



**ELİT VE AMATÖR CURLING SPORCULARININ
DİNLENİK DURUM EEG SİNYALLERİYLE
NÖRAL VERİMLİLİK DÜZEYLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Orhun YÜCE

Yüksek Lisans Tezi

Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalı

2023

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
KİŞİ SPORLARI VE SPOR BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANA BİLİM DALI
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR BİLİM DALI

**ELİT VE AMATÖR CURLİNG SPORCULARININ DİNLENİK DURUM EEG
SİNYALLERİYLE NÖRAL VERİMLİLİK DÜZEYLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**
(Comparison of Neural Efficiency Levels Through Resting State EEG Signals Between Elite
and Amateur Curling Athletes)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Orhun YÜCE

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fatih AĞDUMAN

Erzurum
Ekim, 2023

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Orhun YÜCE tarafından hazırlanan “Elit ve Amatör Curling Sporcularının Dinlenik Durum EEG Sinyalleriyle Nöral Verimlilik Düzeylerinin Karşılaştırılması“ başlıklı çalışması 26 / 10 / 2023 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalı, Beden Eğitimi ve Spor Bilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Doç. Dr. Deniz BEDİR

Erzurum Teknik Üniversitesi

Aslı ıslak imzalıdır

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fatih AĞDUMAN

Atatürk Üniversitesi

Aslı ıslak imzalıdır

Jüri Üyesi: Dr. Öğr. Üyesi Hasan Hüseyin YILMAZ

Atatürk Üniversitesi

Aslı ıslak imzalıdır

İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Onur Erdem KORKMAZ

Atatürk Üniversitesi

Enstitü Yönetim Kurulunun
17/08/2023 tarih ve -
17012596-100-2300252578
sayılı kararı.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

.... / / 202...

Aslı ıslak imzalıdır

Prof. Dr. Fatih KIYICI

Enstitü Müdürü

ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum Tezi olarak sunduğum “Elit ve Amatör Curling Sporcularının Dinlenik Durum EEG Sinyalleriyle Nöral Verimlilik Düzeylerinin Karşılaştırılması” başlıklı çalışmanın tarafımdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını ve yararlandığım eserleri kaynakçada gösterdiğimi beyan ederim.

26 / 10 / 2023

Orhun YÜCE

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun /.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun /.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Öncelikle bu süreçte danışmanlığımı üstlenen, konu seçiminden araştırmanın yürütülmesine dek çok değerli bilgi ve katkıları ile çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen, Lisans ve Yüksek Lisans eğitimim boyunca ufkumu genişleten, bana bilimi öğreten ve her daim destekçim olan çok kıymetli hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Fatih AĞDUMAN'a, ayrıca bu süreçte destelerini esirgemeyen, yardımcı danışmanlığımı yapan sayın Dr. Öğr. Üyesi Onur Erdem KORKMAZ'a derin saygı ve şükranlarımı sunarım.

Sporculuk kariyerimde beni hiç yalnız bırakmayan, yürüdüğüm yolda bana hep destek olan ve ailemden ayırmadığım değerli Antrenörüm Sadık TOPALOĞLU'na, baba yarısı olarak bildiğim Dursun KURTOĞLU'na, öz abim olarak gördüğüm çok değerli ağabeyim Ferdi GENÇ'e, ayrıca bu tez çalışmasında yardımcı olan tüm Milli takım arkadaşlarım ve değerli sporcularıma bana verdikleri destekler için şükranlarımı sunmayı bir borç bilirim.

Tez çalışmamın başından sonuna kadar bana gece gündüz canıgönülünden yardım eden, beni yüreklendiren, yorulduğumda nefes aldırان, yegâne can yoldaşım çok kıymetli Arş. Gör. Özlem Ece BAŞOĞLU'na teşekkür ederim.

Bana sporu sevdiren ve hayatım boyunca her konuda örnek aldığım idolüm olan babam Zekai YÜCE'ye ve haklarını asla ödeyemeyeceğim, hayattaki her şeyim olan canım aileme bana kattıkları sonsuz sevgi ve anlayış için teşekkür ederim.

Bu Yüksek Lisans tez çalışması rahmetli dedem Mustafa YÜCE'ye ithaf edilmiştir.

Orhun YÜCE

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELİT VE AMATÖR CURLING SPORCULARININ DİNLENİK DURUM EEG SİNYALLERİYLE NÖRAL VERİMLİLİK DÜZEYLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Orhun YÜCE

Ekim 2023, 75 Sayfa

Amaç: Bu araştırmanın amacı, elit ve amatör curling sporcularının göz kapalı dinlenik durumda EEG alfa bant genliklerinin karşılaştırılmasıdır.

Yöntem: Nicel araştırma yöntemlerinden tarama modeliyle tasarlanan çalışmaya 11 erkek ve 10 kadın olmak üzere toplam 21 elit ve amatör düzeyde curling sporcusu (Yaş = $22,4 \pm 4,41$) katılmıştır. Araştırmada katılımcıların serebral korteks verileri göz açık ve kapalı dinlenik durumda 32 kanallı ıslak elektrotlara sahip EEG cihazıyla alınmıştır. Verilerin istatistiksel analizi JASP 0.15.0.0 yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analizlerde sporcu gruplarına (elit-amatör) ait düşük-yüksek alfa genliklerinin karşılaştırılabilmesi için Mann Whitney U hipotez testi uygulanmıştır. Kanallara ait görseller ayrıca Brain Vision Analyzer programı aracılığıyla görselleştirilmiştir.

Bulgular: Çalışmada frontal bölgede gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark olmadığı gözlemlenmiştir. Central bölge Cz düşük alfa ($U=27,000$; $p<.05$), Cz yüksek alfa ($U=26,000$; $p<.05$), C4 düşük alfa ($U=8,000$; $p<.01$) ve C4 yüksek alfa ($U=27,000$; $p<.05$) değerleri, parietal bölgede P3, Pz ve P4 kanalları düşük ve yüksek alfa değerlerinin tamamı ve oksipital bölgede O2 düşük alfa ($U=8,000$; $p<.01$) ve O2 yüksek alfa ($U=9,000$; $p<.01$) genliklerinde elit curling sporcularına ait değerlerin amatör curling sporcularından düşük olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç: Araştırmada central bölgede Cz ve C4, parietal bölgenin tamamı (Pz, P3 ve P4) ve oksipital bölgede O2 kanalında elit curling sporcularına ait max alfa genlik değeri amatör curling sporcularından daha az olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak curling gibi yoğun dikkat ve konsantrasyon süreçlerini içeren spor branşlarında dinlenik durumda parietal korteks alfa genliğinin önemli bir belirteç olduğu ifade edilebilir.

Anahtar Kelimeler: Buz üzerinde satranç, nöral verimlilik, alfa, osilasyon, genlik.

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

COMPARISON of NEURAL EFFICIENCY LEVELS THROUGH RESTING STATE EEG SIGNALS BETWEEN ELITE and AMATEUR CURLING ATHLETES

Orhun YÜCE

October 2023, 75 pages

Purpose: This study aims to compare the EEG alpha band amplitudes in the eyes-closed resting state between elite and amateur curling athletes.

Method: A total of 21 elite and amateur curling athletes, including 11 males and 10 females (Age = 22.4 ± 4.41) participated in the study designed with a survey model, a quantitative research method. Cerebral cortex data of the participants were obtained using an EEG device with 32 wet electrodes during eyes-open and eyes-closed resting states. The statistical analysis of the data was performed using JASP 0.15.0.0 software. Mann Whitney U test was applied to compare low and high alpha amplitudes between athlete groups (elite- amateur). Visualizations for each channel were also created using the Brain Vision Analyzer software.

Findings: The study, designed with a quantitative research method using a survey model, included a total of 21 elite and amateur curling athletes, comprising 11 males and 10 females, with an average age of 22.4 ± 4.41 . In the research, cerebral cortex data of the participants were collected using an EEG device with 32 channels of wet electrodes in both eyes-open and eyes-closed resting states. Statistical analysis of the data was conducted using JASP 0.15.0.0 software. The Mann-Whitney U test was employed to compare low and high alpha amplitudes between athlete groups (elite and amateur). Visualizations of the channel-specific data were also created using the Brain Vision Analyzer program.

Results: In the study, it was observed that the maximum alpha amplitude values in the central region (Cz and C4), the entire parietal region (Pz, P3, and P4), and the occipital region at the O2 channel were lower in elite curling athletes compared to amateur curling athletes. Consequently, it can be stated that alpha amplitude in the parietal cortex during the resting state is a significant indicator in sports disciplines involving intense attention and concentration processes, such as curling.

Keywords: Chess on the ice, neural efficiency, alpha, oscillation, amplitude.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI.....	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ.....	xi
BİRİNCİ BÖLÜM.....	1
Giriş	1
Araştırmanın Amacı	1
Araştırmanın Önemi ve Gerekçesi	2
Araştırmanın Alt Problemleri.....	2
Araştırmanın Sınırlılıkları	2
Varsayımlar	2
Terimler ve Tanımlar	2
İKİNCİ BÖLÜM	4
Kuramsal Çerçeve ve İlgili Araştırmalar.....	4
Curling Sporu	4
Sinir Sistemi	8
Beyin.	9
Nörobilim	12
Nörogörüntüleme teknikleri.	13
EEG (Elektroensefalografi).....	18
EEG dalgaları.	21
Nöral Verimlilik, EEG ve Spor.....	24
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM.....	27
Yöntem	27

Araştırma Yöntemi.....	27
Evren ve Örneklem	27
Veri Toplama Araçları	27
Kişisel bilgi formu.	28
Süreç/Uygulama.....	28
Verilerin Analizi	29
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM.....	34
Bulgular	34
BEŞİNCİ BÖLÜM	43
Tartışma ve Sonuç	43
Öneriler.....	50
KAYNAKÇA	51
EKLER	61
Ek 1. Etik Kurul Onayı	61
ÖZGEÇMİŞ.....	62

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. <i>Araştırmaya Katılan Sporculara Ait Bilgilerin Frekans Analizi.....</i>	34
Tablo 2. <i>Elit ve Amatör Sporculara Ait Frontal Bölge Göz Kapalı Dinlenik Durum Düşük ve Yüksek Alfa Genliği Mann Whitney U Testi Değerleri</i>	36
Tablo 3. <i>Elit ve Amatör Sporculara Ait Central Bölge Göz Kapalı Dinlenik Durum Düşük ve Yüksek Alfa Genliği Mann Whitney U Testi Değerleri</i>	38
Tablo 4. <i>Elit ve Amatör Sporculara Ait Parietal Bölge Göz Kapalı Dinlenik Durum Düşük ve Yüksek Alfa Genliği Mann Whitney U Testi Değerleri</i>	40
Tablo 5. <i>Elit ve Amatör Sporculara Ait Oksipital Bölge Göz Kapalı Dinlenik Durum Düşük ve Yüksek Alfa Genliği Mann Whitney U Testi Değerleri.....</i>	42

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Curling Sahası ve Ölçüleri (Federation, 2023b)	6
Şekil 2. Sinir Sistemi (Bear vd., 2020)	9
Şekil 3. Serebral Korteks Lobları (Bear vd., 2020)	10
Şekil 4. Phineas Gage (Yücelgen, 2018)	12
Şekil 5. fMRI Cihazı (Koç, 2022)	14
Şekil 6. MEG Cihazı (Türkkol, 2018)	15
Şekil 7. PET Cihazı (Benli vd., 2020)	16
Şekil 8. TMU Cihazı (Canbazoglu, 2019)	17
Şekil 9. Hans Berger (Wikimedia, 2023)	19
Şekil 10. İnsandan Kaydedilmiş İlk Elektroensefalogram (Berger, 1929)	19
Şekil 11. Gözlerin Kapatılmasıyla Ortaya Çıkan Alfa Dalgaları (Balim, 2018)	20
Şekil 12. Gözlerin Kapatılmasıyla Alfa Dalgalarının Genliklerinin Artması (Balim, 2018) ..	20
Şekil 13. 32 Kanallı EEG Montajı (Zhang vd., 2020)	21
Şekil 14. EEG Sinyal İşleme Süreci (Sanei, 2013)	22
Şekil 15. EEG Sinyalinin Frekans-Zaman Gösterimi (Güzel, 2015)	23
Şekil 16. Dalgaların Amplitüd ve Frekansı (Köktürk, 2013)	24
Şekil 17. Ham EEG Sinyali ve Ham EEG Sinyalinden Elde Edilen EEG Osilasyonları (Park vd. (2015)	26
Şekil 18. EEG Başlığı ve Amplifikatörü (Brain Products, 2023a)	28
Şekil 19. 32 Kanallı EEG Elektrotları (Brain Products, 2023b)	28
Şekil 20. BrainVision Kayıt Ekranı (Brain Products, 2023c)	30
Şekil 21. Vision Recorder Programının Arayüzü (Brain Products, 2023d)	30
Şekil 22. EEG Elektrot Yerleşimi (Korkmaz vd., 2022)	31
Şekil 23. %10 ve %20 Elektrot Mesafeli 10-20 Sistemi (Shriram vd., 2013)	31
Şekil 24. EEG Veri Toplama Süreci	32
Şekil 25. Elit ve Amatör Curling Sporculara Ait Frontal Bölge Göz Kapalı Dinlenik Durum Alfa Bandı Aktivitesi	35
Şekil 26. Elit ve Amatör Curling Sporcularına Ait Central Bölge Göz Kapalı Dinlenik Durum Alfa Bandı Aktivitesi	37
Şekil 27. Elit ve Amatör Curling Sporcularına Ait Parietal Bölge Göz Kapalı Dinlenik Durum Alfa Bandı Aktivitesi	39

Şekil 28. *Elit ve Amatör Curling Sporcularına Ait Oksipital Bölge Göz Kapalı Dinlenik*

Durum Alfa Bandı Aktivitesi41



KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

%	: Yüzde
CT	: Bilgisayarlı Tomografi
ÇSS	: Çevresel Sinir Sistemi
EEG	: Elektroensefalografi
ERP	: Olayla İlişkili Potansiyel
f	: ANOVA Testi Değeri
fMRG	: Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme
Hz	: Frekans
İYKAS	: İşlevsel Yakın Kızılaltı Spektroskopi
MEG	: Manyetoensefalografi
MRI	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
ms	: Milisaniye
MSS	: Merkezi Sinir Sistemi
mV	: Milivolt
n	: Sayı
NEH	: Nöral Verimlilik Hipotezi
Ort	: Ortalama
p	: İstatistiksel Anlamlılık Değeri
PET	: Pozitron Emisyon Teknolojisi
ss	: Standart Sapma
t	: T Testi Değeri
TMU	: Transkraniyel Manyetik Uyarım

BİRİNCİ BÖLÜM

Giriş

Son yıllarda egzersiz ve spor bilimlerinde hedefe yönelik hareketlerin, motor öğrenmenin ve elit performansın nörofizyolojik yönleri giderek daha önemli hale gelmiştir. Özellikle serebral korteksle ilgili çalışmalar, hareket planlama ve kontrolün merkezi olarak spor bilimlerinde davranışla ilgili araştırmalarla spor performansını destekleyen temel mekanizmaların nöro-bilimsel modellerini birleştirme amacıyla giderek artmaktadır (Jansen, 2008). Sporcular fiziksel güce sahip olmanın yanı sıra, spora özgü bir dizi bilişsel beceri geliştirerek algı, biliş ve eylem alanlarında üstün bir entegrasyon sergilemektedir (Yarrow vd., 2009). Bu bağlamda, yeni ortaya çıkan spor sinir bilimi kavramı, beyin-davranış bağlantılarının daha iyi anlaşılmasını sağladıktan sonra spor alanında uygulanarak performansı artırmayı amaçlamaktadır. Bilişsel sinirbilim, beyin ve davranış arasındaki bağlantıları araştırmak için bir dizi beyin görüntüleme yöntemleri kullanmaktadır. Bu yöntemler arasında en sık kullanılanların başında elektroensefalografi (EEG) gelmektedir.

Serebral korteks aktivitesini anlık olarak görüntüleyebilen EEG, beyin-davranış bağlantısıyla ilgili önemli bilgiler sunmaktadır. EEG teknolojisinin verileri yüksek zamansal çözünürlükle sunması spor davranışına özgü duysal, bilişsel ve motor süreçlerin hızlı bir şekilde yürütülmesinin gözlemlenmesinde büyük avantaj sağlamaktadır. Tarihsel bir perspektiften bakıldığında, sinirbilim alanında çalışma yapan araştırmacılar EEG teknolojisinin spor performansı için kritik olan sinirsel mekanizmaları belirlemede son derece uygun olduğunu uzun zamandır takdir etmektedir (Crews & Landers, 1993; Hatfield vd., 1984).

