiyonları ile ilgili yaptıkları bir çalışmada 32 kanallı 9 bölüme bölmüşlerdir. Bazı araştırmacılar da (Gharagozlu ve diğ. 2015) teker teker tüm elektrotlar üzerinde çalışarak herhangi bir bölümlendirme yapmamışlardır.

Araştırmamıza ilişkin bulgular dikkatli incelendiğinde tüm topografik görsellerde alfa frekansı tepe noktasının en yüksek oksipital bölge olarak adlandırılan O1 ve O2 elektrotlarının yapıştığı bölgelerde olduğu görülmektedir. Bu çalışmada beyin bölgelerinin birbiri ile kıyaslanmasına ilişkin tablo bulunmamaktadır ancak, diğer tablolar dikkatli incelendiğinde bu durum desteklenebilir niteliktedir. Ayrıca topografik görseller incelendiğinde tüm sporcuların kırmızı renk ile renklendirilmiş olarak gösterilen alfa frekansı tepe noktalarının ağırlıklı olarak oksipital bölgede olduğu görülmektedir. Bireysel alfa tepe frekans aralığını ve topografyasını belirlemek için 26-40 yaş aralığında 96 erkek katılımcı ile ölçümler gerçekleştiren Bazanova (2011), gözler kapalı

olduğu durumda bireysel alpha tepe frekansının beynin oksipital bölgesinde en yoğun olarak görüldüğünü ifade etmiştir. Bu doğruda bizim bulgularımız da Bazanova ile paralellik göstermektedir. Gutmann vd. (2015)'ye göre oksipital bölgeler, alfa osilasyonlarının parietooksipital kortikal alanlar üzerinde alfa tepe noktasının en güvenilir bir biçimde saptandığı alanlardır.

Gharagozlou vd. (2015) zihinsel yorgunluk oluşturulma sürecinde yaptığı EEG çalışmasında yorgunluk durumlarında beynin sağ hemisferindeki bazı elektrotların (P4) diğerlerine oranla daha büyük değişiklikler gösterdiğini ifade etmiştir. Aynı şekilde Schier (2000) kafa derisinin sağ ön hemisferinde olan F4 elektrotunda diğer elektrotlara göre daha fazla fark bulmuştur. Bu bilgiler dikkat gerektiren görevlerde kan akışı ölçümü yoluyla sağ hemisferin bildirilen rolü ile tutarlı olsa da bizim çalışmamızda hemisferler sağ-sol olarak ayrılmadığı için bizim çalışmamız ile zıtlık ya da paralellik göstermemektedir.

Ng ve Raveendran 2007 yılında ‘‘fiziksel yorgunluğun bir göstergesi olarak alfa tepe frekansı’’ isimli çalışmasında yorgunluğun en reaktif bölgesinin motor korteks çevresinde olduğunu ifade etmiştir. C3 ve C4 konumlarının elin kontrolü için daha aktif olan bölge olduğunu söyleyen araştırmacılar alfa tepe frekansının da bu bölgede daha aktif olduğunu söylemişlerdir. Aynı çalışmada yer alan bir diğer bilgi ise alfa tepe frekansının sol beyinde sağ beyine göre daha daha az gözlemlendiği olmuştur (Ng ve Raveendran, 2007).

Bu çalışmada beynin farklı alanları birbirleri ile değil, yorgunluk durumu ve dinlenme durumlarındaki dakikalar arasında kıyaslanmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucu olarak ilk hipotezimiz alt hipotezlerine dayanan verilerde yorgunluk öncesi ve yorgunluk sonrası alfa tepe frekansı incelenmesinde beynin tüm bölümlerinde istatistiksel olarak anlamlılık vardır.

Yorgunluk durumu ve dinlenme süreleri arasındaki beynin bölümleri karşılaştırıldığında yorgunluk sonrası ilk 30 saniye ve 1.dakika dinlenme sonrası alfa frekansı tepe noktaları arasında beynin tüm bölgelerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık ortaya konulmuştur.

Yorgunluk durumu ve dinlenme süreleri arasındaki beynin bölümleri karşılaştırılmasında yorgunluk sonrası ilk ölçüm ile 3 dakikalık dinlenme sonrası ölçümler bazı beyin bölgelerinde istatistiksel olarak anlamlılık verirken bazı bölgelerde vermemiştir. Beynin frontal bölgesi, central bölgesi, parietal bölgesi ve oksipital

bölgelerinde dinlenme durumuna göre değişiklik gösteren alfa frekansı tepe noktası temporal bölgede değişiklik göstermemektedir. Bu durumun sebebi teşhis edilememiştir.

Yorgunluk durumu ve dinlenme süreleri arasındaki beynin bölümleri karşılaştırıldığında yorgunluk sonrası ilk 30 saniye ve 5.dakika dinlenme sonrası alfa frekansı tepe noktaları arasında beynin tüm bölgelerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur.

Yorgunluk durumu ve dinlenme süreleri arasındaki beynin bölümleri karşılaştırıldığında yorgunluk sonrası ilk 30 saniye ve 7.dakika dinlenme sonrası alfa frekansı tepe noktaları arasında beynin tüm bölgelerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık ortaya konulmuştur.

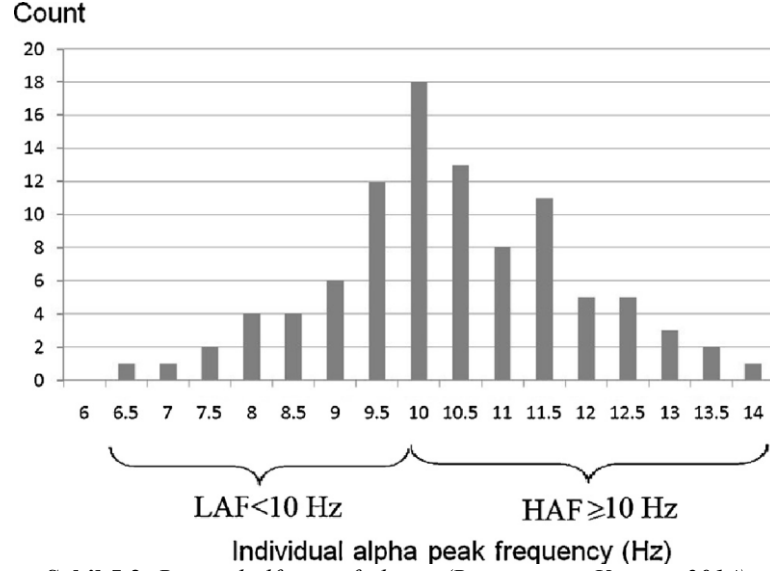
#### **5.1.6. Alfa tepe noktasının olduğu frekansa dönük tartışmalar**

Alfa frekansı tepe noktası çalışmaları ve alfa tepe frekansı çalışmaları birbirinden ayrı iki çalışma konusudur. Lebedev (1994) alfa ritmindeki döngüsel salınımların çalışma belleğinin kapasitesini ve hızını belirlediğini ileri sürmüştür. Lebedev (1994)'e göre frekans yükseldikçe, bellek kapasitesi ve hızı artmaktadır. Bu ifade bir dizi ampirik çalışmanın sonuçları ile desteklenmektedir (Klimesch ve diğerleri, 1993; Angelakis ve diğerleri, 2007; Bazanova ve Aftanas, 2006, 2008; Bodenmann ve diğerleri, 2009; Zoefel ve diğerleri, 2011).