Bilişsel süreçlerin yoğun olarak yaşandığı curling sporunda dikkat, konsantrasyon, strateji ve karar verme faktörleri son derece önemli olmakla birlikte serebral korteks fonksiyonları da devreye girmektedir.

Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı, elit ve amatör curling sporcularının göz kapalı dinlenik durumda EEG alfa bant genliklerinin karşılaştırılmasıdır.

Araştırmanın Önemi ve Gerekçesi

Araştırma örneklemini dikkat ve konsantrasyon kavramlarının son derece önemli olduğu curling branşıyla ilgilenen elit ve amatör curling sporcularını içermektedir. Curling sporcularının elektrofizyolojik özelliklerinin incelenmesinin literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Araştırma gerekçesi ise; spor alanında daha önce yapılan EEG araştırmalarında bilişsel süreçlerin önemli olduğu spor branşları (golf, atıcılık, karate vb.) olduğu halde son yıllarda daha popüler hale gelen ve bilişsel süreçlerin yoğun olduğu curling branşıyla ilgili EEG uygulamalarına rastlanmamış olmasıdır.

Araştırmanın Alt Problemleri

1. Elit ve amatör curling sporcuları serebral korteks düşük ve yüksek alfa bant genliği max. değerleri arasında fark var mıdır?
2. Elit ve amatör curling sporcuların nöral verimlilikleri arasında fark var mıdır?

Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu araştırma elit ve amatör düzeyde curling sporuyla ilgilenen, en az bir yıllık sporcu lisansına sahip sporcularla sınırlandırılmıştır. Araştırmada ölçme aracı olarak ıslak elektrotlara sahip 32 kanallı EEG cihazı kullanılmış, araştırma verileri olarak dinlenik göz kapalı durum düşük ve yüksek alfa bantlarının max. genlik değerleriyle sınırlandırılmıştır.

Varsayımlar

Araştırmaya katılan sporcuların çalışmanın evrenini temsil ettiği ve EEG ölçümü sırasında temiz veri toplanabilmesi için yönergeleri tam olarak uyguladıkları varsayılmaktadır.

Terimler ve Tanımlar

Curling: 1998 yılından beri Kış Olimpiyat Oyunları'nda düzenli olarak oynanan curling (Bradley, 2009), sporcuların granitten yapılmış silindir şeklindeki taşları özel bir buz zemin üzerinde ev adı verilen hedef bölgeye atmaya çalıştığı bir spor dalıdır.

EEG: Serebral korteks yapıları tarafından üretilen elektrik aktivitesini okuyan bir nörogörüntüleme tekniğidir (Niedermeyer & da Silva, 2005).

Alfa Dalgası: Genellikle gözler kapalıyken ve kişi durgun durumdayken daha belirgin şekilde gözlenen ve 8-13 Hz frekans aralığında bulunan serebral korteks EEG dalgaları olarak tanımlanmaktadır (Nishifuji vd., 2010).

Nöral Verimlilik: Nöral verimlilik terimi literatürde uzmanlaşmış eylemlerin gerçekleştirilmesi sırasında, öğrenme aşamasında kullanılan beyin bölgelerine kıyasla daha küçük bir beyin bölgesinin aktive edilmesi şeklinde tanımlanmaktadır (Guo vd., 2017).



İKİNCİ BÖLÜM

Kuramsal Çerçeve ve İlgili Araştırmalar

Curling Sporü

Curling, sporcuların granitten yapılmış silindirik şeklindeki taşları özel bir buz zemin üzerinde ev adı verilen hedef bölgeye atmaya çalıştığı bir spor dalıdır. Tarihsel süreçte ilk olarak donmuş göller üzerinde oynanan curling, adını taşın buzun üzerinde kayarken çıkardığı ‘kükreme’ sesinden almaktadır (Weeks, 2020). Curling, 1998 yılından beri Kış Olimpiyat Oyunları’nda düzenli olarak oynanan bir spordur (Bradley, 2009). Fiziksel özelliklerin yanı sıra zihinsel özelliklerin de üst düzeyde olduğu curling sporunda strateji (Weeks, 2020) ve analitik düşünme (Pezer, 2008) son derece önemli rol oynayan bilişsel süreçlerdir.

Curling sporu ayrıca fair-play kavramının en üst düzeyde uygulandığı branşlardan biridir. Bütün spor branşlarında rakibe duyulan saygı, kurallara uyma ve ahlaki değerleri koruma olarak görülmektedir (Pehlivan & Konukman, 2004). Curling sporunda yaygın olarak kullanılan ‘curling ruhu’ kavramı sporcular için son derece önemlidir. Müsabaka esnasında sporcular arasında anlaşmazlık söz konusu olduğunda genellikle son kararı hakemler vermektedir. Bunun dışında hakemlerin müsabakaya etkisi oldukça azdır (Ağduman & Bedir, 2023).

İlk kez 1924 kış olimpiyatlarında gösteri sporu olarak yer alan Curling, 1998’den bu yana kış olimpiyatlarında resmi olarak yer almaktadır (Dumlu, 2015). Günümüzde Kanada ve İskoçya’da en popüler sporlardan biri haline gelmiştir. Curling sahası, buz hokeyi ve buz pateni gibi spor branşlarının buzlarından farklı olarak özel işlem görmesi gerekmektedir. Teknisyenler müsabakadan hemen önce buzun üzerine ‘pebble’ adı verilen küçük su tanecikleri serpiştirirler ve özel kazıma makineleriyle (scraper) buz kazıma işlemi yapılmaktadır (Jensen & Shegelski, 2004).

Curling her yaşta insana hitap eden fiziksel ve zihinsel becerilerin ön planda olduğu eğlenceli bir spor dalıdır. Maçta iki takım sırayla taşları buzun üzerinde kaydırıp süpürerek evin merkezine atmayı hedeflemektedir. Bir curling maçında her takıma düşünme süresi (thinking time) olarak 38 dakika zaman verilmektedir (Ağduman & Bedir, 2023). Curling takımları birinci, ikinci, üçüncü ve son oyuncu olmak üzere dört asıl, bir yedek toplam beş kişiden oluşmaktadır (Özdemir & Şebin, 2020). Oyuncular her sette maçtan önce belirlenen sıralamaya

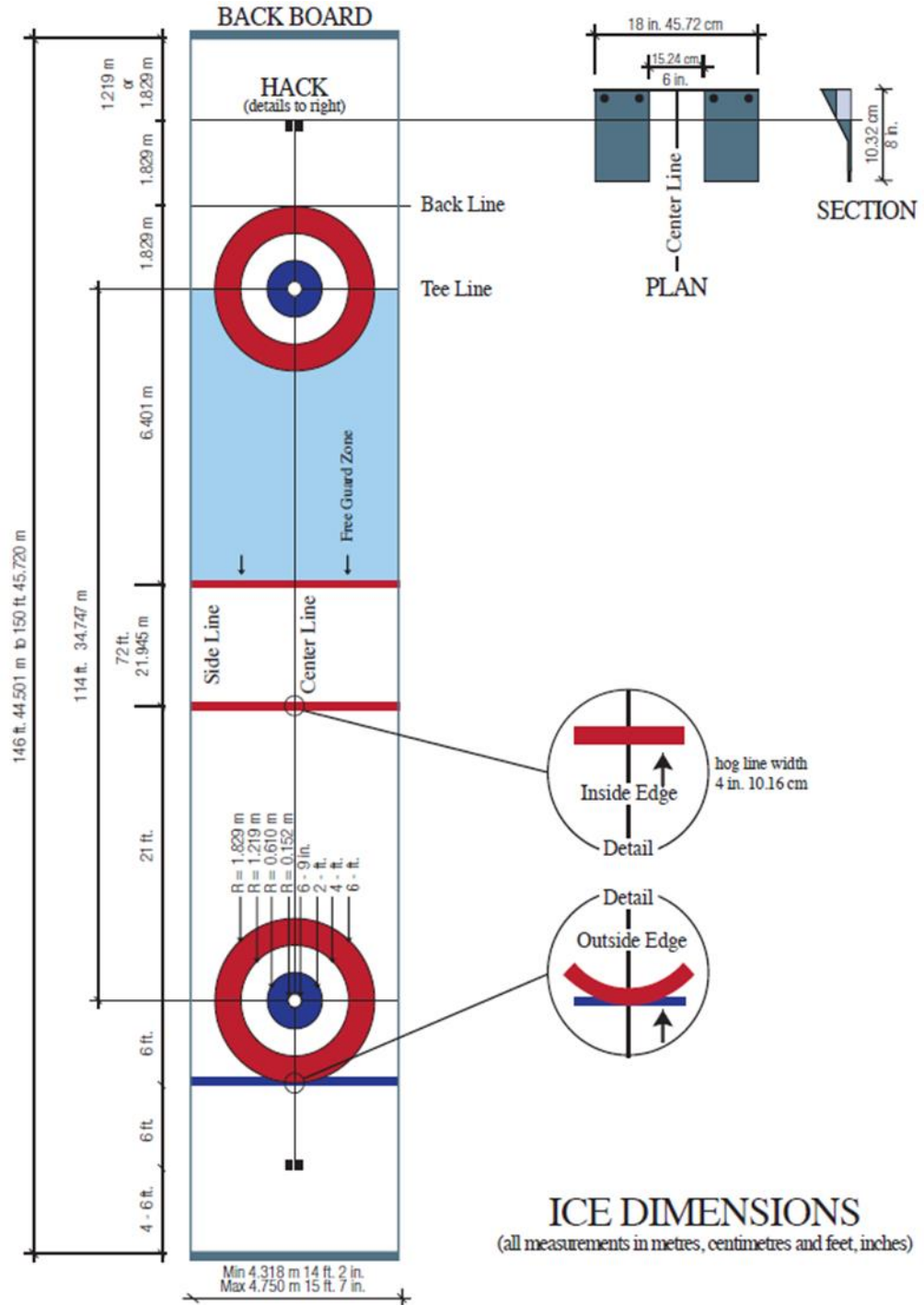
göre taşlarını atmaktadır. Birinci oyuncular 1. ve 2., ikinci oyuncular 3. ve 4., üçüncü oyuncular 5. ve 6., dördüncü oyuncular 7. ve 8. taşları atarlar (Tamminen & Crocker, 2013). Atış sırasını bekleyen rakip takım kaptanı karşı tarafta yer alan oyun alanında atış sırası kendi takımına gelene kadar beklemektedir (Özdemir & Şebin, 2020). Kaptanlar genellikle takımın dördüncü oyuncusudur ve takımın son taşlarını atmaktadır. Bunun sebebi kaptanın takımdaki diğer oyunculara göre atış becerisinin daha yüksek olmasıyla birlikte teknik-taktik konusunda daha iyi ve daha soğukkanlı olmasıdır.

Sheet adı verilen curling sahasının uzunluğu 45,72 m genişliği 4.5 metredir. Oyuncular atış yaparken taşı kendilerine yakın olan bölgedeki hog line'dan önce taşla teması kesmek zorundadırlar. Taşı hog line çizgisine kadar bırakmadıkları taktirde taş diskalifiye edilir ve atış geçersiz sayılır. Atış yapan oyuncular taşı bıraktıktan sonra buz üzerinde istedikleri yere kadar kayabilirler fakat buza zarar vermemelidirler (Federation, 2023b). Sheet'in her iki ucunda sporcuların taşlarını biriktirmeye çalıştığı iç içe geçmiş 3,66 m çapında yer alan dairelere ev adı verilir. Genellikle bu daireler farklı renklere boyanmaktadır. Bunun sebebi oyun esnasında taşların evin merkezine yakınlık-uzaklık durumunun daha kolay tespit edilmesidir (Ağduman & Bedir, 2023).

Granitten yapılmış silindir şeklindeki taşlarla oynanan curling sporunda oyuncular buz üzerinde daha iyi kayabilmek için özel ayakkabılar giymektedir. Sporcuların dominant ellerine göre slider (kaydırıcı) giydikleri ayağı değişkenlik gösterebilir. Oyuncular diğer ayaklarına ise gripper (tutucu) giymektedir. Gripper sayesinde sporcular buz üzerinde kolaylıkla dengede kalabilirler (Ağduman & Bedir, 2023).

Curlingde en fazla dikkat çeken materyallerden bir diğeri ise süpürge. Süpürme işlemi taşın önündeki buz yüzeyini süpürerek ısıtmak amacıyla kullanılmaktadır. Milimetrelerin bile son derece önemli olduğu curling oyununda buz yüzeyi son derece temiz olmalıdır. Taşa herhangi bir yabancı cismin teması taşın yönünü değiştirerek durmasına veya yavaşlamasına sebep olabilir. Bu sebeple süpürme işlemi curling oyununda son derece önemlidir.

Şekil 1. Curling Sahası ve Ölçüleri (Federation, 2023b)



10 end (devre) üzerinden oynanan curling oyununda maç sonunda rakibinden daha fazla puan alan takım galip ilan edilmektedir. Oyunda takımlar arasındaki puan farkının az ya da fazla olmasının önemi yoktur. Oyunda puan alabilmenin temel şartı taşların set sonunda hedef bölgeye (ev) taşın temas etmesidir. Yalnızca eve temas eden taşlardan puan alınabilir. Bir set sonunda yalnızca tek bir takım puan alabilir. Eğer tüm setler bittikten sonra beraberlik sözü konusu ise Dünya Curling Federasyonu kurallarına bağlı olmak üzere beraberlik bozulana kadar setler uzamaya devam eder (Ağduman & Bedir, 2023).

Curling bir takım sporudur. Takım sporlarında sporcuları başarıya götüren durum sadece bireysel becerileri değil, takım uyumu ve takımın performansıdır. Branşa özgü becerilerin sergilenemediği, performansın düşük olduğu durumlarda curling oyuncularını takım arkadaşlarını motive etmek ve müsabaka sırasındaki takım molalarında veya set aralarında antrenöründen alacağı taktikleri anlamak zorundadır. Çevresel koşullar itibarıyla fiziksel dayanıklılığının yanı sıra sporcunun psikolojik dayanıklılığı da oldukça önemlidir. Tüm hedef sporlarında olduğu gibi curling branşında da motivasyon ve konsantrasyon önemli bir rol oynar. Bu bağlamda sporcular müsabaka öncesinde esnasında ve sonrasında belirli zihinsel antrenmanlar (imgeleme, telkin vb.) yapmaktadır. Özellikle imgeleme çalışmasının bu branşta etkin olarak kullanılması ve beraberinde getirdiği olumlu sonuçlar, sporda başarının yalnızca fiziksel değil psikolojik süreçlere de bağlı olduğunun bir kanıtıdır (Kouali vd., 2017). Curling sporunda yüzlerce parametre bulunur. Bu da sporcunun pek çok olasılığı maç boyunca hızlı bir şekilde düşünmesi gerektiği anlamına gelir. Stratejik hamleler (Weeks, 2020) ve analitik düşünme (Pezer, 2008) en yoğun tecrübe edilen bilişsel süreçlerin başında gelmektedir.

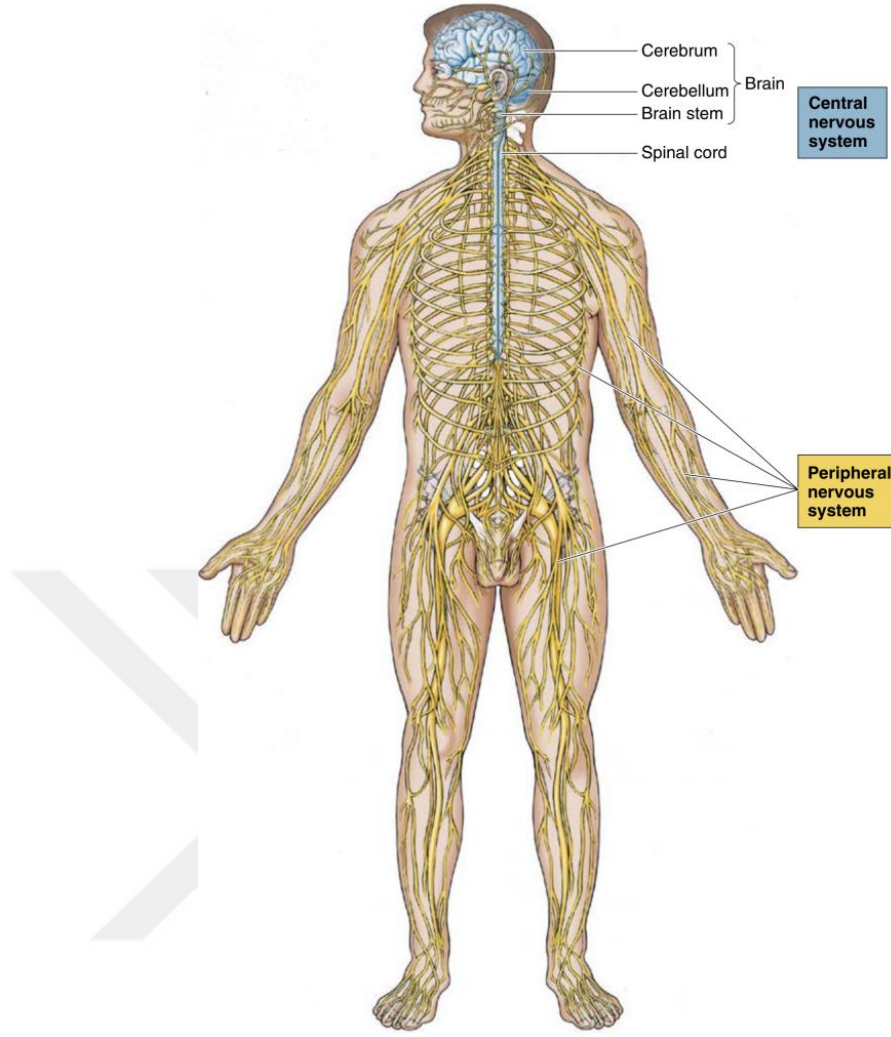
Curling sporu, bilişsel süreçler açısından son derece önemlidir. Oyuncuların bir dizi karmaşık bilişsel yetenekleri aynı anda kullanmalarını gerektiren curling branşında serebral korteks fonksiyonları ve nöral verimlilik arasında önemli bir etkileşim olduğu bilinmektedir (Guo vd., 2017). Bu bilişsel yetenekler arasında dikkat, konsantrasyon, planlama, strateji, iletişim, ekip çalışması, hesaplama, analitik düşünce ve stresle başa çıkma gibi unsurlar bulunmaktadır (Quarta vd., 2020). Bu çeşitlilik, curling sporunun beyin üzerinde çoklu etkiler yaratmasına olanak tanımaktadır. Curling müsabakaları oyuncuların dikkat ve konsantrasyonlarını sürekli üst düzeyde tutmasını gerektirmektedir (Pang & Zhang, 2022). Oyuncular, taşın yönünü, hızını ve dönüşünü kontrol ederken sürekli bir gözlem yapmalı ve stratejik bir plana bağlı olarak hareket etmelidir. Bu durum, beyinde dikkat ve odaklanma süreçlerinin sürekli olarak uyarılmasını sağlamaktadır. Planlama ve strateji, curling branşının en önemli unsurlarındandır (Westlund vd., 2017).

Oyuncular, her hamle öncesi taşın nereye yerleştirileceğine dair önceden düşünerek stratejik kararlar almalıdır. Bu süreç, beyinde planlama, strateji oluşturma ve problem çözme yeteneklerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Diğer önemli husus ise iletişim ve ekip çalışmasıdır. Oyuncular arasındaki sürekli ve etkili iletişim, sosyal nöral devreleri güçlendirerek takım içinde koordinasyonu artırır (Bedir vd., 2023). Hesaplama ve analitik düşünebilme becerileri yüksek sporcular her hamle öncesi buzun hızı ve dönüşü, rakibin güçlü-zayıf yönleri gibi faktörleri daha çabuk değerlendirerek rakiplerine karşı avantaj sağlamaktadır. Müsabaka sırasında duygudurum değişikliklerinin son derece yoğun olarak yaşandığı sporda stresle başa çıkma becerisi, rekabet ve baskı ile baş etme yeteneğini içermektedir. Oyuncular, zorlu durumlarla başa çıkarak duygusal düzenleme ve nöral denge becerilerini geliştirmektedir. Zihinsel olarak yoğun bir etkinlik olan curling sporu bilişsel süreçleri tetikler ve sinir sistemi üzerinde olumlu etkiler yaratmaktadır.

Sinir Sistemi

İnsan vücudu, çeşitli sistemlerin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Bu sistemlerin içinde en karmaşık olanı sinir sistemidir. Sinir sistemi, vücudun hem iç hem de dış uyarılara nasıl tepki vereceğini düzenlemektedir (Xiang vd., 2017). Tüm memelilerde bulunan sinir sistem merkezi sinir sistemi (MSS) ve çevresel (Periferik) sinir sistemi olmak üzere iki ana bölüme ayrılmaktadır (Şekil 2). MSS, beyin ve omurilikten oluşurken, çevresel sinir sistemi ise bunların dışında kalan tüm sinir yapılarından oluşmaktadır.

Şekil 2. Sinir Sistemi (Bear vd., 2020)



Cerebrum: Beyin, Cerebellum: Beyincik, Brain stem: Beyin sapı, Spinal cord: Omurilik, Brain: Beyin

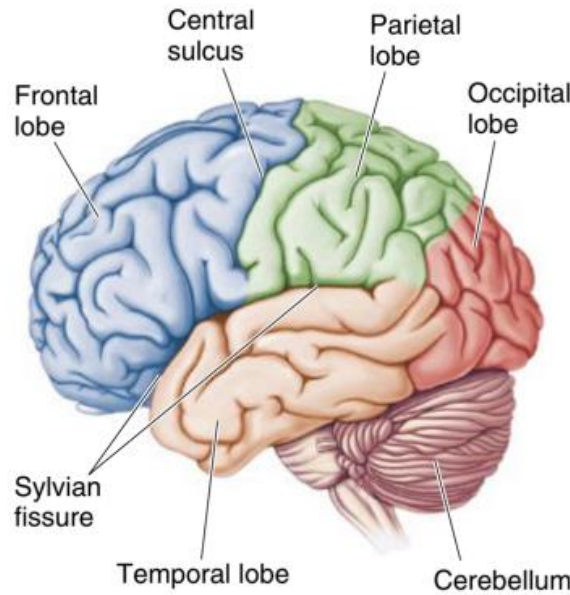
Central nervous system: Merkezi sinir sistemi (MSS), Peripheral nervous system: Çevresel (Periferik) sinir sistemi

Beyin.

Evrendeki en karmaşık yapılardan biri olan insan beyni (Fornito vd., 2016), vücut kütesinin %2'si kadar yer kaplamasına karşın, kalpten gelen kan miktarının %15'ini ve vücutta sarfedilen oksijen miktarının %20'sini kullanmaktadır. Beyin, kimyasal ve elektriksel aktiviteler ile yaşamsal fonksiyonları yönetmektedir (Carter, 2019). İnsan beyni serebrum (büyük beyin), beyincik ve beyin sapı olarak adlandırılan üç kısımda incelenmektedir. Bu ayrımlar, sinir sisteminin işlevselliği ve karmaşıklığının daha iyi anlaşılmasında yardımcı olmaktadır (Bear vd., 2020). Sinir sistemini oluşturan nöron ve nöroglia olarak adlandırılan iki ana hücre tipi bulunmaktadır (Duru vd., 2020). Nöronlar, sinir sisteminin temel hücreleridir ve

dışarıdan gelen uyarılara tepki vermekle görevlidir. Nöroglialar ise, bu nöronlara destek sağlayan yardımcı hücrelerdir. Normal bir insan beyni yaklaşık 100 milyar nöron ve bunları birbirine bağlayan yaklaşık olarak 100 trilyon sinapstan oluşur (Fornito vd., 2016). Sinapslar, yeni uyarılara ve görevlere uyum sağlayabilen dinamik yapılar olarak tanımlanmaktadır. Nöronlar, iletilmesi gereken mesajları bütünleştirerek ve membranlarındaki elektriksel potansiyelde değişiklikler yaparak bu mesajları iletirler (Zhang vd., 2019). Bu olaya "aksiyon potansiyeli" denir ve genliği yaklaşık 100 milivolt (mV) civarındadır. Aksiyon potansiyelinin oluşumu çok hızlıdır ve sadece 1 milisaniye (ms) sürmektedir (Guyton & Hall, 2000). Bu süreç, sinir sistemimizin etkili ve hızlı bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Merkezi sinir sisteminin en büyük organı olan beyinde frontal, temporal, parietal ve oksipital lob adında dört ana bölüm bulunmaktadır.

Şekil 3. *Serebral Korteks Lobları (Bear vd., 2020)*



Frontal lobe: Beynin ön tarafında bulunan en büyük lobu, Central sulcus: Beyinde pariyetal lob ile frontal lobu ayıran fissür (beyin korteksindeki büyük yarık veya sınır), Parietal lobe: Yan lob (yarı-beyin), Occipital lobe: Arka kafada bulunan lob

Sylvian fissure: Beynin sağ ve sol yarımküresinde ön lob ve pariyetal lobu temporal lobdan ayıran, beyin kabuğunun en sığ ve belirgin sınır, Temporal lobe: Beyin yarım küresinin yan taraftaki lobu, Cerebellum: Beyincik

Frontal lob.

Beyin lobları arasında en büyük ve fonksiyonel olarak en kapsamlı lobdur. Bu yüzden araştırmacılar tarafından birincil motor, premotor ve prefrontal bölge olarak üç bölüme ayrılmıştır (Keleş & Çepni, 2006). Frontal lob bilinçli düşünme bilinçli düşünme, planlama, problem çözme, motivasyon, motor işlev, yaratıcılık, dil, yargılama, karar alma, davranış kontrolü, sosyal beceriler, kişilik, hafıza, öğrenme, ödül ve dikkat süreçlerden sorumlu beyin bölgesidir.

Temporal lob.

Temporal lob, uzun ve kısa süreli hafıza depolanması, dilin algılanması ve adlandırılmasıyla ilgili duyuşal girdi işleme süreçleri, aynı zamanda işitsel bilgi işleme gibi fonksiyonlardan sorumludur. Hafıza merkezi olarak bilinen Hippocampus, temporal lob içerisinde konumlanmıştır. Konuşmanın anlamının işlenmesi için kritik bir öneme sahip olan primer işitsel korteks, sol temporal lob üzerinde bulunmaktadır. Konuşmanın algılanması ve dil ile ilgili olan Wernicke Alanı da temporal lob içerisinde konumlanmıştır. Wernicke bölgesinde meydana gelen hasar, bireylerin konuşmalarını anlaşılır ve açık bir şekilde sürdürebilmelerine rağmen, kelimelerin anlamlı olmamasına neden olmaktadır (Belgin & Şahlı, 2015).

Parietal lob.

Frontal lobun gerisinde konumlanan bu bölge, sağ ve sol olarak iki ayrı bölümden oluşmaktadır. Parietal korteks, çeşitli bilişsel fonksiyonlarda kilit bir rol oynamaktadır. Araştırmalarda parietal korteksin hafıza geri çağırma süreçlerine dahil olduğu (Vilberg & Rugg, 2008) ve sayısal temsil, değer işleme ve bilişsel kontrol üzerinde etkili olduğu (Mars vd., 2011) rapor edilmiştir.

Oksipital lob.

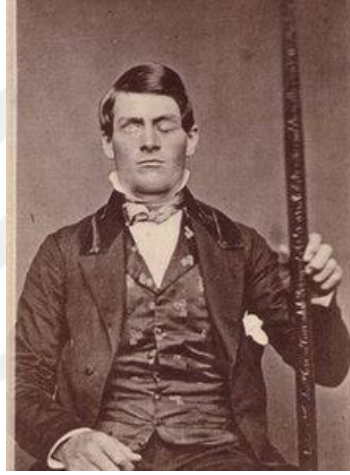
Oksipital lobun öncelikle görme fonksiyonlarından sorumlu yer olduğu belirtilmiştir (Duru vd., 2020). Oksipital lobu lateralde pariyetal ve temporal lobdan ayırıtıran belirgin bir limit bulunmamakla birlikte medialde pariyetooksipital sulkus aracılığı ile bu kısımlar birbirinden ayrılmaktadır.

Phineas Gage vakası.

Phineas Gage olayı, 19. yüzyılın ortalarında meydana gelen ve nörobilim literatüründe önemli bir yere sahip olan bir vaka olarak kayıtlara geçmiştir. Demiryolu işçisi olarak çalışan Gage'in, 1848'de geçirdiği bir kaza sonucunda bir demir çubuğun kafatasına girmesi sonucu

prefrontal korteksi zarar görmüştür (Üngüren, 2015). Kaza öncesi düzenli, sorumlu ve sosyal bir birey olan Gage, kaza sonrasında dürtüsellik, sabırsızlık ve sosyal normlara uyma konusundaki zorluklar yaşamıştır (Ratiu vd., 2004). Bu olay, prefrontal korteksin kişilik, duygusal kontrol ve sosyal davranışlar üzerindeki kritik rolünün anlaşılmasına büyük katkı sunmuştur. Bu durum, beyin hasarlarının bilişsel ve davranışsal işlevleri nasıl etkileyebileceğini anlamak için önemli bir vaka çalışması olarak kabul edilir. Frontal lobun hasar görmesi bellek işlevlerini olumsuz yönde etkileyerek, bilgilerin uygun bir şekilde işlenmesine engel olmaktadır. Bunun sonucunda mevcut davranışlarda bozulmalar (saldırganlık, uygun olmayan sosyal davranışlar, kontrol bozukluğu gibi) görülür (Ratiu vd., 2004). Bu durumlar nörobilimin ilerlemesine ve araştırılarak yeni keşifler yapılmasına davetiye çıkarmıştır.

Şekil 4. *Phineas Gage (Yücelgen, 2018)*



Nörobilim

Nörobilim alanındaki çalışmalarda, beyin sinyalleri yoluyla düşünce ve hareketleri anlamaya ve kontrol etmeye yönelik teknolojiler kullanılmaktadır (Bear vd., 2020). Bu teknolojilerden en önemlisi nörogörüntülemedir. Nörogörüntüleme, herhangi bir bilişsel görevin beyin üzerinde belirli taleplerde bulunduğu ve bu taleplerin nöral aktivitede değişikliklere yol açtığı varsayımına dayanmaktadır (Bandettini, 2009). Nörobilim, geniş bir tanımla, beyin öğrenme ve hatırlama süreçlerini inceleyen bir alandır. Moleküler ve hücresel düzeyden başlayarak beyin sistemlerine kadar (dil konuşma ve anlama yeteneğimizi destekleyen nöral alanlar ve yollar) giden süreçleri araştırmaktadır (Goswami, 2004). Sinir sistemini inceleyen nörobilim nöronları ve nöral devrelerin temel özelliklerini saptamayı hedeflemektedir (Kandel vd., 2013).

Nörogörüntüleme teknikleri.

Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte beyin araştırmalarında yeni tekniklerin ve yöntemlerin kullanılmasını mümkün hâle gelmiştir. Bu güncel teknolojileri barındıran aletler sayesinde, beyin dokusu ve işlevsel fonksiyonları dijital olarak görüntülenebilmektedir (Demir, 2021). Nörogörüntüleme teknolojisi sayesinde beyin yapısının ve fonksiyonel özelliklerinin detaylı bir şekilde değerlendirilmesi için büyük veri setleri elde edilmektedir (Rubinov & Sporns, 2010). Nörogörüntüleme teknikleri yapısal ve fonksiyonel görüntüleme olarak iki ana kategoride incelenmektedir. Yapısal nörogörüntüleme teknikleri beynin iç yapısı hakkında bilgi verirken, fonksiyonel nörogörüntüleme teknikleri ise beyinde anlık olarak gerçekleşen işlevler hakkında bilgi sunmaktadır (Carter, 2019).

Yapısal görüntüleme teknikleri.

Yapısal nörogörüntüleme teknikleri, Bilgisayarlı Tomografi (CT) ve Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRI) olarak iki ana kategoriye ayrılmaktadır. MRI, beyin aktivitesini ölçmek için kan akışındaki değişiklikleri tespit eden bir teknolojidir. Bu yöntem, serebral kan akışı ile nöronal aktivasyon arasındaki eşleşme ilkesine dayanmaktadır. MRI ölçümlerinin vücuda herhangi bir yan etkisi bulunmamaktadır (Savoy, 2001). CT ise alınan fonksiyonel veriyle birlikte anatomik bilgiyi birleştiren etkili bir tanısal görüntüleme tekniğidir (Mariani vd., 2008). CT ve MRI, görüntü ve çalışma özellikleri bakımından benzerlik gösterse de çalışma prensibi açısından önemli farklılıklar taşımaktadır. MRI, manyetik bir alan oluştururken, CT X ışınlarını kullanmaktadır. X ışınları dokunun içinden geçer ve diğer bir kesitteki detektörler tarafından alınır. Elde edilen görüntü, bu ışın demetinin geçtiği engellere göre şekillenerek kaydedilir (Raichle & Mintun, 2006).