Baskın düşük ve yüksek alfa tepe frekanslı deneklerde gözlemlenen farklı davranışsal stratejilerin ve alt ve üst frekans alt-bantlarındaki alfa aktivitesinin farklı fonksiyonel görünümünün, bireysel uyanma EEG modellerini etkileyen genetik ve epigenetik faktörlerden kaynaklanabileceği söylenmektedir. Bu tür farklılıklar, hem düşük hem de yüksek alfa frekans aralıklarında beyin aktivasyonunun farklı nörofizyolojik mekanizmalarını yansıtabilir (Bazanova ve Vernon, 2014).

Bazanova ve Aftanas (2008) 25-40 yaş arası 96 sağlıklı erkek ile yapmış olduğu çalışmada yüksek alfa frekansı (HAF) ve düşük alfa frekansı (LAF) olarak iki frekansa ayırarak çalışmaları gerçekleştirmişlerdir. Alfa frekansının düşük ya da yüksek olma formülü olarak düşük alfa= (LAF - IAPF <10 Hz), yüksek alfa yüksek (HAF - IAPF ≥ 10 Hz) olarak ifade etmiştir (Bkz. Şekil 5.13)





Şekil 5.2. Bireysel alfa tepe frekansı (Bazanova ve Vernon, 2014)

Alfa frekansı için araştırmamızın bulguları incelendiğinde sporcular fiziksel olarak bir aksiyona başlamadıkları dinlenik durumlarında alfa frekansları yoğunluklu olarak 10 Hz’de dağılmıştır. Yorgunluk protokolü oluşturulduktan sonra alınan ölçümlerde ilk 30 sn’de veriler yine 10 Hz’ de dağılmış ancak dinlenik duruma göre daha az veri 10 Hz frekansında dağılmıştır. 10 Hz’ den azalan veriler 11 Hz’ de toplanmıştır. 1.dakikadaki dinlene süresinde 10 Hz’ de toplanan veriler azalmaya başlamış ve 11 Hz’e doğru veriler toplanmaya başlamıştır. 3.dakikada artık verilerin tepe noktaları 10 Hz’ de değil 11’Hz’de toplanmıştır. Son olarak 7.dakikadaki verilerin neredeyse hepsi 11’Hz’de tepe noktası vermiştir.

Bu doğrultuda yorgunluk öncesinde ve sonrasında 10 Hz’de dağılan verilerin sayıları artmış olup yorgunluk sonrası dinlenme süreleri arttıkça veriler 11 Hz’de dağıldığı görülmektedir.

Lebedev’e göre (2006) bellek kapasitesi ve hızı alfa frekansı arttıkça artmaktadır. Bu bilgi doğrultusunda sporcular yorgunluk durumunda düşen alfa frekansı, sporcu dinlendikçe artmaktadır.

## 5.2. Sonuç

Bu çalışmada yer alan tüm hipotezler ve sonuçları aşağıdadır:

H1. Dinlenik durumdaki alfa frekansı tepe noktası ile anaerobik yorgunluk sonrası alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Yorgunluk oluşturulmadan önce dinlenik durumda ölçülen alfa frekansı tepe noktası ile yorgunluk oluşturulduktan sonra ölçülen alfa frekansı tepe noktası arasında

istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. H1 kabul edilmiştir ( $p \leq 0,05$ ).

H1.1. Frontal bölgede, dinlenik durumdaki alfa frekansı tepe noktası ile anaerobik yorgunluk sonrası alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Yorgunluk oluşturulmadan önce dinlenik durumda beynin frontal bölgesinde ölçülen alfa frekansı tepe noktası ile yorgunluk oluşturulduktan sonra beynin frontal bölgesinde ölçülen alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. H1.1 kabul edilmiştir ( $p \leq 0,05$ ).

H1.2. Temporal bölgede, dinlenik durumdaki alfa frekansı tepe noktası ile anaerobik yorgunluk sonrası alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Yorgunluk oluşturulmadan önce dinlenik durumda beynin temporal bölgesinde ölçülen alfa frekansı tepe noktası ile yorgunluk oluşturulduktan sonra beynin temporal bölgesinde ölçülen alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. H1.2 kabul edilmiştir ( $p \leq 0,05$ ).

H1.3. Parietal bölgede, dinlenik durumdaki alfa frekansı tepe noktası ile anaerobik yorgunluk sonrası alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Yorgunluk oluşturulmadan önce dinlenik durumda beynin parietal bölgesinde ölçülen alfa frekansı tepe noktası ile yorgunluk oluşturulduktan sonra beynin parietal bölgesinde ölçülen alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. H1.3 kabul edilmiştir ( $p \leq 0,05$ ).

H1.4. Central bölgede, dinlenik durumdaki alfa frekansı tepe noktası ile anaerobik yorgunluk sonrası alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Yorgunluk oluşturulmadan önce dinlenik durumda beynin central bölgesinde ölçülen alfa frekansı tepe noktası ile yorgunluk oluşturulduktan sonra beynin central bölgesinde ölçülen alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. H1.4 kabul edilmiştir ( $p \leq 0,05$ ).

H1.5. Oksipital bölgede, dinlenik durumdaki alfa frekansı tepe noktası ile anaerobik yorgunluk sonrası alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Yorgunluk oluşturulmadan önce dinlenik durumda beynin oksipital bölgesinde ölçülen alfa frekansı tepe noktası ile yorgunluk oluşturulduktan sonra beynin oksipital bölgesinde ölçülen alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. H1.5 kabul edilmiştir ( $p \leq 0,05$ ).

H.2.Yorgunluk sonrası beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile farklı dinlenme süreleri sonrasındaki beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk protokolü oluşturulduktan hemen sonra ölçülen alfa frekansı tepe noktası ile farklı dinlenme süreleri sonrası ölçülen alfa frekansı tepe noktaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. Bu doğrultuda H2 kabul edilmiştir.

H2.1. Yorgunluk sonrası beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 1 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk sonrası ilk ölçümdeki alfa frekansı tepe noktası ile 1 dakikalık dinlenme sonrasındaki alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ( $p \leq 0,05$ ). Bu doğrultuda H.2.1. kabul edilmiştir.

H2.1.1 Yorgunluk sonrası beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 1 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 1.dakika dinlenme süreleri arasında beynin frontal bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ( $p \leq 0,05$ ). H2.1.1 kabul edilmiştir.

H2.1.2 Yorgunluk sonrası beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe

noktası ile 1 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 1.dakika dinlenme süreleri arasında beynin temporal bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ( $p \leq 0,05$ ). H2.1.2 kabul edilmiştir.

H2.1.3 Yorgunluk sonrası beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 1 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 1.dakika dinlenme süreleri arasında beynin parietal bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ( $p \leq 0,05$ ). H2.1.3 kabul edilmiştir.

H2.1.4 Yorgunluk sonrası beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 1 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 1.dakika dinlenme süreleri arasında beynin central bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ( $p \leq 0,05$ ). H2.1.4 kabul edilmiştir.

H2.1.5 Yorgunluk sonrası beynin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 1 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 1.dakika dinlenme süreleri arasında beynin oksipital bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ( $p \leq 0,05$ ). H2.1.5 kabul edilmiştir.

H2.2. Yorgunluk sonrası beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 3 dakikalık dinlenme süresi sonrasındaki beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk sonrası ilk ölçümdeki alfa frekansı tepe noktası ile 3 dakikalık dinlenme sonrasındaki alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ( $p \leq 0,05$ ). Bu doğrultuda H.2.2. kabul edilmiştir.

H2.2.1 Yorgunluk sonrası beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 3 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 3.dakika dinlenme süreleri arasında beynin frontal bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ( $p \leq 0,05$ ). H2.2.1 kabul edilmiştir.

H2.2.2 Yorgunluk sonrası beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 3 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 3.dakika dinlenme süreleri arasında beynin temporal bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ( $p > 0,05$ ). H2.2.2 reddedilmiştir.

H2.2.3 Yorgunluk sonrası beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 3 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 3.dakika dinlenme süreleri arasında beynin parietal bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ( $p \leq 0,05$ ). H2.2.3 kabul edilmiştir.

H2.2.4 Yorgunluk sonrası beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 3 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 3.dakika dinlenme süreleri arasında beynin central bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ( $p \leq 0,05$ ). H2.2.4 kabul edilmiştir.

H2.2.5 Yorgunluk sonrası beynin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 3 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 3.dakika dinlenme süreleri arasında

beynin oksipital bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ( $p \leq 0,05$ ). H2.2.5 kabul edilmiştir.

H2.3. Yorgunluk sonrası beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 5 dakikalık dinlenme süresi sonrasındaki beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk sonrası ilk ölçümdeki alfa frekansı tepe noktası ile 5 dakikalık dinlenme sonrasındaki alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ( $p > 0,05$ ). Bu doğrultuda H.2.3. reddedilmiştir.

H2.3.1 Yorgunluk sonrası beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 5 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 5.dakika dinlenme süreleri arasında beynin frontal bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ( $p > 0,05$ ). H2.3.1 reddedilmiştir.

H2.3.2 Yorgunluk sonrası beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 5 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 5.dakika dinlenme süreleri arasında beynin temporal bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ( $p > 0,05$ ). H2.3.2 reddedilmiştir.

H2.3.3 Yorgunluk sonrası beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 5 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 5.dakika dinlenme süreleri arasında beynin parietal bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ( $p > 0,05$ ). H2.3.3 reddedilmiştir.

H2.3.4 Yorgunluk sonrası beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 5 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin central bölgesinde oluşan alfa

frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 5.dakika dinlenme süreleri arasında beynin central bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ( $p>0,05$ ). H2.3.4 reddedilmiştir.

H2.3.5 Yorgunluk sonrası beynin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 5 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 5.dakika dinlenme süreleri arasında beynin oksipital bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ( $p>0,05$ ). H2.3.5 reddedilmiştir.

H2.4. Yorgunluk sonrası beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 7 dakikalık dinlenme süresi sonrasındaki beyinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk sonrası ilk ölçümdeki alfa frekansı tepe noktası ile 7 dakikalık dinlenme sonrasındaki alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ( $p\leq 0,05$ ). H2.4 kabul edilmiştir.

H2.4.1 Yorgunluk sonrası beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 7 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin frontal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 7.dakika dinlenme süreleri arasında beynin frontal bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ( $p\leq 0,05$ ). H2.4.1 kabul edilmiştir.

H2.4.2 Yorgunluk sonrası beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 7 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin temporal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 7.dakika dinlenme süreleri arasında beynin temporal bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır ( $p\leq 0,05$ ). H2.4.2 kabul edilmiştir.

H2.4.3 Yorgunluk sonrası beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 7 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin parietal bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 7.dakika dinlenme süreleri arasında beynin parietal bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır ( $p \leq 0,05$ ). H2.4.3 kabul edilmiştir.

H2.4.4 Yorgunluk sonrası beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 7 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin central bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 7.dakika dinlenme süreleri arasında beynin central bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ( $p \leq 0,05$ ). H2.4.4 kabul edilmiştir.

H2.4.5 Yorgunluk sonrası beynin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası ile 7 dk'lık dinlenme süresi sonrasındaki beynin oksipital bölgesinde oluşan alfa frekansı tepe noktası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Anaerobik yorgunluk ve yorgunluk sonrası 7.dakika dinlenme süreleri arasında beynin oksipital bölgesindeki alfa frekansı tepe noktaları istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ( $p > 0,05$ ). H2.4.5 reddedilmiştir.

### **5.3. Öneriler**

Bu araştırma bulgularına ve tartışmalarına bakılarak sunulacak öneriler iki pencerede yapılacaktır.

#### **5.3.1. Spor paydaşları için öneriler**

Anaerobik yorgunluk sonrasında, odaklanma durumunda ortaya çıkan alfa frekansının tepe noktası gücünün en düşük olduğu zaman dilimi çalışmamızın sonuçlarına göre yorgunluk aksiyonu bittikten sonraki ilk 30 saniyedir. Bu doğrultuda basketbol maçı sırasında anaerobik yorgunluk oluşturabilecek hücum-savunma aksiyonları sonrası oluşacak faul atışlarında sporcunun atış için aceleci davranmaması önerilmektedir

Anaerobik yorgunluk sonrasında, odaklanma durumunda ortaya çıkan alfa frekansının tepe noktası gücünün en yüksek olduğu zaman dilimi çalışmamızın



sonuçlarına göre yorgunluk aksiyonu bittikten sonraki 1.dakikadır. Düdük sporcunun odaklanma noktasında faul d d g  alınmasından itibaren sporcunun en az 1 dakika bekleyerek atış yapması önerilmektedir.

Anaerobik yorgunluk sonrasında, odaklanma durumunda ortaya çıkan alfa frekansının tepe noktası gücünün en yüksek olduğu 2. zaman dilimi çalışmamızın sonuçlarına göre yorgunluk aksiyonu bittikten sonraki 3.dakikadır. Kritik öneme sahip olan maçlarda hızlı hücum ya da savunma sonrası oluşabilecek yorgunluklarda faul atışı öncesi takım kolarına mola almaları önerilmektedir.

Anaerobik yorgunluk sonrasında, odaklanma durumunda ortaya çıkan alfa frekansının tepe noktası gücünün en düşük olduğu 2. zaman dilimi çalışmamızın sonuçlarına göre yorgunluk aksiyonu bittikten sonraki 5.dakikadır. Kritik öneme sahip olan maçlarda hızlı hücum ya da savunma sonrası oluşabilecek yorgunluklar sonrası oyundan çıkarılan oyuncuların kenarda tam 5 dakika beklememesi önerilmektedir. Bu oyuncular oyuna tekrar alınacaksa eğer, 5. Dakikadan daha öncesinde ya da daha sonrasında oyuna dahil edilmeleri önerilmektedir.