Fonksiyonel görüntüleme teknikleri.

Yapısal görüntüleme yöntemleri, insan beynindeki anlık değişimlere dair yeterli bilgi sunamadığından (Valenzuela & Sachdev, 2001), fonksiyonel beyin görüntüleme yöntemleri tercih edilmektedir. Psikiyatrik ve nörolojik hastalıkların tanı ve tedavisinde daha sık kullanılan fonksiyonel görüntüleme teknikleri, kafatasının içindeki süreçleri gözlemlene olanağı sağlayarak düşünce, öğrenme ve hatta rüya görme esnasında beyinde meydana gelen olayların anlaşılmasına imkân tanımaktadır (Morris & Fillenz, 2003). fMRG (Fonksiyonel MR Görüntüleme), MEG (Manyetoensefalografi), PET (Pozitron Emisyon Teknolojisi), TMU (Transkraniyel Manyetik Uyarım), İYKAS (İşlevsel Yakın Kızılaltı Spektroskopisi) ve EEG (Elektroensefalografi) bu teknikler arasında en çok kullanılanlardır.

fMRI (Fonksiyonel MR görüntüleme).

fMRI, vücuttaki yumuşak dokuların görüntülenmesinde kullanılmaktadır. Daha önce PET teknolojisinin benzer bir amacı gerçekleştirmek için kan dolaşımına bir kimyasal enjekte ederek invazif bir yol izlediği düşünüldüğünde, fMRI bu işlemi invazif olmayan bir yöntemle gerçekleştirir (Logothetis, 2008). Kandaki oksijen seviyesi değişimlerinin manyetik etkilerini inceleyerek ölçüm yapan sistem (Ward vd., 2003), Seji Ogawa vd. tarafından yirminci yüzyılın sonlarında geliştirilmiştir. Geleneksel MRI yöntemi dokuların işlevleri ve kan dolaşımını hakkında spesifik bir bilgi sağlayamazken, fMRI aktive olan yani etkinlik gösteren doku bölgelerini görüntüleyebilme yeteneğine sahiptir (Kemik & Ada, 2018).

Şekil 5. *fMRI Cihazı (Koç, 2022)*



MEG (Manyetoensefalografi).

Manyetoensefalografi (MEG) invaziv olmayan bir yöntem olup, doğrudan insan beyninin elektrofizyolojisini değerlendirerek beyin elektriksel uyarıları temel aktivasyon kaynağı olarak kullanılmaktadır (Lewine vd., 1997). Kısaca MEG, beyin işlevsel görüntüsünü veya faaliyet haritasını elde etmeye olanak tanımaktadır (Solso vd., 2011). Ölçüm esnasında alınan MEG çıktıları ile beyindeki olası aktivasyon alanları tespit edilebilir (Hari & Kujala, 2009). Bilinen nörogörüntüleme tekniklerine kıyasla, beyin aktivitelerini milisaniye hassasiyetinde ölçebilme ve milimetrik düzeyde nöral faaliyetleri gösterebilme yeteneğine sahiptir (Orrison Jr, 2000).

Şekil 6. MEG Cihazı (Türkkol, 2018)



PET (Pozitron emisyon teknolojisi).

Pozitron Emisyon Teknolojisi (PET), organ ve dokularda oluşan fonksiyonel değişiklikleri saptayan eylemi kanıtlanmış bir çeşit nükleer tıp görüntüleme tekniğidir. Genel olarak metabolik veya fonksiyonel görüntüleme amaçlarıyla kullanılmaktadır. PET sadece nöral aktivasyonu değil, aynı zamanda beyin fonksiyonu fizyolojisinin şekillendirilmesinde de önemli bir araçtır. Kan akışı, kan hacmi ve oksijen kullanımı gibi hemodinamik değişiklikler, insan beynindeki nöral aktiviteyle ilişkili olarak PET'in önemli bir rol oynamasını sağlamaktadır (Savoy, 2001).

Şekil 7. PET Cihazı (Benli vd., 2020)



TMU (Transkraniyel manyetik uyarım).

Serebral korteksin belirli bir bölgesinde kalıcı veya geçici etkiler oluşturmak için kullanılan transkraniyal manyetik uyarım (TMU) teknolojisi, son yıllarda değerli bir araç olarak çeşitli nörolojik ve psikiyatrik bozuklukların patofizyolojisi ile beyin-davranış ilişkisi üzerine yapılan çalışmalarda önemli bir rol oynamıştır (Rossi vd., 2021). TMU'nun kullanım yöntemlerinden biri olan Tekrarlayan TMU (tTMU), çeşitli bozuklukların fizyolojisiyle birlikte serebral kortekste belirli bir bölgenin aktivasyonunu düzenleyerek patolojik beyin aktivasyonunu değiştirmeyi hedefleyen ve çeşitli nörolojik bozuklukların rehabilitasyonunu sağlayan bir nöromodülasyon aracıdır (Lefaucheur vd., 2006). Bu bağlamda tTMU, uyarımın konumu, frekansı, şiddeti ve süresine göre değişkenlik göstererek beyindeki ilgili bölgenin aktivasyonunu artırıp azaltabilen invaziv olmayan güvenli bir teknolojidir (Hamilton vd., 2011).

Şekil 8. TMU Cihazı (Canbazoglu, 2019)



İYKAS- fNIRS (İşlevsel yakın kızılaltı spektroskopisi).

Optik teknolojiler, özellikle beyin gibi yaşayan organizmaların çalışmalarında giderek artan bir rol oynamaktadır. İlk fNIRS insan çalışmaları, serebral korteksteki tek ölçüm noktasındaki beyin hemodinamiklerinin ölçümüyle başlamış ve bu çalışmalar 1991'in sonlarına doğru ve 1992'de yürütülmüştür (Ferrari & Quaresima, 2012). İşlevsel yakın kızılaltı spektroskopi (İYKAS) gibi invaziv olmayan vasküler temelli nörogörüntüleme teknikleri, hemodinamik sinyaller aracılığıyla beyin aktivitesini haritalayan ve birçok nörolojik bozuklukta değerli tanı aracı olan yöntemlerdendir. Beyin aktivitesi ve metabolik talep için yeterli olan serebral kan akışı (SKA), nörovasküler eşleşme süreçleri yoluyla sürdürülmektedir. Diğer nörogörüntüleme yöntemlerinin aksine çok yüksek deneysel esnekliğe sahip olan fNIRS sessiz, hareket artefaktlarına dayanıklı ve uzun süreli sürekli ölçümlere izin vermektedir (Quaresima & Ferrari, 2019). fNIRS, kolayca fMRI, PET, elektroensefalografi (EEG) veya olaya bağlı potansiyellerle entegre edilebilir.

EEG (Elektroensefalografi)

Elektroensefalografi (EEG), beyin yapıları tarafından üretilen serebral korteks elektrik aktivitesini okuyan bir nörogörüntüleme tekniğidir (Niedermeyer & da Silva, 2005). İnsanlarda EEG'nin ilk kaydı, 1929'da Avusturyalı psikiyatrist Hans Berger tarafından gerçekleştirilmiştir. Zamanla yapılan araştırmalar, EEG aktivitesinin insanlarda kabul gördüğünü ortaya koymuş ve günümüzde sıkça kullanılan bir beyin görüntüleme yöntemi olarak tıp alanında önemli bir yer edinmiştir (Coenen & Zayachkivska, 2013). Beyin hücreleri (nöronlar) aktive edildiğinde elektrik akımı üretilmektedir. EEG, çoğunlukla serebral kortekste çeşitli piramidal nöronun dendritlerinin sinaptik uyarımları esnasında gelen akımları ölçmektedir (Atwood & MacKay, 1989). Kafa derisine yerleştirilen elektrotlar tarafından tespit edilen zayıf elektriksel sinyaller, amplifikatör yardımıyla yükseltildikten sonra kâğıt üzerinde görüntülenmekte veya bilgisayar belleğinde saklanmaktadır (Tyner & Knott, 1983). Serebral korteksin normal ve olağan dışı elektriksel aktivitesini ölçümleme becerisi sebebiyle EEG, nöroloji ve klinik nörofizyoloji alanında en sık kullanılan nörogörüntüleme yöntemlerinden biri haline gelmiştir (Nunez, 1995). Günümüzde beyin aktivitesini görüntüleyen yöntemler içinde EEG, zamansal çözümleme gücü milisaniye seviyelerinde olan maliyeti en düşük teknolojilerden biridir (Fisch & Spehlmann, 1991). EEG, kafa travmaları ve derecesi (Thatcher vd., 1989), epilepsi tanısı ve ayrımı, tümörler, beyin ölümü tanısı ve uyku bozuklukları (Bickford, 1987) gibi hastalıkların teşhisinde kullanılmaktadır. Ayrıca dikkat, öğrenme ve hafızanın daha iyi anlaşılması için EEG teknolojisi kullanılmaktadır (Rojas vd., 2018). EEG incelemelerinde temel parametreler frekans, amplitüd, dalgaların şekli ve dağılımını içerir. İnsan beyni, sürekli olarak mikrovolt (μV) düzeyinde elektrik sinyalleri üretir. Kayıt alınan kanal sayısına göre serebral korteksin her bölgesinden alınan potansiyeller eş zamanlı olarak izlenebilmektedir. EEG veri toplama işlemi esnasında katılımcının kafa derisi ve saçları temiz olmalıdır. Katılımcının üzerinde herhangi bir elektronik cihaz bulunmamalıdır. Katılımcı, ölçüm süresince rahat hissedeceği bir pozisyonda dik oturmalı ve veri toplama işleminin başından sonuna kadar mümkün olduğunca hareket etmemelidir. Jasper'ın (1958) belirttiği 10-20 sistemine göre yerleştirilen elektrotlara sahip EEG başlığı katılımcının kafasına yerleştirilir (Jasper, 1958). Başlığa yerleştirilen elektrot pozisyonları; F (Frontal), T (Temporal), C (Central), P (Parietal) ve O (Occipital) olarak ifade edilmektedir. Her terim belirli bir kafa bölgesini temsil etmektedir. Elektrotların daha iyi veri toplayabilmesi için özel iletken jel uygulanmaktadır. Jel, elektrotlar en uygun hale gelene kadar enjekte edilir. EEG teknolojisinde en önemli iki kavram frekans ve genliktir. Frekans, saniyede kaydedilen dalga sayısıdır ve hertz (Hz) birimi ile adlandırılmaktadır. EEG verilerinden alınan potansiyel farkın büyüklüğüne ise genlik ya da amplitüd adı verilmektedir ve genlik büyüklüğü microvolt (μV) birimiyle ifade edilmektedir (Aydemir & Kayıkçıoğlu, 2009; Aydın, 2023).

EEG sinyallerinin frekansı ve genliğiyle beyin aktivitesi arasında bir bağlantı bulunmaktadır. Serebral korteks aktivitesi arttıkça frekans yükselir ve genlik düşer. EEG ile ölçülen serebral korteks elektriksel sinyalleri beş başlıkta incelenmektedir (Webster vd., 1992). Bu sinyaller delta (4 Hz), teta (4-7 Hz), alfa (8-12 Hz), beta (12-30 Hz) ve gama (30-100 Hz) frekansları olarak sınıflandırılmıştır (Sleight vd., 2009).

Şekil 9. *Hans Berger (Wikimedia, 2023)*



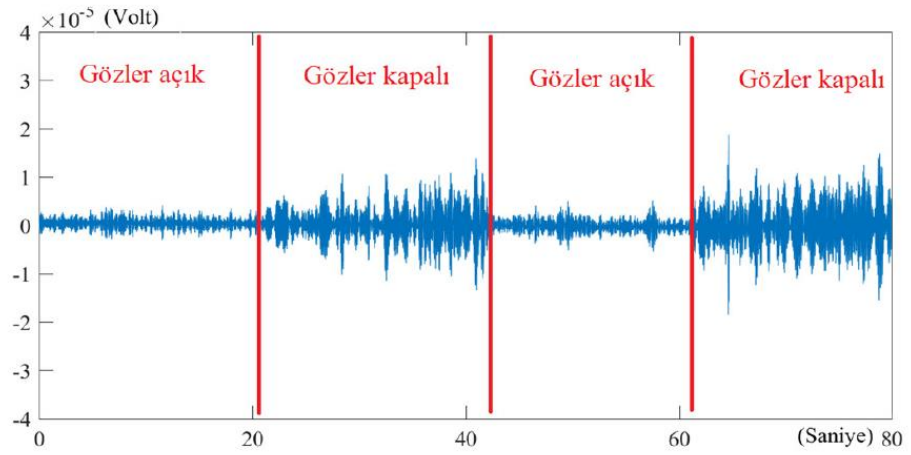
Şekil 10. *İnsandan Kaydedilmiş İlk Elektroensefalogram (Berger, 1929)*



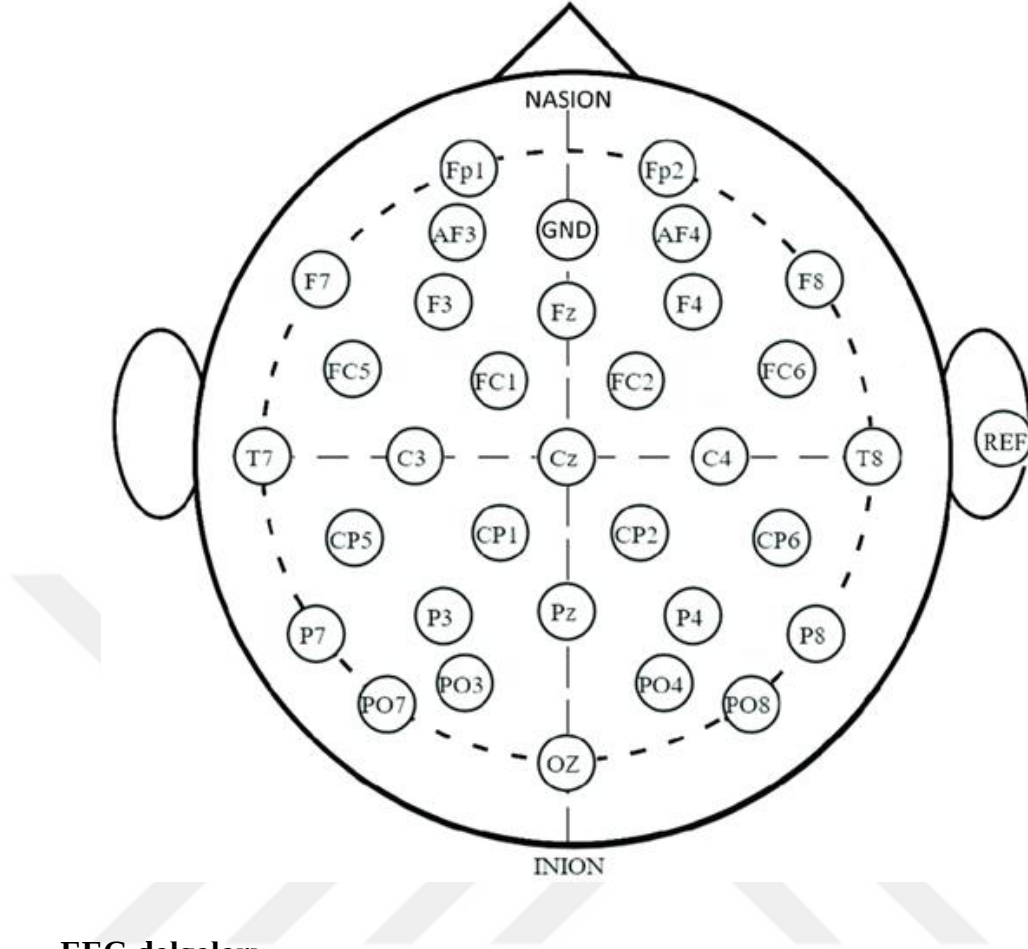
Şekil 11. Gözlerin Kapatılmasıyla Ortaya Çıkan Alfa Dalgaları (Balim, 2018)



Şekil 12. Gözlerin Kapatılmasıyla Alfa Dalgalarının Genliklerinin Artması (Balim, 2018)



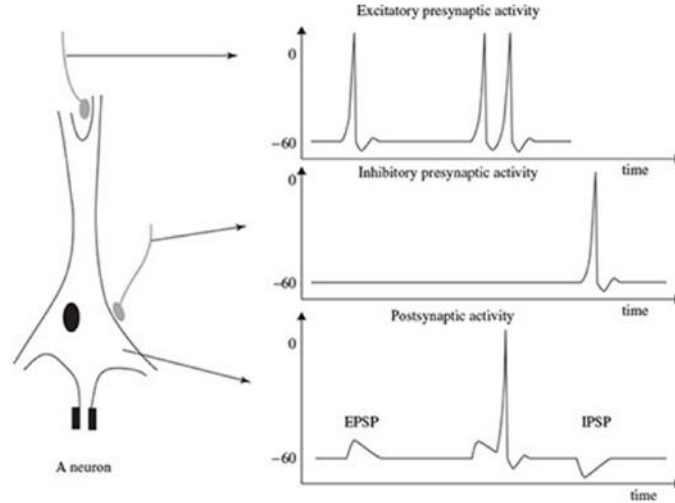
Şekil 13. 32 Kanallı EEG Montajı (Zhang vd., 2020)



EEG dalgaları.