Diğer spor branşlarında anaerobik yorgunluk oluşturan hareketler sonrası atış gerektiren durumlar için gerekli bu çalışmanın okunarak gerekli taktiksel hamlelerin saha içerisinde ya da saha dışarısında yapılması önerilmektedir.

Sporculara bu bilgiler işığında öz düzenleme becerisi kazandırılması, gerekli desteğin profesyoneller tarafından verilmesi önerilmektedir.

### **5.3.2. Akademik alanyazın için öneriler**

Çalışmanın daha fazla kişi ile yapılması önerilmektedir.

Çalışmanın diğer spor branşlarında, diğer hareket ve tekniklerde de yapılması önerilmektedir.

Çalışmanın daha fazla kanallı EEG cihazları ile yapılması beynin her bölgesinin daha detaylı incelenmesi için önemlidir. Bu doğrultuda gerekli görülen çalışmalarda kanal sayısının artırılması önerilmektedir.

Elektrotların sınıflandırılmasında farklı yaklaşımlar ile kıyaslamaların yapılması önerilmektedir.

Ařırđ artefacta sebep olabilecek hareket ya da dizaynların yeniden gözden geçirilmesi, analizlerinin tekrar tekrar yapılması önerilmektedir.

Farklı beyin frekanslarının ve farklı beyin frekansı araştırma çeşitlerinin dizayn

edilmesi ve yayına dönüştürülmesi önerilmektedir.

Yorgunluk protokolünün oluşturulmasında EEG cihazının sınırlılıklarına uygun yeni ya da farklı yorgunluk oluşturma protokollerinin üretilmesi önerilmektedir.

## KAYNAKÇA

Acur, C. (2019). Futbolcularda yorgunluğun şut isabet yüzdesine etkisinin incelenmesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Gelişim Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

Alkan, A. (2006). EEG işaretlerinin ayrıştırılmasında, altuzay yöntemlerinin kullanılması. *Journal of Yasar University*, 1(3), 211–219.

Alpay, N., Karşıdağ, Ç. ve Kükürt, R. (2005). Transkraniyal Manyetik Stimülasyon (TMS). *Düşünen Adam*, 18(3), 136–148

American clinical neurophysiology. (2006). *Journal of Clinical Neurophysiology*, 23(2), 107–110.

Askovic, M., Watters, A. J., Aroche, J. ve Harris, A. W. F. (2017). Neurofeedback as an adjunct therapy for treatment of chronic posttraumatic stress disorder related to refugee trauma and torture experiences: two case studies. *Australasian Psychiatry*, 25(4), 358–363.

Aslankeser, Z. (2010). *Anaerobik antrenmanların santral-periferik yorgunluk ve toparlanma süreçlerine etkileri*. Yayımlanmış Doktora Tezi. Adana: Çukurova Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

Bahadır, A. (2020). Travma sonrası stres bozukluğunun tedavisinde EEG-dayalı neurofeedback yönteminin kullanımı. *Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(1), 123–130.

Barwick, F., Arnett, P. ve Slobounov, S. (2012). EEG correlates of fatigue during administration of a neuropsychological test battery. *Clinical Neurophysiology*, 123(2), 278–284.

Basmajian, J. v. (1972). Electromyography comes of age. *Science*, 176(4035), 603–609.

Bazanova, O. M. ve Vernon, D. (2014). Interpreting EEG alpha activity. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 44, 94–110.

Bazanova, O. ve Aftanas, L. (2006). Relationships between learnability and individual indices of EEG alpha activity. *Annals of General Psychiatry*, 5(1), 1–1.

Beauchamp, M. K., Harvey, R. H. ve Beauchamp, P. H. (2012). An integrated biofeedback and psychological skills training program for Canada's olympic short-track speedskating team. *Journal of Clinical Sport Psychology*, 6(1), 67–84.

Bigland-Ritchie, B. (1981). EMG and fatigue of human voluntary and stimulated contractions. *Ciba Foundation*, 82, 130–156.

Bigland-Ritchie, B., Johansson, R., Lippold, J. C. J. ve Woods, J. B. (1983). Contractile speed and emg changes during fatigue of sustained maximal voluntary contractions. *Journal of Neurophysiology*, 50(1), 313–324.

Blumenstein, B., ve Orbach, I. (2014). *Biofeedback for sport and performance enhancement*. Oxford handbooks online. New York, NY: Oxford University Press.

Blumenstein, B., Bar-Eli, M. ve Tenenbaum, G. (1995). The augmenting role of biofeedback: Effects of autogenic, imagery and music training on physiological indices and athletic performance. *Journal of Sports Sciences*, 13(4), 343–354.

Bodenmann, S., Rusterholz, T., Dürr, R., Stoll, C., Bachmann, V., Geissler, E., Jaggi-Schwarz, K., Landolt, H. P. (2009). The functional Val158Met polymorphism of COMT predicts interindividual differences in brain alpha oscillations in young men. *The Journal of neuroscience*, 29(35), 10855–10862.

Borg, G. A. v. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), 377–381.

Chapman, L. J. ve Chapman, J. P. (1987). The Measurement of Handedness. *Brain and Cognition*, 6(2), 175–183.

Cheng, J., Mabasa, G. ve Oppus, C. (2014). Prolonged distraction testing game implemented with Impact JS HTML5, Gamepad and Neurosky. *2014 International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM)* içinde (ss. 1–6). Palawan: IEEE.

Chomos, A. J. ve Saskatchewan, R. (2014). *The development of context-specific biofeedback training screens: An application to hockey officials*. Master's Thesis. Canada: University of Regina, Kinesiology and Health Studies.

Cianfoni, A., Law, M., Re, T. J., Dubowitz, D. J., Rumboldt, Z. ve Imbesi, S. G. (2011). Clinical pitfalls related to short and long echo times in cerebral MR spectroscopy. *Journal of Neuroradiology*, 38(2), 69–75.

Clark, C. R., Veltmeyer, M. D., Hamilton, R. J., Simms, E., Paul, R., Hermens, D. ve Gordon, E. (2004). Spontaneous alpha peak frequency predicts working memory performance across the age span. *International Journal of Psychophysiology*, 53(1), 1-9.

Cohen, J. (2016). Set correlation and contingency tables. *Applied Psychological Measurement*, 12(4), 425–434.

Craig, A., Tran, Y., Wijesuriya, N., Thuraisingham, R. ve Nguyen, H. (2011). Switching rate changes associated with mental fatigue for assistive technologies. *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* içinde (ss. 3071–3074). Boston: IEEE

Crews, D. J. ve Landers, D. M. (1993). Electroencephalographic measures of attentional patterns prior to the golf putt. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(1), 116–126.

Çavdar, T. (2014). *Anaerobik yorgunluğun denge ve kuvvet üzerine etkilerinin incelenmesi*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. Niğde: Niğde Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Davey, C. P. (1973). Physical exertion and mental performance. *Ergonomics*, 16(5), 595–599.

Delorme, A. ve Makeig, S. (2004). EEGLAB: An open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, 134(1), 9–21.

Demos, J. N. (2005). *Getting started with neurofeedback* (1. bs.). New York: W. W. Norton and Company.

Dempster, T. (2012). An investigation into the optimum training paradigm for alpha electroencephalographic biofeedback. Doctoral Thesis. Canterbury: Canterbury Christ Church University.

Dimmock, M. (2013). The science of medical imaging: SPECT and PET. *The Conversation*. <https://theconversation.com/the-science-of-medical-imaging-spect-and-pet-14086>. (Erişim tarihi: 20.11.2021).

Dishman, R. K., Thom, N. J., Puetz, T. W., O'Connor, P. J. ve Clementz, B. A. (2010). Effects of cycling exercise on vigor, fatigue, and electroencephalographic activity among young adults who report persistent fatigue. *Psychophysiology*, 47(6), 1066–1074.

Dulla, C. G., Dobelis, P., Pearson, T., Frenguelli, B. G., Staley, K. J. ve Masino, S. A. (2005). Adenosine and ATP Link PCO<sub>2</sub> to Cortical Excitability via pH. *Neuron*, 48(6), 1011–1023.

Egner, T. ve Gruzelier, J. H. (2004). EEG Biofeedback of low beta band components: frequency-specific effects on variables of attention and event-related brain potentials. *Clinical Neurophysiology*, 115(1), 131–139.

Evans, J. R. ve Abarbanel, A. (Ed.). (1999). *Introduction to Quantitative EEG and*

*Neurofeedback*. San Diego: Elsevier.

French, S. N. (1978). Electromyographic biofeedback for tension control during gross motor skill acquisition. *Perceptual and Motor Skills*, 47(3), 883–889.

Fronso, S. di, Robazza, C., Bortoli, L. ve Bertollo, M. (2017). Performance optimization in sport: A psychophysiological approach. *Motriz. Revista de Educacao Fisica*, 23(4), 1–7.

Galloway, S. M. (2011). The effect of biofeedback on tennis service accuracy. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 9(3), 251–266.

Gapen, M., van der Kolk, B. A., Hamlin, Ed., Hirshberg, L., Suvak, M. ve Spinazzola, J. (2016). A pilot study of neurofeedback for chronic PTSD. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 41(3), 251–261.

Gharagozlu, F., Nasl Saraji, G., Mazloumi, A., Nahvi, A., Motie Nasrabadi, A., Rahimi Froushani, A., Arab Kheradmand, A., Ashouri, M., Samavati, M. (2015). Detecting driver mental fatigue based on EEG alpha power changes during simulated driving. *Iran J Public Health*, 44(12), 1693–1700.

Gilbert, C. ve Moss, D. (2003). Biofeedback and biological monitoring. D. Moss, A. McGrady, T. C. Davies ve I. Wickramasekera (Ed.), *Handbook of Mind-Body Medicine for Primary Care* içinde (1. bs., ss. 109–122). SAGE Publications, Inc.

Green, E. E., Green, A. M. ve Walters, E. D. (2003). Voluntary control of internal states: Psychological and physiological. *Journal of Transpersonal Psychology*, 10(2), 71–88.

Gruzelier, J. (2009). A theory of alpha/theta neurofeedback, creative performance enhancement, long distance functional connectivity and psychological integration. *Cognitive Processing*, 10(1), 101–109.

Gupta, M., Bhatia, D., Sinha, T. K., Dogra, S. ve Jha, S. K. (2020). Investigation of cognitive changes in cerebral palsy children employing different integrated sensing techniques. *Sensors International*, 1(100016), 1-6.

Gutmann, B., Mierau, A., Hülzdünker, T., Hildebrand, C., Przyklenk, A., Hollmann, W. ve Strüder, H. K. (2015). Effects of physical exercise on individual resting state EEG alpha peak frequency. *Neural Plasticity*, 2015(717312), 1-6.

Güleroğlu, F. ve Eroğlu, H. (2019). Anaerobik egzersiz sonrası oluşan yorgunluğun sporcuların zihinsel dayanıklılık düzeylerine akut etkisi. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 21(3), 23–33.

Güney, E. ve Çepik Kuruoğlu, A. (2007). Yeme bozukluklarında beyin görüntüleme yöntemleri. *Klinik Psikiyatri Dergisi*, 10(2), 93–101.

Hammond, D. C. (2003). QEEG-guided neurofeedback in the treatment of obsessive compulsive disorder. *Journal of Neurotherapy*, 7(2), 25–52.

Hammond, D. C. (2011). What is neurofeedback: An update. *Journal of Neurotherapy*, 15(4), 305–336.

Hardt, J. v. ve Kamiya, J. (1978). Anxiety change through electroencephalographic alpha feedback seen only in high anxiety subjects. *Science*, 201(4350), 79–81.

Hatfield, B. D. ve Landers, D. M. (1987). Psychophysiology in exercise and sport Research an Overview. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 15(1), 351–388.

Horoz Donmez, M. ve Gelal, F. (2020). Manyetik Rezonans Spektroskopisi. *Türk Radyoloji Seminerleri*, 8(2), 273–284.

İşık, B. (2006). Manyetik rezonans görüntüleme ve Anestezi. *Marmara Medical Journal*, 19(2), 98–103.

Karakaş, S. (2017). Prof. Dr. Sirel Karakaş Psikoloji Sözlüğü. *Bilgisayar Programı ve Veritabanı*. <https://www.psikolojisozlugu.com/galvanic-skin-response-galvanik-deri-tepkisi> (Erişim tarihi: 20.11.2021).

Karataş, M. (2016). *Yorgunluk baskısı altında tabanca atış performansının ölçülmesi: Polis mekik koşusu testi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Kırıkkale: Kırıkkale Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

Kayalar Kurşunet, D. D. ve Sazak, N. (2018). Theta, alpha, smr, beyin dalgalarının müzik türleriyle olan etkileşimi: bir Nexus-10 EEG çalışması. *Online Journal of Music Sciences*, 3(1), 149–165.

Keleş, E. (2007). *Altıncı sınıf kuvvet ve hareket ünitesine yönelik beyin temelli öğrenmeye dayalı web destekli öğretim materyalinin geliştirilmesi ve etkililiğinin değerlendirilmesi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Keleş, E. ve Kol, E. (2015). Eğitim penceresinden beyin görüntüleme tekniklerine genel bir bakış. *Elementary Education Online*, 14(1), 349–363.

Kentgen, L. M., Tenke, C. E., Pine, D. S., Fong, R., Klein, R. G. ve Bruder, G. E. (2000). Electroencephalographic asymmetries in adolescents with major depression: Influence of comorbidity with anxiety disorders. *Journal of Abnormal Psychology*, 109(4), 797–802.

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., Schimke, H. ve Pfurtscheller, G. (1993). Alpha frequency, cognitive load and memory performance. *Brain Topography*, 5(3), 241–251.

Kluetsch, R. C., Ros, T., Théberge, J., Frewen, P. A., Calhoun, V. D., Schmahl, C., Jetly, R., Lanius, R. A. (2014). Plastic modulation of PTSD resting-state networks and subjective wellbeing by EEG neurofeedback. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 130(2), 123–136.