EEG dalgaları nöral doku aktivitesiyle başlayarak derin koma veya anestezi hariç beyin ölümü gerçekleşinceye dek kesintisiz olarak sürmektedir. Bu ritmik dalgalar, rastgele bir uyarı olmadan da gözlemlenebildiği gibi, bir uyarıdan sonra da özgün değişimlere sahip olabilmektedir. EEG dalgaları olayla ilişkili potansiyellerin (OİP) değerlendirilmesi veya zaman-frekans ayrıştırma yöntemlerinin uygulanması yoluyla incelenmektedir. Olayla ilişkili potansiyel (ERP) analizi, 20. yüzyılın ikinci yarısında yaygın olarak kullanılmıştır. ERP'ler, uyarıların bir elektrod veya elektrod setinin tek bir zaman-gerilim grafiği ortalamasıyla hesaplanmaktadır. Hızlı hesaplamalar yüksek zamansal hassasiyet ve doğruluk ve geniş çapta yapılan önceki araştırmalar gibi bir dizi avantaja sahip olmasına rağmen, ERP ortalamaları nedeniyle bilgi kaybına ve fizyolojik mekanizmalardan kaynaklı artefakt üretme eğilimindedir (Cohen, 2014).

Şekil 14. EEG Sinyal İşleme Süreci (Sanei, 2013)



Neuron: Beyin hücresi, Excitatory presynaptic activity: Uyarıcı sinaptik iletim aktivite öncesi, Inhibitory presynaptic activity: Engelleyici sinaptik iletim aktivite öncesi, Postsynaptic activity: Sinaptik iletim sonrası aktivite

EEG ritimlerinden en düşük frekansa sahip olan delta 1-4 Hz frekans aralığında olmakla birlikte genellikle derin uykuya bağlı olduğu düşünülmektedir. Harmony'nin (2013) bulgularına göre, artan delta gücü, dahili bilişsel görevlerde artan konsantrasyonla ilişkilidir (Harmony, 2013). Ayrıca delta dalgasının davranışsal inhibisyonla da bağlantılı olduğuna dair çalışmalar mevcuttur (Kamarajan vd., 2004).

Bellek fonksiyonuyla güçlü bir şekilde bağlantılı olan teta dalgalarına ait EEG kayıtları çalışma belleği görevi sürdürme aşamasında prefrontal ve parietal korteks üzerinde 4-7 Hz arasında görüntülenebilmektedir (Sarnthein vd., 1998). Teta dalgaları ayrıca epizodik hafıza içeren görevler sırasında da gözlemlenmektedir. Hatırlanan öğelerin başarılı bir şekilde kodlanması ve alınması, 4-7 Hz'lik teta salınımının artan gücüyle ilişkilidir (Klimesch vd., 1997).

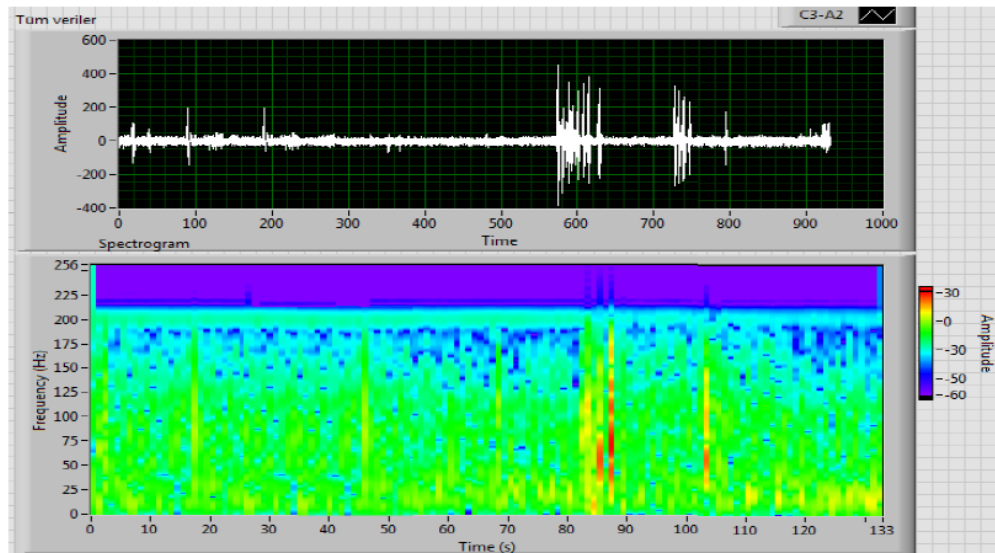
8-13 Hz frekans aralığında bulunan alfa dalgaları genellikle gözler kapalıyken ve kişi durgun durumdayken daha belirgin bir şekilde gözlenmektedir. Uyanık durumda alfa aktivitesi hafif müzik dinlerken veya kişi rahat haldeyken daha çok görülmektedir (Nishifuji vd., 2010). Alfa aktivitesinin normal seviyeleri rahatlama ve gevşemeyi yansıtmaktadır. Aşırı alfa aktivitesi görülen kişilerde sürekli hayal kurma ve önemli/ciddi olayları önemsememe eğilimini yansıtan aşırı rahatlık hali görülmektedir (Yarımoglu, 2020). Alfa aktivitesinin sürekli düşük olması, kaygı, stres, obsesif kompulsif bozukluk ve uykusuzluk hallerinde görülebilir. Ayrıca

gözler kapalıyken derin nefes alındığı esnada alfa dalga gücünün yükseldiği rapor edilmiştir (Kurşunet, 2019).

Hızlı aktiviteleri yansıtan beta dalgası 12-30 Hz frekans aralığına sahiptir. Koordineli beyin dokusunu yansıtarak her iki beyin lobunda da gözlenmektedir. Genellikle yapısal olarak normal bir ritimde seyreden beta, içsel ve dışsal uyaranlara karşı hassasiyet ve kaygı durumlarında belirgindir. Gözler açıkken, dinlerken, düşünürken, analitik bir problem çözerken, karar verirken veya yargıda bulunurken çevremizde olan biteni işleme sürecinde aktiftir (Sürmeli, 2010).

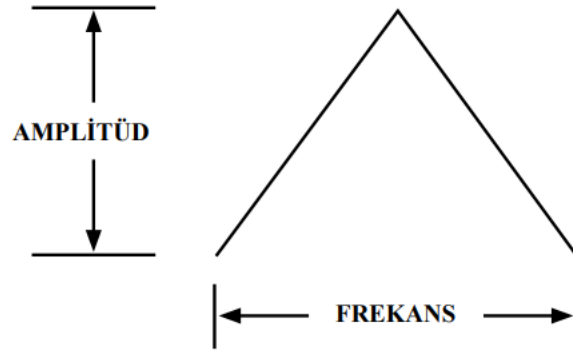
30-80 Hz frekans aralığında bulunan gama bandı problem çözme, algılama, bilinç ve korku gibi daha yüksek zihinsel etkinliklerde rol oynamaktadır. Genellikle düşük genliğe sahip gama dalgaları daha az gözlemlenmekle birlikte bazı beyin rahatsızlıklarının doğrulanmasında kullanılmaktadır. Gama dalgası beyin durumuyla ilgili senkronizasyonu açısından güvenilir bir gösterge olduğu belirtilmektedir (Pfurtscheller vd., 1994). Alfa, beta, delta, gama ve teta dalgalarının ölçüldüğü EEG nörogörüntüleme yöntemiyle gerçekleştirilen araştırmalarla birlikte son yıllarda ortaya çıkan nöral verimlilik kavramı beyin-davranış arasındaki bağlantının anlaşılabilmesi açısından son derece önemlidir. Nöral verimlilik kavramı spor alanında yapılan EEG çalışmalarında yaygın olmakla birlikte spor bilimleri alanında oldukça etkili olan çeşitli beceri öğrenme modelleri açısından da incelenmektedir (Guo vd., 2017).

Şekil 15. EEG Sinyalinin Frekans-Zaman Gösterimi (Güzel, 2015)



Yatay eksen zaman(s), Düşey ekseninde amplitude->Genlik ve frequency-> Frekans

Şekil 16. *Dalgaların Amplitüd ve Frekansı (Köktürk, 2013)*



Nöral Verimlilik, EEG ve Spor

“Nöral verimlilik hipotezi” terimi literatürde, uzmanlaşmış eylemlerin gerçekleştirilmesi sırasında, öğrenme aşamasında kullanılan beyin bölgelerine kıyasla daha küçük bir beyin bölgesinin aktive edilmesi durumunu ifade etmektedir (Guo vd., 2017). Nöral verimlilikle ilgili ilk araştırmalar, işitsel veya görsel uyarıcılara yanıt olarak kaydedilen serebral korteks olaya ilişkin potansiyellerini (OİP) incelemiştir. Zekâ ve OİP kavramları özellikle Chalke ve Ertl'in (1965) öncü çalışmalarıyla ilişkilendirilmiştir (Chalke & Ertl, 1965). Nöral verimlilik bireylerin uzun yıllar boyunca işe gidip geldiği yolda araç sürmeye benzetilebilir. Birey rotayı daha iyi tanıdıkça yollarda ilk kez sürüş yapılan zamana kıyasla daha hızlı ve daha az benzin harcayarak sürüş yapabilir. Ancak bu husus trafik, hava durumu, kişinin ruh hâli ve uyarılmışlık düzeyi gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Bu sebeple nöroplastisite insan hayatında sürekli olarak mevcut olmakla birlikte içsel ve dışsal faktörlere bağlıdır (Berti vd., 2019; Gourgouvelis vd., 2017)

1988'de yapılan araştırma zekâ ile beyin görüntüleme yaklaşımının başlangıç noktasının saptanmasına büyük katkı sunmuştur. Bu çalışma, Raven'ın Gelişmiş Progresif Matrisleri adlı zekâ testi sırasında, 8 katılımcının yer aldığı küçük bir örneklem üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçları, zekâ testi puanları ile beyin glukoz metabolizması arasında ters bir ilişki olduğunu göstermiştir (Haier vd., 1988). Araştırma sonuçları, daha yüksek bilişsel yeteneklere sahip katılımcıların beyinlerinin daha düşük bir enerji tüketimine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Rapor edilen bulgular, zaman içinde iyi bilinen bir fikir haline gelen nöral verimlilik hipoteziyle uyumludur. Bu hipotez çerçevesinde gerçekleştirilen birçok çalışma, beyin aktivitesini EEG alfa frekans bandında (8-13 Hz) ölçmüştür. Buna karşılık zekâ ve nöral verimlilik üzerine yapılan kapsamlı bir derleme çalışmasında Neubauer ve Fink (2009) hipotezi destekleyen 29 çalışma rapor ederken, 18 çalışma destek ve çelişkilerden bahsetmiş, 9 çalışma ise çelişkili sonuçlar elde edilmiştir (Neubauer & Fink, 2009). Neubauer ve Fink (2009)'e göre,

çelişkili sonuçların bir nedeni, inceledikleri çalışmalar arasındaki görev zorluğundaki değişkenliktir.

Charlot vd. (1992) zihinsel imgeleme görevi kullandığı çalışmasında daha az yetenekli katılımcıların görev gerçekleştirildiği sırada tüm korteks boyunca bölgesel beyin kan akışında bir artış sergilediğini rapor etmiştir (Charlot vd., 1992). fMRI kullanılan başka bir çalışmada çok yoğun kitap okuyan bireylerde cümle anlama sırasında az kitap okuyan gruba kıyasla daha yüksek bir nöral verimlilik gözlemlenmiş ve bu durumun bilateral orta frontal girus ve sağ lingual girusda daha düşük aktivasyon seviyeleri ile yansıtıldığını belirtmiştir (Prat vd., 2007).

Jausovec (1996), EEG ile yaptığı çalışmada üstün yetenekli bireylerde ezberleme görevi sırasında daha yüksek alfa gücü tespit etmiştir (Jaušovec, 1996). Vitouch vd. (1997), üç boyutlu küplerle ilgili görevlerin sunulduğu araştırmada kötü performans sergileyen katılımcılarda daha yüksek kortikal aktivite (sağ hemisferde daha yüksek amplitüdlere ve daha yaygın bir EEG aktivasyon) gözlemlenmiştir (Vitouch vd., 1997). Reichle vd. (2000) fMRI kullandığı çalışmada cümle-resim doğrulama görevini sırasında katılımcıların beyin aktivitesini ölçmüş ve daha iyi sözel becerilere sahip bireylerin Broca alanında daha az beyin aktivasyonu sergilediğini tespit etmiştir (Reichle vd., 2000). fMRI yöntemi kullanılan bir başka araştırmada ise yüksek performans gösteren bireyler düşük performans gösterenlere kıyasla çalışma belleği görevi sırasında genel nöral aktivite göstermemiştir (Rypma vd., 2002).

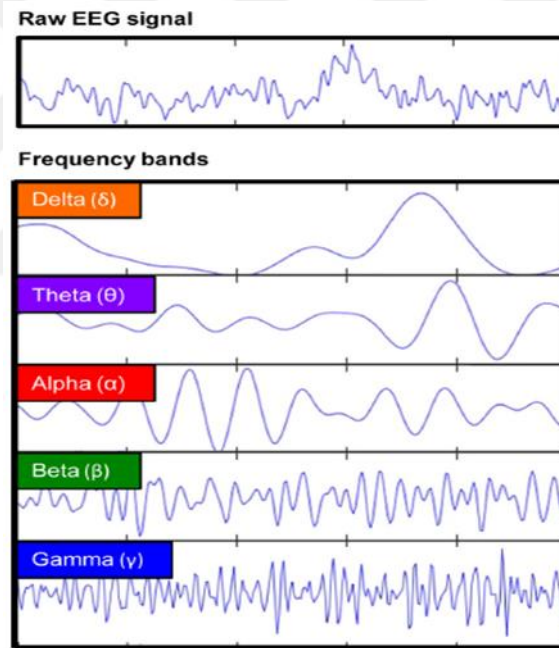
Elektroensefalografi (EEG) gibi nörogörüntüleme yöntemleri spor biliminde uzmanlık ve sporcuların performansındaki nöral etkilerinin anlaşılması için giderek daha fazla kullanılmaktadır. Son on yılda birçok araştırma, nöral verimlilik hipotezini elit kendo ve jimnastikçiler (Kita vd., 2001), elit tüfek ve tabanca atıcıları (Di Russo vd., 2005; Fattapposta vd., 1996; Haufler vd., 2000; Janelle vd., 2000) ve elit karate ve eskrim sporcularının (Del Percio vd., 2009) kortikal motor ve görsel sistemleri üzerinde derinlemesine incelemiştir. Çalışmalar, spor alanındaki uzmanlıkla ilişkilendirilen alfa dalgaları gibi nöral sinyalleri tanımlamış ve nöro geribildirimi (neurofeedback) spor performansını artırmak için kullanmıştır (Park vd., 2015). Spor alanında çeşitli EEG dalgalarının araştırıldığı çalışmaların varlığı performansın EEG biyobelirteçleri için potansiyelini göstermektedir (Cheron vd., 2016). Ayrıca EEG verileri, sporla ilgili motor görevlerde beceriye dayalı performansla ilişkilendirilen güç değerlerini hesaplamak için de analiz edilmiştir (Baumeister vd., 2008).

Ayrıca araştırmalar, elit atıcılarda EEG alfa güç reaktivitesinin performans sonuçlarıyla ilişkilendirildiğini göstermektedir; başarılı atışlarda serebral korteksin belirli bölgelerinde daha yüksek alfa genliği tespit edilmiştir (Loze vd., 2001). Araştırmalarda kişisel alfa tepe frekansı (iAPF), zihinsel stresli koşulların bir belirleyicisi olarak bildirilmiş ve dayanıklılık görevleri

tarafından tetiklenen akut fiziksel çaba sonrasında arttığı gözlemlenmiştir. Bu durum iAPF modülasyonu ile performans sırasında artan uyanıklık arasında bir ilişkiyi göstermektedir (di Fronso vd., 2019). Ayrıca bazı çalışmalar, EEG'deki sensörimotor ritmin daha yüksek gücünün, elit atıcılarda daha iyi performansla ilişkili olabileceğini öne sürmüştür.