Koşar, Ş. N. ve Kin İşler, A. (2004). Üniversite öğrencilerinin Wingate Anaerobik Performans profili ve cinsiyet farklılıkları. *Spor Bilimleri Dergisi*, 15(1), 25–38.

Kurşunet, D. D. (2019, Şubat). *Sabâ makam müziğinin theta ve alpha beyin dalgalarına olan etkisi: bir Nexus-4 EEG çalışması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Sakarya: Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

La Vaque, T. J. (2003). Neurofeedback, neurotherapy and quantitative EEG. D. Moss, A. McGrady, T. C. Davies ve I. Wickramasekera (Ed.), *Handbook of Mind-Body Medicine for Primary Care* içinde (ss. 123–136). SAGE Publications, Inc.

Lal, S. K. L. ve Craig, A. (2001). A critical review of the psychophysiology of driver fatigue. *Biological Psychology*, 55(3), 173–194.

Lamb, G. D. (2002). Excitation-contraction coupling and fatigue mechanisms in skeletal muscle: studies with mechanically skinned fibres. *Journal of muscle research and cell motility*, 23(1), 81–91.

Lebedev, A. N. (1994). The neurophysiological parameters of human memory. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 24(3), 254–259.

Liu, J. Z., Zhang, L., Yao, B., Sahgal, V. ve Yue, G. H. (2005). Fatigue induced by intermittent maximal voluntary contractions is associated with significant losses in muscle output but limited reductions in functional MRI-measured brain activation level. *Brain Research*, 1040(1–2), 44–54.

Lubar, J. F. (1997). Neocortical dynamics: implications for understanding the role of neurofeedback and related techniques for the enhancement of attention. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 22(2), 111–126.

Lubar, J. F. ve Bahler, W. W. (1976). Behavioral management of epileptic seizures following EEG biofeedback training of the sensorimotor rhythm. *Biofeedback and Self-Regulation*, 1(1), 77–104.



Marzbani, H., Marateb, H. R. ve Mansourian, M. (2016). Neurofeedback: a comprehensive review on system design, methodology and clinical applications. *Basic and Clinical Neuroscience*, 7(2), 143–158.

Maughan, R. J. ve Gleeson, M. (2010). *The biochemical basis of sports performance* (2. bs.). Oxford University Pres.

Mehta, R. K. ve Agnew, M. J. (2012). Exertion-dependent effects of physical and mental workload on physiological outcomes and task performance. *IIE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*, 1(1), 3–15.

Mennes, M., Bergh, B. van den, Lagae, L. ve Stiers, P. (2009). Developmental brain alterations in 17 year old boys are related to antenatal maternal anxiety. *Clinical Neurophysiology*, 120(6), 1116–1122.

Merdan, Ö. (2016). Dikkat ve koordinasyon çalışmalarının anaerobik yorgunluk altındaki dikkat, el-göz koordinasyonu ve reaksiyon süresi performansına etkisinin incelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Antalya: Akdeniz Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

Mısırlıoğlu, M. ve Yılmaz Yardımcı, S. (2012). Orofasial ağrıların değerlendirilmesinde yeni vizyon: fMRI. *Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 14(3), 28–33.

Molae-Ardekani, B., Senhadji, L., Shamsollahi, M.-B., Wodey, E. ve Vosoughi-Vahdat, B. (2007). Delta waves differently modulate high frequency components of EEG oscillations in various unconsciousness levels. *2007 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* içinde (ss. 1294–1297). Lyon: IEEE.

Moss, D. (2002). Biofeedback. S. Shannon (Ed.), *Handbook of Complementary and Alternative Therapies in Mental Health* içinde (ss. 135–158). Elsevier.

Moss, D. (2004). Book review: Biofeedback: A Practitioner's Guide (3rd ed.). Edited by M. S. Schwartz and F. Andrasik. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 29(1), 75–78.

Neuper, C., Grabner, R. H., Fink, A. ve Neubauer, A. C. (2005). Long-term stability and consistency of EEG event-related (de-)synchronization across different cognitive tasks. *Clinical neurophysiology: official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 116(7), 1681–1694.

Ng, S. C. ve Raveendran, P. (2007). EEG peak alpha frequency as an indicator for

physical fatigue. T. Jarm, P. Kramar ve A. Zupanic (Ed.), *11th Mediterranean Conference on Medical and Biomedical Engineering and Computing* içinde (C. 16, ss. 517–520). Berlin: Springer, Berlin, Heidelberg.

Nishifuji, S., Sato, M., Maino, D. ve Tanaka, S. (2010). Effect of acoustic stimuli and mental task on alpha, beta and gamma rhythms in brain wave. *SICE Annual Conference* içinde (ss. 18–21). Taipei: IEEE Xplore

Ocak, Y. ve Buğdaycı, S. (2012). *Futsal*. İstanbul: Bedray Yayıncılık.

Oken, B. S. ve Chiappa, K. H. (1986). Statistical issues concerning computerized analysis of brainwave topography. *Annals of neurology*, 19(5), 493–497.

Ollinger, J. M. ve Fessler, J. A. (1997). Positron-emission tomography. *IEEE Signal Processing Magazine*, 14(1), 43–55.

Othmer, S. ve Othmer, S. (2016). Infra-low-frequency neurofeedback for optimum performance. *Biofeedback*, 44(2), 81–89.

Önsü, A. (2005). *Müzikli yapılan egzersizlerin sürekli kaygıya etkisi ve bu etkinin beyin dalgalarıyla desteklenmesi*. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi. Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

Özçelik, M. (2012). *Yüksek şiddetli, kısa süreli yüklenmeler sonrası toparlanmada, diurnal değişimin incelenmesi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Antalya: Akdeniz Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

Özdemir, Ö. (2006). *Sıçanlarda tüketici egzersizden sonra uygulanan melatoninin, kas glikojen düzeyine etkisi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Antalya: Akdeniz Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

Öztürk, F. ve Olaru, A. M. (1994). *Sportif Antrenman-Teori ve Metodoloji*. Adana: Çukurova Üniversitesi Basımevi.

Pallant, J. (2020). *Spss kullanma kılavuzu/spss ile adım adım veri analizi* (3. bs.). (Çev: S. Balcı ve B. Ahi). Anı yayıncılık.

Peper, E., Harvey, R., Lin, I.-M., Tylova, H. ve Moss, D. (2007). Is there more to blood volume pulse than heart rate variability, respiratory sinus arrhythmia, and cardiorespiratory synchrony? *Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 35(2), 54–61.

Perrey, S. ve Besson, P. (2018). Studying brain activity in sports performance: Contributions and issues. *Progress in Brain Research* içinde (C. 240, ss. 247–267). Montpellier: Elsevier B.V.

Petruzzello, S. J., Landers, D. M. ve Salazar, W. (1991). Biofeedback and Sport/Exercise Performance: Applications and Limitations. *Behavior Therapy*, 22(3), 379–392.

Philips, S. (2015). *Fatigue in sport and exercise* (1. bs.). New York: Routledge

Pop-Jordanova, N. ve Chakalaroska, I. (2008). Comparison of biofeedback modaliEşitlik for better achievement in high school students. *Macedonian Journal of Medical Sciences*, 1(2), 25–30.

Pop-Jordanova, N. ve Demerdzieva, A. (2010). Biofeedback training for peak performance in sport-Case study. *Macedonian Journal of Medical Sciences*, 3(2), 113–118.

Pop-Jordanova, N. ve Zorcec, T. (2004). Child trauma, attachment and biofeedback mitigation. *Prilozi*, 25, 103–114.

Prinsloo, G. E., Rauch, H. G. L. ve Derman, W. E. (2014). A brief review and clinical application of heart rate variability biofeedback in sports, exercise, and rehabilitation medicine. *The Physician and Sportsmedicine*, 42(2), 88–99.

Ros, T., Frewen, P., Théberge, J., Michela, A., Kluetsch, R., Mueller, A., Candrian, G., Jetly, R., Vuilleumier, P., Lanius, R. A. (2016). Neurofeedback tunes scale-free dynamics in spontaneous brain activity. *Cerebral Cortex*, 27(10), 4911–4922.

Rosner, B. (1982). A generalization of the paired t-test. *Appl. StatistJournal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, 31(1), 9–13.

Schier, M. A. (2000). Changes in EEG alpha power during simulated driving: a demonstration. *International Journal of Psychophysiology*, 37(2), 155–162.

Surmeli, T., Ertem, A., Eralp, E. ve Kos, I. H. (2012). Schizophrenia and the efficacy of qEEG-guided neurofeedback treatment. *Clinical EEG and Neuroscience*, 43(2), 133–144.

Şahutoğlu, G. (2017). *Radyoaktif iyot tedavisi yapılan hastalarda tiroid ve tükrük bezlerinin absorbe ettiği radyasyon dozunun MIRD yöntemiyle hesaplanması ve klinik korelasyonu*. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi. Yozgat: Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Taheri, S. M. ve Hesamian, G. (2013). A generalization of the Wilcoxon signed-rank test and its applications. *Stat Papers*, 54(2), 457–470.

Tiago-Costa, E., Quelhas-Costa, E. ve Santos-Baptista, J. (2016). Changes in EEG

amplitude (Alpha and Beta waves) with Thermal environment. *DYNA*, 83(197), 87-93.

Tran, Y., Craig, A., Boord, P. ve Craig, D. (2004). Using independent component analysis to remove artifact from electroencephalographic measured during stuttered speech. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 42(5), 627–633.

Tran, Y., Craig, A., Boord, P., Connell, K., Cooper, N. ve Gordon, E. (2006). Personality traits and its association with resting regional brain activity. *International Journal of Psychophysiology*, 60(3), 215–224.

Tran, Y., Thuraisingham, R. A., Craig, A. ve Nguyen, H. (2009). Evaluating the efficacy of an automated procedure for EEG artifact removal. *31st Annual International Conference* içinde. Minnesota: IEEE EMBS.

Türkkol, A. (2018). MEG (Manyetoensefalografi). *Tıp ve Mühendislik*. <https://tiptamuhendislik.wordpress.com/2018/01/06/megmanyetoensefalografi/> (Erişim tarihi: 20.11.2021).

Ülker, B. ve Tabakcioğlu, M. B. (2018). Neurosky biyosensör kullanarak beyin dalgaları, dikkat ve meditasyon değerlerinin ölçülmesi ve değerlendirilmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi (GBAD)*, 7(1), 25–33.

Ünal, D. (2008). *Tıpta kullanılan görüntüleme teknikleri*. Yayımlanmamış Tez Çalışması. Ankara: Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi.

Vernon, D. J. (2005). Can neurofeedback training enhance performance? An evaluation of the evidence with implications for future research. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 30(4), 347–364.

Vernon, D., Egner, T., Cooper, N., Compton, T., Neilands, C., Sheri, A. ve Gruzelier, J. (2003). The effect of training distinct neurofeedback protocols on aspects of cognitive performance. *International Journal of Psychophysiology*, 47(1), 75–85.

Wang, Y. (2016). NordicNeuroLab transforms fMRI technology. *The New Economy*. <https://www.theneweconomy.com/technology/nordicneurolab-transforms-fmri-technology> (Erişim tarihi: 20.11.2021).

Weinberg, R. S. ve Hunt, V. v. (1976). The interrelationships between anxiety, motor performance and electromyography. *Journal of Motor Behavior*, 8(3), 219–224.

Welch, P. D. (1967). The use of fast fourier transform for the estimation of power

spectra: A method based on time Averaging over short, modified periodograms. *IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics*, 15(2), 70–73.

Westerblad, H., Lee, J. A., Lannergren, J. ve Allen, D. G. (1991). Cellular mechanisms of fatigue in skeletal muscle. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 261(2), 195–209.

Xu, F., Uh, J., Brier, M. R., Hart, J., Yezhuvath, U. S., Gu, H., Yang, Y., Lu, H. (2011). The influence of carbon dioxide on brain activity and metabolism in conscious humans. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*, 31(1), 58–67.

Yaşlı, B. Ç., Karayığit, R., Karabiyik, H. ve Koz, M. (2020). Antrenman yükü ölçüm yöntemleri: Bilimsel yaklaşım. Article in *Turkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, 12(3), 421–433.

Yucha, C. ve Montgomery, D. (2008). *Evidence-based practice in biofeedback and neurofeedback*. Las vegas: Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback (AAPB).

Zaichkowsky, L. D. ve Fuchs, C. Z. (1988). Biofeedback applications in exercise and athletic performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 16(1), 381–422.

Zengin, G. (2020). *Tedaviye Dirençli Bipolar Depresyonda Transkranyal Manyetik Stimülasyonun Etkinliği*. Yayımlanmış Uzmanlık Tezi. Denizli: Pamukkale Üniversitesi, Tıp Fakültesi.

Zoefel, B., Huster, R. J. ve Herrmann, C. S. (2011). Neurofeedback training of the upper alpha frequency band in EEG improves cognitive performance. *NeuroImage*, 54(2), 1427–1431.

**http-1:** <https://www.health.harvard.edu/staying-healthy/understanding-the-stress-response> (Erişim tarihi: 14.02.2021).

**http-2:** <https://tr.wikipedia.org/wiki/Elektroensefalografi> (Erişim tarihi: 14.02.2021)

**http-3:** <https://en.wikipedia.org/wiki/Neurofeedback> (Erişim tarihi: 20.11.2021)

**http-4:** <https://www.medikalakademi.com.tr/saglik-bakanligi-24-adet-yeni-nesil-bt-cihaz-aldi/> (Erişim tarihi: 14.02.2021)

**http-5:** <https://www.magnethastanesi.com.tr/tibbi-birimler/manyetik-rezonans-goruntuleme-mr.html> (Erişim tarihi: 20.11.2021)

- http-6:** <https://toraks.org.tr/site/news/4078> (Erişim tarihi: 20.11.2021)
- http-7:** <https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetoencephalography> (Erişim tarihi: 20.11.2021)
- http-8:** <https://moodisthastanesi.com/anasayfa/eriskin-ruh-sagliği/tms> (Erişim tarihi: 20.11.2021)
- http-9:** <https://brainworksneurotherapy.com/what-are-brainwaves> (Erişim tarihi: 20.11.2021)
- http-10:** <https://www.parapsikoloji.net/beyin-dalgaları-gama-beta-alfa-teta-delta-islev-ve-kullanimleri/> (Erişim tarihi: 20.11.2021)
- http-11:** <https://www.turkrad.org.tr/assets/pdfDocs/TRD-standartlar2012-son-01-06-2016.pdf> (Erişim tarihi: 20.11.2021)