EEG'nin spor alanındaki kullanımı, okçuluk ve kriket gibi hassas ölçüm sporlarını içeren farklı disiplinlere yayılmaktadır. Yüksek alfa dalgası güç seviyeleri kriket gibi reaktif sporlardaki performans gruplarını ayırt etmek için kullanılmıştır (Taliep & John, 2014). Ayrıca, yarış arabası sürme gibi faaliyetlerde elit performans, EEG alfa ve beta ritimlerindeki değişikliklerle ilişkilendirilmiştir. Bu tür uygulamalar EEG'nin çeşitli sporlarda uzmanlık düzeyinin tespit edilmesinde geniş bir uygulama alanına sahip olduğunu vurgulamaktadır (Rito Lima vd., 2020).

Şekil 17. *Ham EEG Sinyali ve Ham EEG Sinyalinden Elde Edilen EEG Osilasyonları (Park vd. (2015))*



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Yöntem

Araştırma Yöntemi

Bu çalışma, nicel araştırma yöntemleri çerçevesinde tarama modeli ile tasarlanmıştır. Tarama modeli, seçilen bir örneklem üzerinde yürütülen analizlerle, genel popülasyona genellenebilir sayısal eğilim, tutum ve perspektiflerin betimlenmesine imkân tanımaktadır (Creswell & Creswell, 2017). Bu modelde, belirlenen durumları etkilemeksizin veya değiştirmeksizin, var olan şartlar altında betimlenmeleri hedeflenmektedir. Tarama yöntemi, geçmişte veya günümüzde mevcut olan bir durumu, orijinal haliyle betimlemeyi amaçlayan bir metodoloji olmakla birlikte bu yöntemin esas odak noktası, mevcut durumu müdahale etmeksizin gözlemlemektir (Karasar, 2005).

Evren ve Örneklem

Araştırmanın evreni Atatürk Üniversitesi'nde Ön Lisans, Lisans ve Lisansüstü öğrenim gören öğrencilerinden oluşmaktadır. Üniversite öğrencileri arasından curling branşında elit ve amatör düzeyde spor yapan 11 erkek ve 10 kadın olmak üzere 17-29 yaş aralığında bulunan toplam 21 sporcu ($22,4 \pm 4,41$) araştırmaya dâhil edilmiştir. Katılımcıların tamamı sağ elini kullanan, son bir yıl içinde psikiyatrik hastalık tanısı almamış, bilişsel problemi olmayan ve ilaç kullanmayan bireylerdir. Elit düzey curling sporcuları en az beş yıl süreyle curling oynamış olimpiik havuzda yer alan sporculardır. Amatör curling sporcuları ise bir yıllık curling sporcu lisansına sahip katılımcılardır. Elit ve amatör sporcu grubunun homojenliğinin sağlanabilmesi için gruplara erkek ve kadın sporcular eşleştirilmiş örnekleme yöntemiyle atanmıştır.

Veri Toplama Araçları

Katılımcılara ait demografik bilgilerin elde edilmesi amacıyla araştırmacılar aracılığıyla hazırlanan kişisel bilgi formu kullanılmıştır. Çalışmada katılımcıların gözleri açık ve kapalı şekilde dinlenik durumda serebral korteks EEG verileri Brain Products marka 32 kanallı ıslak elektrotlara sahip EEG amplifikatörü aracılığıyla alınmıştır.

Kişisel bilgi formu.

Çalışmadaki tüm sporculara cinsiyet, yaş, milli sporcu olma durumu gibi bilgiler araştırmacının hazırlamış olduğu form ile elde edilmiştir.

Şekil 18. EEG Başlığı ve Amplifikatörü (Brain Products, 2023a)



Şekil 19. 32 Kanallı EEG Elektrotları (Brain Products, 2023b)



Araştırmacı, Erzurum'da curling branşında faaliyet gösteren kulüp antrenörleriyle görüştüğten sonra EEG veri toplama süreciyle ilgili gerekli planlamalar yapılmıştır. EEG veri toplama işlemi 2023 Şubat ayı içinde Atatürk Üniversitesi Spor Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Nöro-Psikoloji Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Sporcular gönüllü onam formunu imzaladıktan sonra çalışmaya dâhil edilmiştir. EEG uygulamasından önce katılımcılar

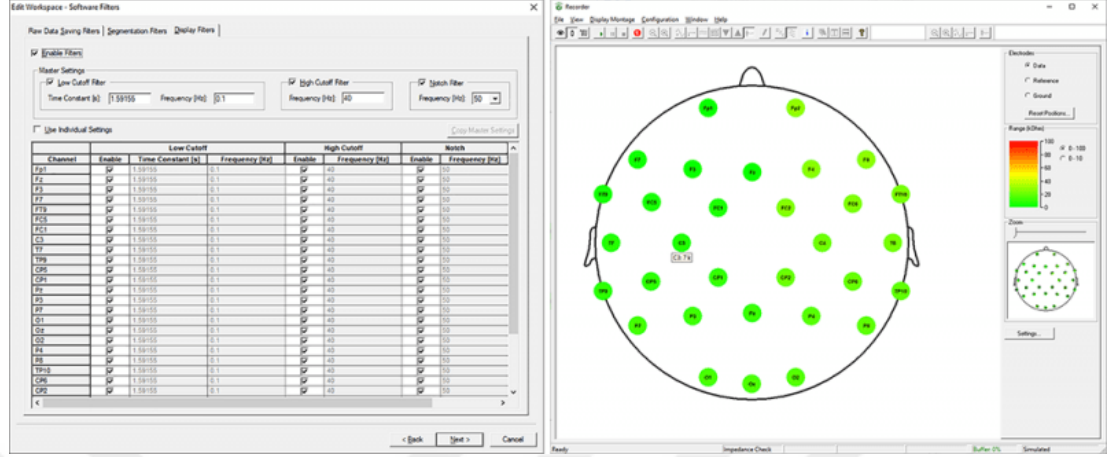
EEG veri toplama işlemi ve analizinin hassasiyeti hakkında bilgilendirilmiştir. Kaliteli veri toplanabilmesi için katılımcıların EEG ölçümlerine uykusuz gelmemesi, ilaç kullanmaması ve saçlarına kimyasal içeren madde (jöle, saç spreyi, köpük vb.) uygulamaması konusunda bilgi verilmiştir. Araştırmacı EEG veri toplama süreciyle ilgili gerekli bilgileri katılımcılara açıkladıktan sonra 10-20 sistemine göre düzenlenen 32 kanala sahip EEG başlığı katılımcının kafasına yerleştirilmiştir. EEG veri toplama işlemi Brain Vision Recorder 2.1 Actichamp yazılımı aracılığıyla yapılmıştır. Empedansın 5 k ohm altına düşürülebilmesi için elektrotların olduğu bölgeye jel uygulaması yapılmıştır. Cihaz elektrot yerleşimine göre toprak elektrodu katılımcıların alın bölgesine, referans elektrodu ise Fz bölgesine yerleştirilmiştir. Kanallara ait sinyalin temiz şekilde alındığı test edildikten sonra ölçüm kısmına geçilmiştir. EEG çekimi süresince katılımcılar mümkün olduğunca hareketsiz şekilde oturması hususunda bilgilendirilmiştir. Elektromanyetik izolasyonu sağlamak için katılımcıların üzerinde manyetik herhangi bir cihaz (telefon, kablosuz kulaklık, akıllı saat vb.) bulunmamasına dikkat edilmiş ve bu konuda katılımcılar uyarılmıştır. EEG veri toplama işlemi yapılan oda ısısı, ışık ve ses düzeyi optimum düzeyde olacak şekilde ayarlanmıştır. Ölçüm odası ses geçirmez (yalıtlı) özelliğe sahiptir ve ölçüm anında kapı kapalı tutulmuştur. Katılımcının dışarıdan dikkatini dağıtabilecek herhangi bir ses ve ışık kaynağının olmamasına özen gösterilmiştir. Kayıt başlamadan önce katılımcılar EEG veri toplama süreci hakkında bilgilendirilmiştir. EEG veri toplama işlemi toplam 10 dakika (beş dakika göz açık-beş dakika göz kapalı) sürmüştür. Katılımcıya beş dakika göz açık şekilde karşısındaki monitör üzerinde + (artı) işaretine odaklanması ve beş dakika sonra gelecek ses komutundan sonra gözlerini kapatması istenmiştir. Göz kapalı beş dakika veri toplama işlemi bittikten sonra katılımcıların saçları araştırmacı tarafından temizlenerek süreç tamamlanmıştır.

Verilerin Analizi

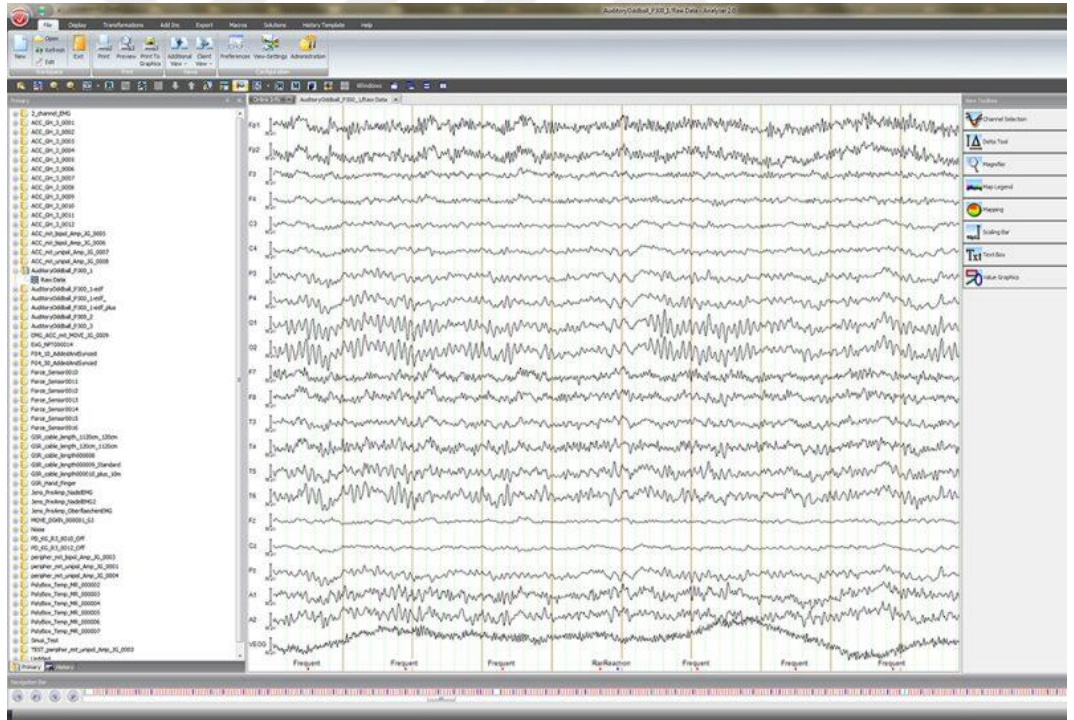
Araştırma örneklemini oluşturan 21 sporcudan dinlenik durumda gözleri açık ve kapalı (beş dakika göz açık-beş dakika göz kapalı) olduğu sırada alınan EEG verileri elde edildikten sonra veri setinin normallik değerleri (Skewness, Kurtosis, Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk ve Q-Q plots) test edilmiş ve verilerin normal dağılıma sahip olmadığı gözlemlenmiştir. Çalışmadan elde edilen veriler JASP 0.15.0.0 istatistik yazılımı yardımıyla işlenmiştir. Araştırma hipotezleri non-parametrik testlerden Mann Whitney U testiyle sınanmıştır. Hipotez testlerinde istatistiksel anlamlılık değeri .05 olarak dikkate alınmıştır. Elde edilen EEG verilerin analizi ise BrainVision Analyzer 2.1 yazılımı aracılığıyla yapılmıştır. Göz ve çene hareketleri bağımsız bileşen analizi (Independent Component Analysis-ICA) yöntemiyle temizlenmiştir.

Fizyolojik hareketler gibi sinyal artefaktları EEG uzmanı tarafından göz yardımıyla ayıklanmıştır.

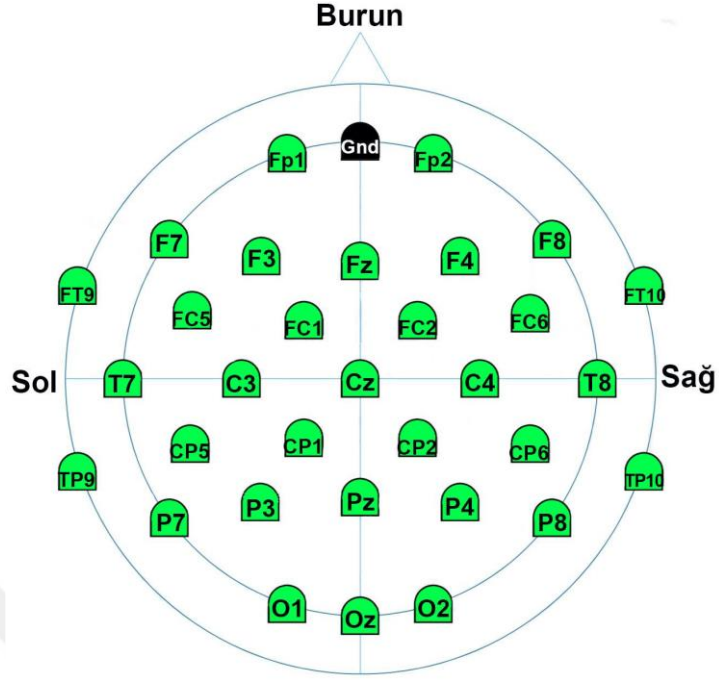
Şekil 20. BrainVision Kayıt Ekranı (Brain Products, 2023c)



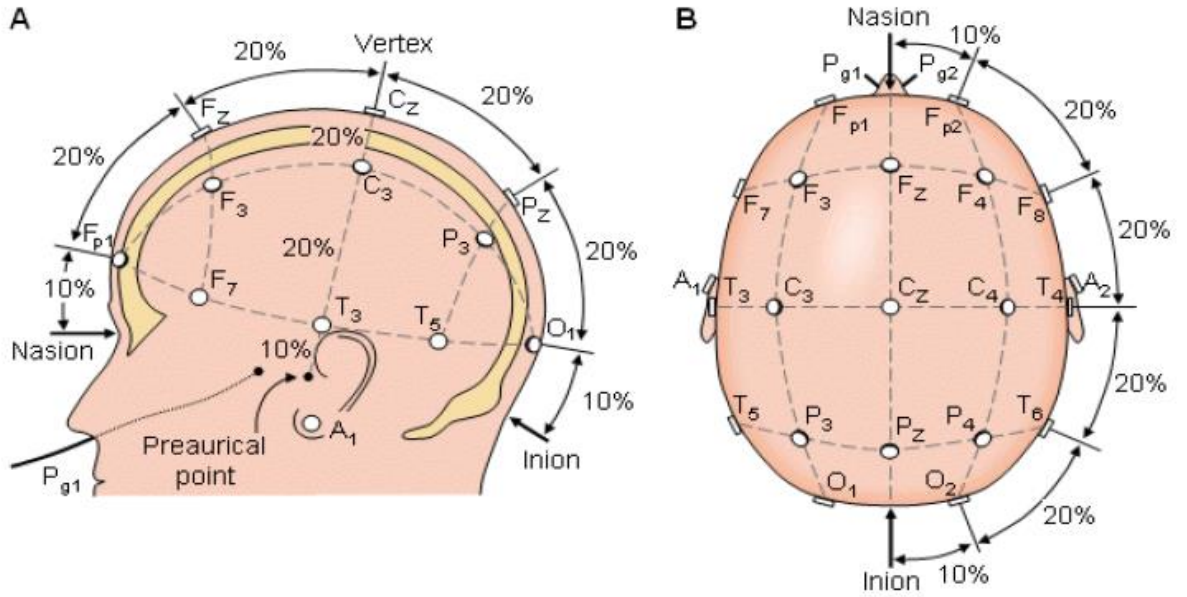
Şekil 21. Vision Recorder Programının Arayüzü (Brain Products, 2023d)