## EKLER

### EK-1. Araştırma gönüllü katılım formu

Bu çalışma, “Basketbolcularda Anaerobik Yorgunluk ve Yorgunluk Sonrası Dinlenme Sürelerinde Alfa Beyin Frekanslarının İncelenmesi” başlıklı bir araştırma çalışması olup “Anaerobik yorgunluk durumunda ve yorgunluk sonrası dinlenme aşamalarında beyinde bulunan alpha frekanslarının incelenmesi” amacını taşımaktadır. Çalışma, Yusuf Dinar İŞGÖREN tarafından yürütülmekte ve sonuçları ile “Beyindeki alpha frekanslarının anaerobik yorgunluğa bağlı olarak ne şekilde değiştiği ve dinlenme süresi arttıkça ne şekilde etkilendiği ortaya konulacak, yorgunluk etiyojisinin zihinsel parametrelerde incelenerek basketbol taktiksel gelişimine katkıda bulunarak bu alana ışık tutulacaktır.

- Bu çalışmaya katılımınız gönüllülük esasına dayanmaktadır.
- Çalışmanın amacı doğrultusunda, deneysel araştırma yapılarak sizden veriler toplanacaktır.
- İsminizi yazmak ya da kimliğinizi açığa çıkaracak bir bilgi vermek zorunda değilsiniz/araştırmada katılımcıların isimleri gizli tutulacaktır.
- Araştırma kapsamında toplanan veriler, sadece bilimsel amaçlar doğrultusunda kullanılacak, araştırmanın amacı dışında ya da bir başka araştırmada kullanılmayacak ve gerekmesi halinde, sizin (yazılı) izniniz olmadan başkalarıyla paylaşılmayacaktır.
- İstemeniz halinde sizden toplanan verileri inceleme hakkınız bulunmaktadır.
- Sizden toplanan veriler depolama yöntemi ile korunacak ve araştırma bitiminde arşivlenecek veya imha edilecektir.
- Veri toplama sürecinde/süreçlerinde size rahatsızlık verebilecek herhangi bir soru/talep olmayacaktır. Yine de katılımınız sırasında herhangi bir sebepten rahatsızlık hissederseniz çalışmadan istediğiniz zamanda ayrılabilirsiniz. Çalışmadan ayrılmanız durumunda sizden toplanan veriler çalışmadan çıkarılacak ve imha edilecektir.

Gönüllü katılım formunu okumak ve değerlendirmek üzere ayırdığınız zaman için teşekkür ederim. Çalışma hakkındaki sorularınızı Anadolu Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalından Yusuf Dinar İŞGÖREN'e yöneltebilirsiniz.

Araştırmacı Adı : Yusuf Dinar İŞGÖREN  
Adres :

İş Tel :  
Cep Tel :

Bu çalışmaya tamamen kendi rızamla, istediğim takdirde çalışmadan ayrılabilceğimi bilerek verdiğim bilgilerin bilimsel amaçlarla kullanılmasını kabul ediyorum.

*(Lütfen bu formu doldurup imzaladıktan sonra veri toplayan kişiye veriniz.)*

Katılımcı Ad ve Soyadı:

İmza:

Tarih:



## EK-2. Veli izin dilekçesi

Yusuf Dinar İŞGÖREN'in yönettiği "Basketbolcularda Anaerobik Yorgunluk ve Yorgunluk Sonrası Dinlenme Sürelerinde Beyindeki Alpha Frekansının İncelenmesi" konulu Lisansüstü Tez Çalışması'nda konu, ölçüm amacı, ölçüm yöntemleri ve alınacak tüm önlemler hususumda gerekli bilgilendirmenin tarafıma eksiksizce yapıldığını beyan ederim.

Bu doğrultuda, velisi bulunduğum ..... İsimli sporcunun spor bilimine katkı sağlamak amacı ile gerçekleştirilecek bu çalışmaya katılmasına izin veriyor, tarafımda bir mahsuru olmadığını beyan ediyorum.

AD – SOYAD

İMZA

### EK-3. Demografik bilgi formu

(Lütfen sizlerden istenen bilgileri tam ve eksiksiz doldurunuz. Sizlere ait olan seçenekleri daire içerisine alınız)

Yaşınız ?

- 16-20
- 21-25
- 26-30
- 31 ve üzeri

Herhangi bir uyku probleminiz var mıdır?

Evet

Hayır

Hangi elinizi kullanıyorsunuz ?

- Sağ
- Sol

Kullandığımız nörolojik bir ilaç var mıdır?  
(Antidepresan vb.)

Evet

(Belirtiniz.....)

Hayır

Cinsiyetiniz ?

- Erkek
- Kadın
- Diğer (Belirtiniz .....

Spor yaşınız? (Kaç yıldır lisanslı aktif  
sporcusunuz?)

1-3

4-7

8-11

Son 24 saat içerisinde alkol tükettiniz mi ?

- Evet
- Hayır

12 ve üzeri

Herhangi bir nörolojik rahatsızlığınız var mıdır?  
(Epilepsi vb.)

- Evet (Belirtiniz .....
- Hayır

Branşınız ?

Basketbol

Futbol

Voleybol

Diğer

(Belirtiniz .....

**EK-4.** Sağlık bilimleri bilimsel araştırma ve yayın etiği kurulu

Ana.Üni.: 26.04.2021-63657



T.C.  
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ  
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü

Sayı : E-38943838-050.99-63657  
Konu : Etik Kurulu Kararı Hk.

### BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi Yusuf Dinar İŞGÖREN'in Prof. Dr. Hayri ERTAN danışmanlığında yürütülen "Basketbolcularda Anaerobik Yorgunluk ve Yorgunluk Sonrası Dinlenme Sürelerinde Alpha Beyin Frekanslarının İncelenmesi" başlıklı çalışması hakkında alınan Etik Kurulu kararının "Olumlu" olduğu bildirilmiştir.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Prof. Dr. Nalan  
GÜNDOĞDU  
KARABURUN  
Müdür V.

Ek: Etik Kurulu Kararı

**Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.**

Belge Doğrulama Kodu :BSCNZKHVMV Belge Doğrulama Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/anadolu-universitesi-ebys>  
Yunus Emre Kampüsü Tepebaşı/Eskişehir Bilgi için: Hanifi MUTLUKAYA  
Telefon No:+90 222 335 05 80/3620 Faks No:+90 Büro Perso  
222 320 76 51  
e-Posta:sagens@anadolu.edu.tr İnternet  
Adresi:<http://sbe.anadolu.edu.tr/trKep>  
Adresi:anadolu.universitesi@hs01.kep.tr



Bu belge, 5070 sayılı Elektronik İmza Kanunu'na göre Güvenli Elektronik İmza ile imzalanmıştır.