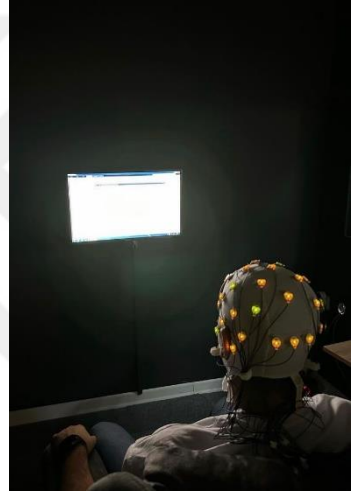
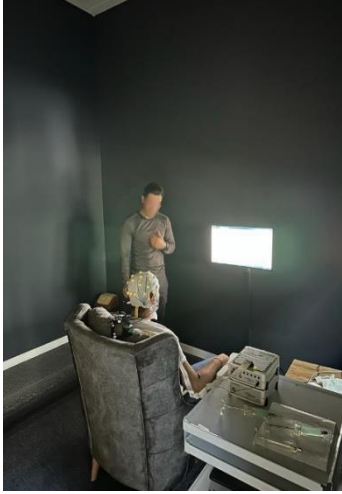
Şekil 22. EEG Elektrot Yerleşimi (Korkmaz vd., 2022)



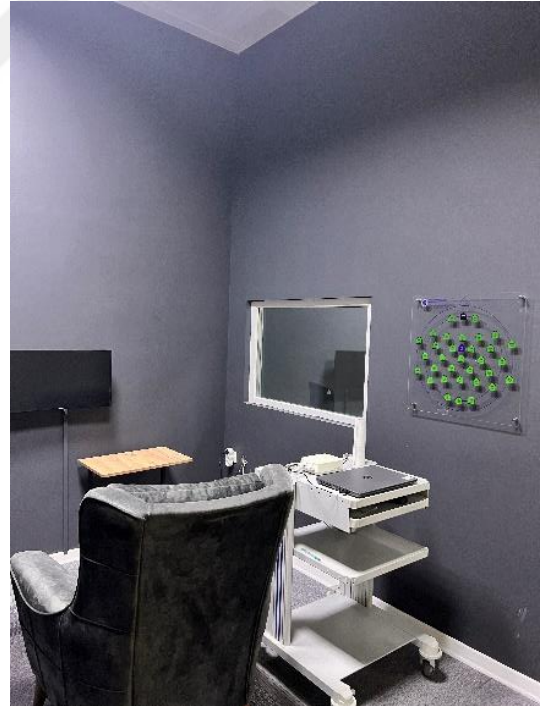
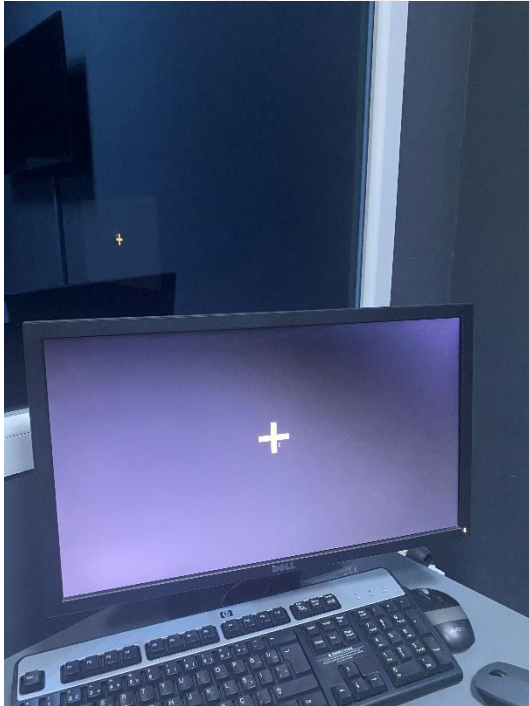
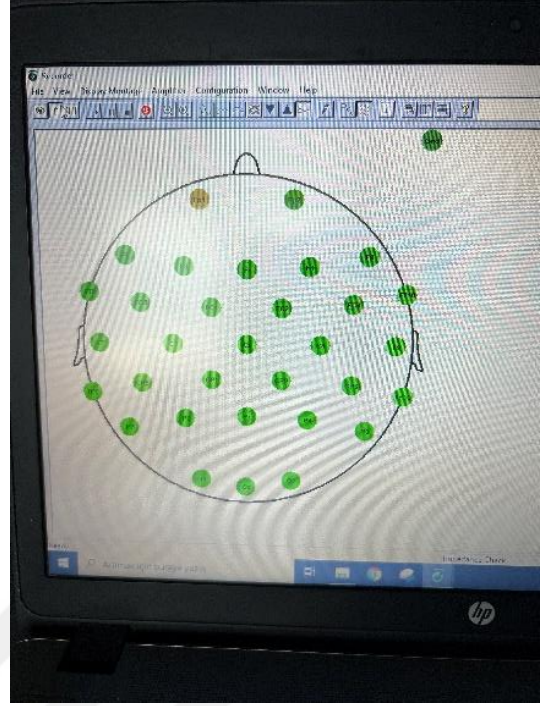
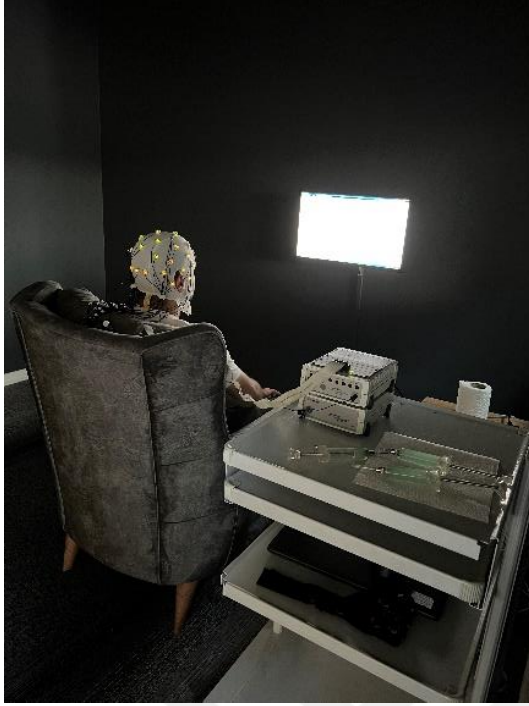
Şekil 23. %10 ve %20 Elektrot Mesafeli 10-20 Sistemi (Shriram vd., 2013)



Şekil 24. EEG Veri Toplama Süreci



Şekil 24. (devamı)



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

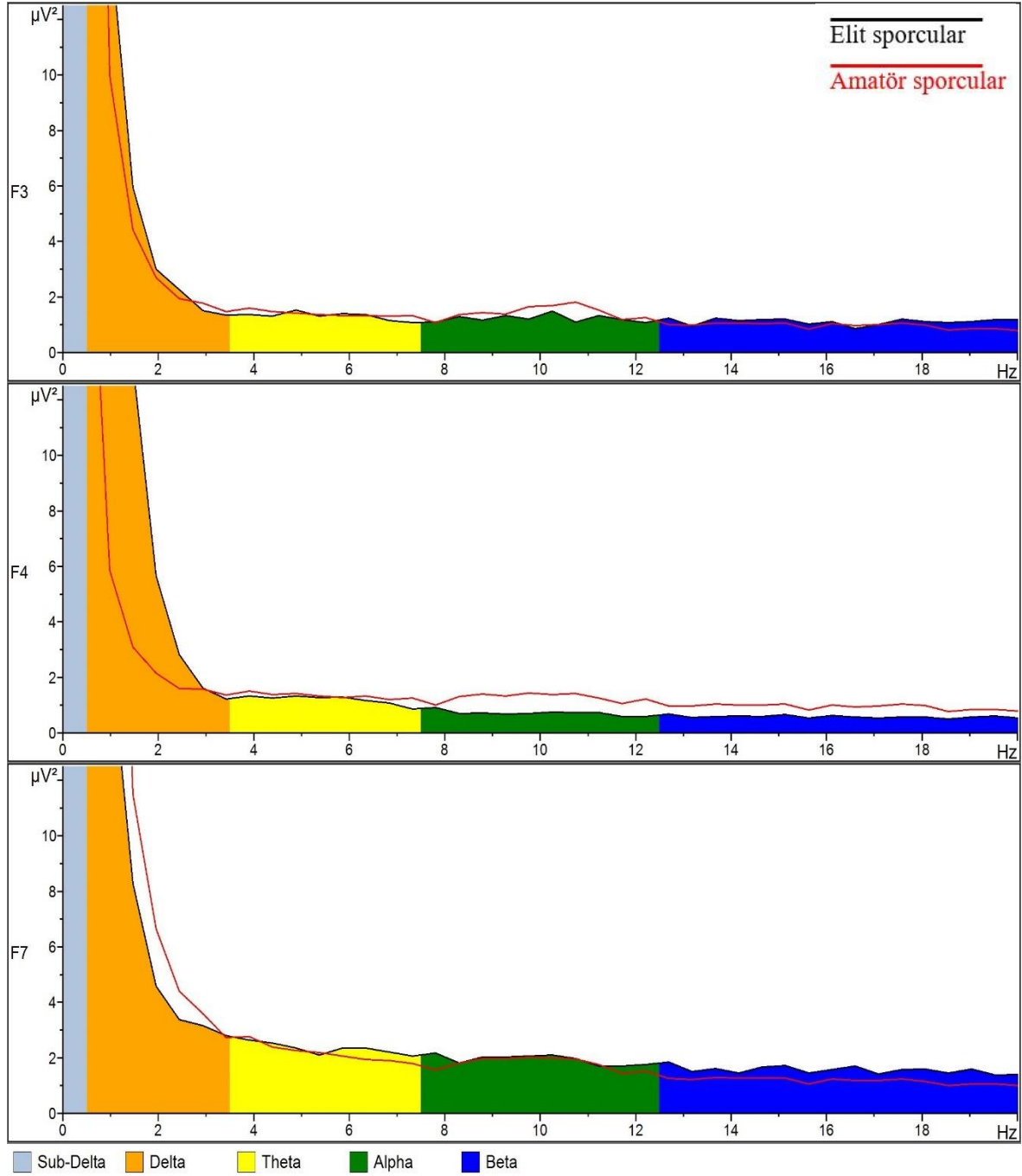
Bulgular

Tablo 1. *Araştırmaya Katılan Sporculara Ait Bilgilerin Frekans Analizi*

Değişken	Kategori	n	%
Cinsiyet	Erkek	11	52,4
	Kadın	10	47,6
Sporcu Türü	Elit Sporcu	10	47,6
	Amatör Sporcu	11	52,4

Katılımcılara ait tanımlayıcı bilgiler Tablo 1.'de gösterilmektedir. Araştırmaya 11 erkek (%52,4) ve 10 kadın (%47,6) sporcu katılmıştır. Katılımcılar elit ve amatör olma durumuna göre kategorize edildiğinde ise 10 sporcunun elit curling sporcusu (%47,6), 11 sporcunun ise amatör curling sporcusu (%52,4) olduğu görülmektedir.

Şekil 25. Elit ve Amatör Curling Sporculara Ait Frontal Bölge Göz Kapalı Dinlenik Durum Alfa Bandı Aktivitesi



Katılımcılara ait göz kapalı dinlenik durum frontal bölge (F3, F4 ve F7) alfa bandı aktivitesi Şekil 2’de yeşil renkli bölgede gösterilmektedir. Kırmızı çizgiler amatör sporcuları ifade ederken renkli bölgeler elit sporculara ait EEG verisini temsil etmektedir. Araştırma bulgularına göre elit ve amatör sporcularda göz kapalı dinlenik durum frontal bölge max. alfa genliği arasında fark olmadığı tespit edilmiştir ($p>.05$).

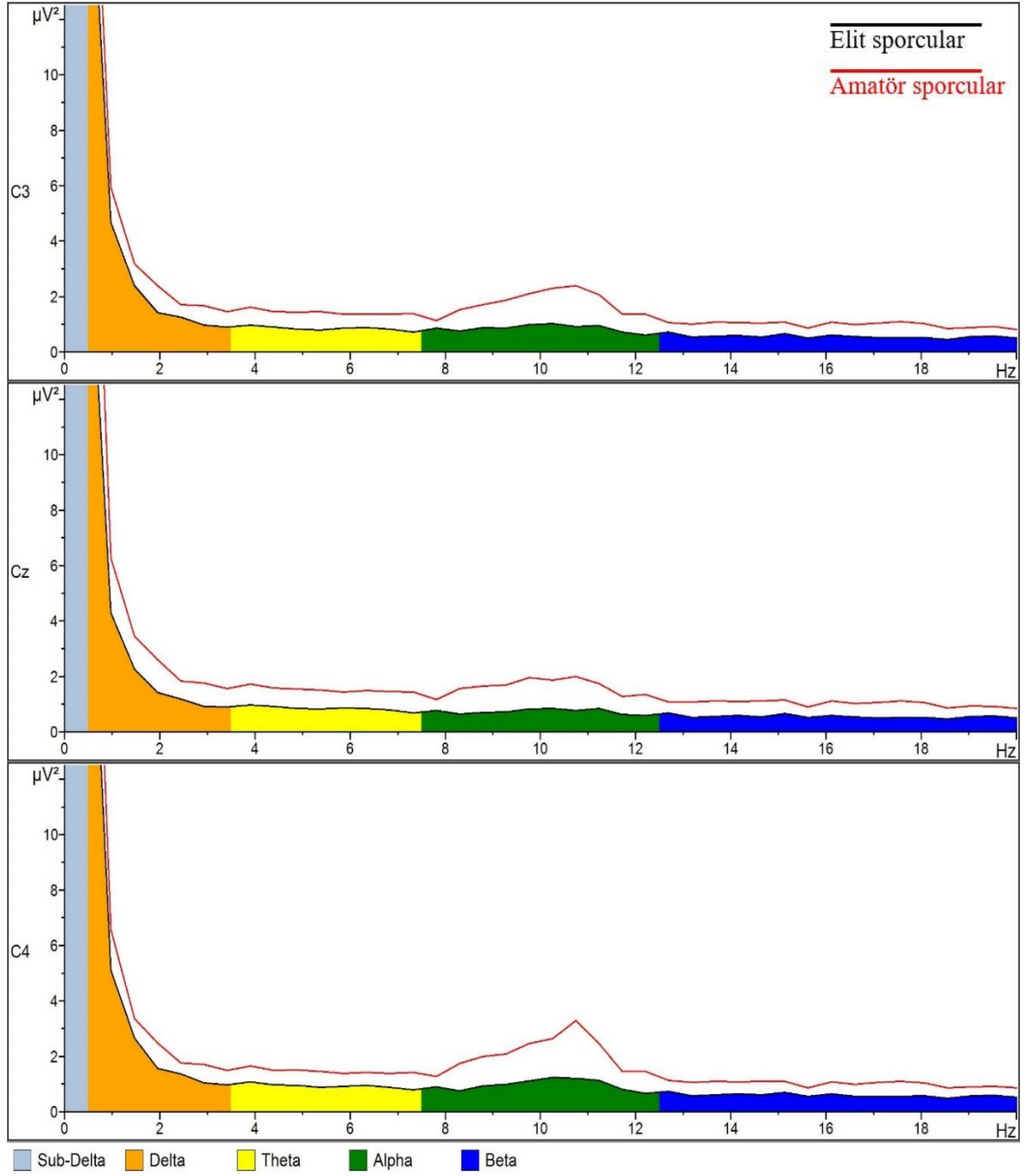
Tablo 2. *Elit ve Amatör Sporculara Ait Frontal Bölge Göz Kapalı Dinlenik Durum Düşük ve Yüksek Alfa Genliği Mann Whitney U Testi Değerleri*

Alfa	Kanal	Grup	n	Ort	SS	Ort Sıra	Ort Sıra Toplam	U	p
Düşük Alfa	F3	Elit	10	1,42	2,49	9,35	93,50	38,500	0,251
		Amatör	11	1,75	3,11	12,50	137,50		
	F4	Elit	10	0,81	1,01	10,75	107,50	52,500	0,863
		Amatör	11	1,56	3,04	11,23	123,53		
	F7	Elit	10	1,21	0,98	7,56	75,60	26,000	0,914
		Amatör	11	1,38	1,06	8,14	89,54		
Yüksek Alfa	F3	Elit	10	1,55	2,78	8,55	85,50	30,500	0,085
		Amatör	11	1,94	3,14	13,23	145,53		
	F4	Elit	10	0,83	1,26	10,35	103,50	48,500	0,654
		Amatör	11	1,48	2,66	11,59	127,49		
	F7	Elit	10	0,97	0,85	6,57	65,70	31,500	0,839
		Amatör	11	1,24	1,16	8,12	89,32		

* p < .05

Katılımcılara ait frontal bölge göz kapalı dinlenik durum düşük ve yüksek alfa genlik değerleri Tablo 2’de gösterilmektedir. Elit curling sporcularına ait F3 kanalı ortanca sıra max. genlik değer düşük alfa bandı 9,35 ve yüksek alfa bandı 8,55 olarak tespit edilmiştir. Amatör curling sporcularına ait F3 kanalı ortanca sıra max. genlik değerleri ise düşük alfa bandında 12,50, yüksek alfa bandında ise 13,23 şeklindedir. F3 kanalı düşük (U = 38,500, p = 0,251) ve yüksek alfa genliklerinde (U = 30,500, p = 0,085) elit ve amatör sporcular arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark olmadığı gözlemlenmiştir. F4 kanal verileri incelendiğinde elit curling sporcularına ait ortanca sıra max. genlik değerleri düşük alfa bandı 10,75 ve yüksek alfa bandı 10,35 şeklindeyken amatör curling sporcuları ortanca sıra max. genlik değerleri ise düşük alfa bandında 11,23, yüksek alfa bandında ise 11,59 şeklindedir. F4 kanalı düşük (U = 52,500, p = 0,863) ve yüksek alfa genliklerinde (U = 48,500, p = 0,654) elit ve amatör sporcular arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark olmadığı görülmektedir. F7 kanalına ait verilere bakıldığında elit curling sporcuları ortanca sıra max. genlik değerleri düşük alfa bandı 7,56 ve yüksek alfa bandı 6,57 şeklindeyken amatör curling sporcuları ortanca sıra max. genlik değerleri ise düşük alfa bandında 8,14, yüksek alfa bandında ise 8,12. F7 kanalı düşük (U = 26,000, p = 0,914) ve yüksek alfa genliklerinde (U = 31,500, p = 0,839) elit ve amatör sporcular arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark olmadığı görülmektedir.

Şekil 26. Elit ve Amatör Curling Sporcularına Ait Central Bölge Göz Kapalı Dinlenik Durum Alfa Bandı Aktivitesi



Sporculara ait göz kapalı dinlenik durum central bölge (C3, Cz ve C4) alfa bandı aktivitesi Şekil 3'te yeşil renkli bölgede gösterilmektedir. Kırmızı çizgiler amatör sporcuları ifade ederken renkli bölgeler elit sporculara ait EEG verisini temsil etmektedir. Araştırma bulgularına göre elit ve amatör sporcularda göz kapalı dinlenik durum central bölge max. alfa genliği arasında Cz ve C4 bölgelerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark tespit edilirken ($p < .05$), C3 bölgesinde fark olmadığı gözlemlenmiştir ($p > .05$).

Tablo 3. *Elit ve Amatör Sporculara Ait Central Bölge Göz Kapalı Dinlenik Durum Düşük ve Yüksek Alfa Genliği Mann Whitney U Testi Değerleri*

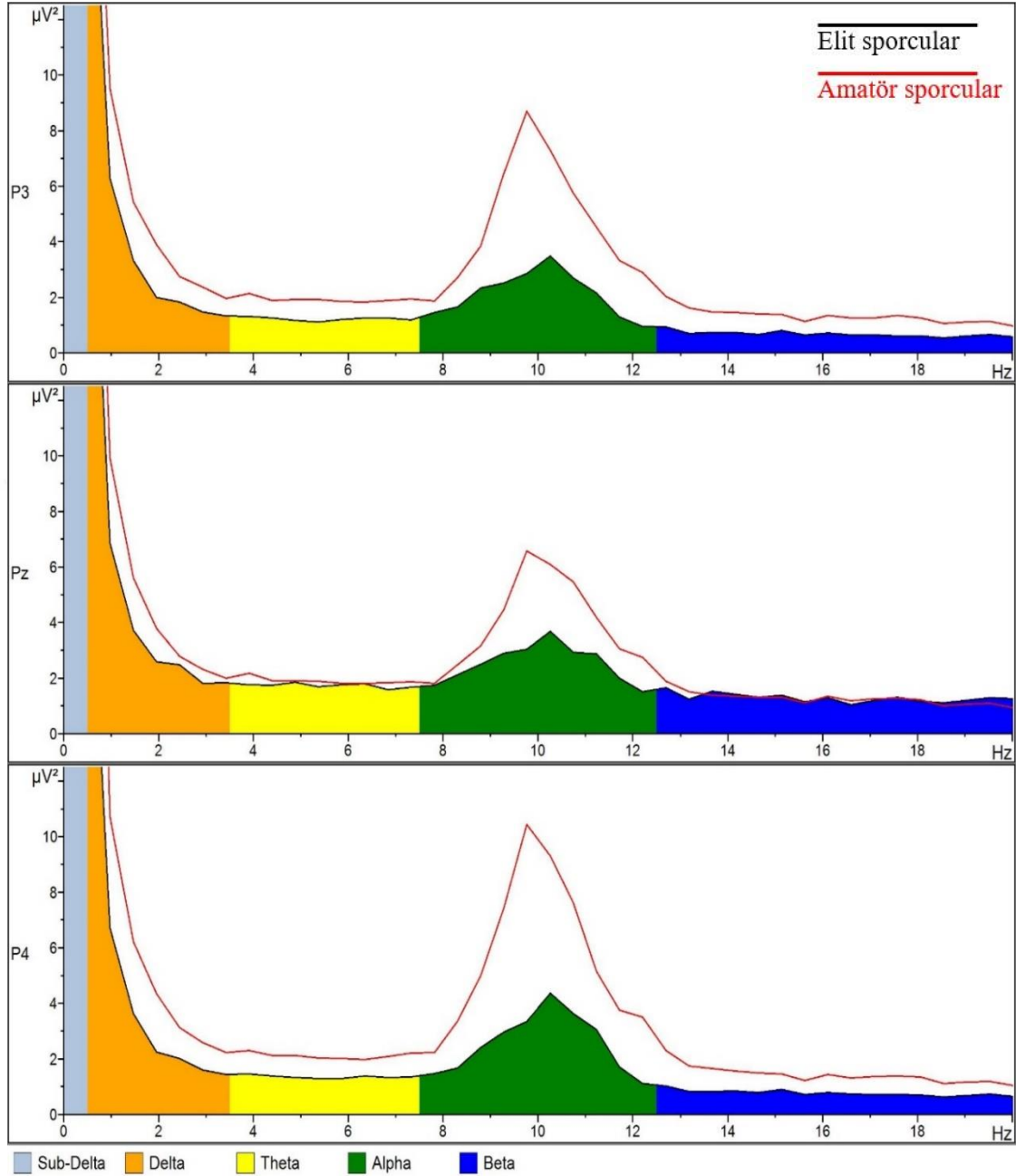
Alfa	Kanal	Grup	n	Ort	SS	Ort Sıra	Ort Sıra Toplam	U	p
Düşük Alfa	C3	Elit	10	1,01	1,47	8,40	84,00	29,000	0,072
		Amatör	11	2,14	3,09	13,36	146,96		
	Cz	Elit	10	0,86	1,29	8,20	82,00	27,000	0,049*
		Amatör	11	2,00	3,24	13,55	149,05		
	C4	Elit	10	0,67	0,39	5,50	55,00	8,000	0,001**
		Amatör	11	4,87	3,45	16,00	176,00		
Yüksek Alfa	C3	Elit	10	1,13	1,66	8,90	89,00	34,000	0,152
		Amatör	11	2,62	3,68	12,91	142,01		
	Cz	Elit	10	0,92	1,46	8,10	81,00	26,000	0,043*
		Amatör	11	2,10	3,00	13,64	150,04		
	C4	Elit	10	0,75	0,50	8,20	82,00	27,000	0,049*
		Amatör	11	4,07	4,55	13,55	149,05		

* p < .05

** p < .01

Katılımcılara ait central bölge göz kapalı dinlenik durum düşük ve yüksek alfa genlik değerleri Tablo 3'te gösterilmektedir. Elit curling sporcularına ait C3 kanalı ortanca sıra max. genlik değerleri düşük alfa bandı 8,40 ve yüksek alfa bandı 8,90 olarak tespit edilmiştir. Amatör curling sporcularına ait C3 kanalı ortanca sıra max. genlik değerleri ise düşük alfa bandında 13,36, yüksek alfa bandında ise 12,91 şeklindedir. C3 kanalı düşük (U = 29,000, p = 0,072) ve yüksek alfa genliklerinde (U = 34,000, p = 0,152) elit ve amatör sporcular arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark olmadığı gözlemlenmiştir. Cz kanal verileri incelendiğinde elit curling sporcularına ait ortanca sıra max. genlik değerleri düşük alfa bandı 8,20 ve yüksek alfa bandı 8,10 şeklindeyken amatör curling sporcuları ortanca sıra max. genlik değerleri ise düşük alfa bandında 13,55, yüksek alfa bandında ise 13,64 şeklindedir. Cz kanalı düşük (U = 27,000, p = 0,049) ve yüksek alfa genliklerinde (U = 26,000, p = 0,043) elit ve amatör sporcular arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark olduğu tespit edilmiştir. C4 kanalına ait verilere bakıldığında elit curling sporcuları ortanca sıra max. genlik değerleri düşük alfa bandı 5,50 ve yüksek alfa bandı 8,20 şeklindeyken amatör curling sporcuları ortanca sıra max. genlik değerleri ise düşük alfa bandında 16,00, yüksek alfa bandında ise 13,55 şeklindedir. C4 kanalı düşük (U = 8,000, p = 0,001) ve yüksek alfa genliklerinde (U = 27,000, p = 0,049) elit ve amatör sporcular arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark gözlemlenmiştir.

Şekil 27. Elit ve Amatör Curling Sporcularına Ait Parietal Bölge Göz Kapalı Dinlenik Durum Alfa Bandı Aktivitesi



Araştırmaya katılan curling sporcularına ait göz kapalı dinlenik durum parietal bölge (P3, Pz ve P4) alfa bandı aktivitesi Şekil 4'te yeşil renkli bölgede gösterilmektedir. Kırmızı çizgiler amatör curling sporculara ait değerleri, renkli bölgeler ise elit curling sporcularına ait EEG verilerini temsil etmektedir. Araştırma bulgularına göre elit ve amatör curling sporcuları arasında göz kapalı dinlenik durum parietal bölge max. alfa genlik değerleri için bütün bölgelerde (P3, Pz, P4) istatistiksel olarak anlamlı derecede fark olduğu tespit edilmiştir ($p < .05$).

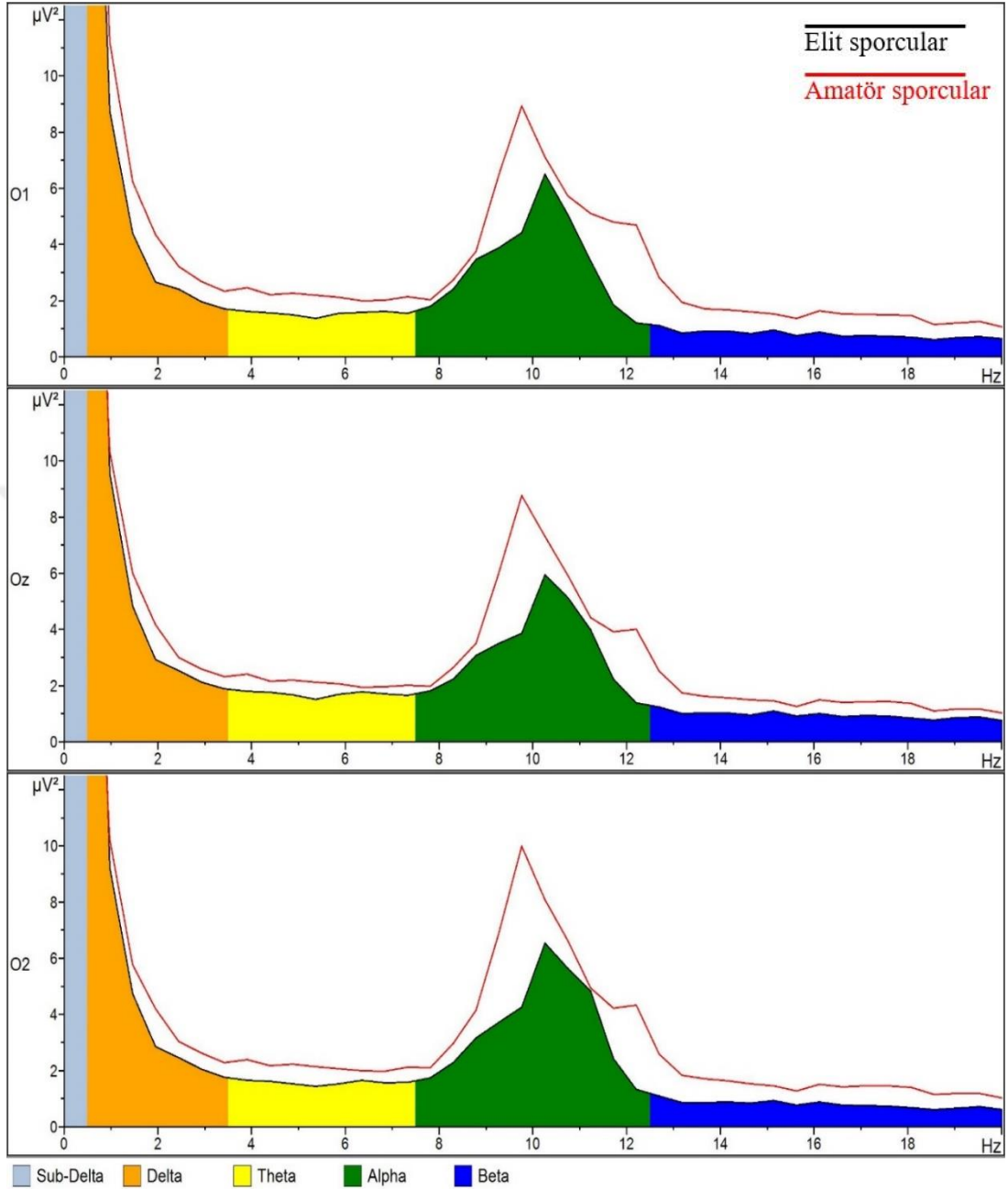
Tablo 4. *Elit ve Amatör Sporculara Ait Parietal Bölge Göz Kapalı Dinlenik Durum Düşük ve Yüksek Alfa Genliği Mann Whitney U Testi Değerleri*

Alfa	Kanal	Grup	n	Ort	SS	Ort Sıra	Ort Sıra Toplam	U	p
Düşük Alfa	P3	Elit	10	1,23	0,59	5,90	59,00	4,000	0,000**
		Amatör	11	9,89	8,54	15,64	172,04		
	Pz	Elit	10	1,21	0,93	7,10	71,00	16,000	0,005**
		Amatör	11	7,85	6,50	14,55	160,05		
	P4	Elit	10	2,06	1,20	5,60	56,00	1,000	0,000**
		Amatör	11	12,77	9,01	15,91	175,01		
Yüksek Alfa	P3	Elit	10	1,47	1,15	6,20	62,00	7,000	0,000**
		Amatör	11	8,85	7,89	15,36	168,96		
	Pz	Elit	10	1,62	0,93	6,70	67,00	12,000	0,002**
		Amatör	11	7,18	5,84	14,91	164,01		
	P4	Elit	10	1,45	2,18	6,80	68,00	13,000	0,002**
		Amatör	11	11,45	11,93	14,82	163,02		

** p < .01

Katılımcılara ait parietal bölge göz kapalı dinlenik durum düşük ve yüksek alfa genlik değerleri Tablo 4'te gösterilmektedir. Elit curling sporcularına ait P3 kanalı ortanca sıra max. genlik değerleri düşük alfa bandı 5,90 ve yüksek alfa bandı 6,20 olarak tespit edilmiştir. Amatör curling sporcularına ait P3 kanalı ortanca sıra max. genlik değerleri ise düşük alfa bandında 15,64, yüksek alfa bandında ise 15,36 şeklindedir. P3 kanalı düşük (U = 4,000, p = 0,000) ve yüksek alfa genliklerinde (U = 7,000, p = 0,000) elit ve amatör sporcular arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark olduğu gözlemlenmiştir. Pz kanal verileri incelendiğinde elit curling sporcularına ait ortanca sıra max. genlik değerleri düşük alfa bandı 7,10 ve yüksek alfa bandı 6,70 şeklindeyken amatör curling sporcuları ortanca sıra max. genlik değerleri ise düşük alfa bandında 14,55, yüksek alfa bandında ise 14,91 şeklindedir. Pz kanalı düşük (U = 16,000, p = 0,005) ve yüksek alfa genliklerinde (U = 12,000, p = 0,002) elit ve amatör sporcular arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark tespit edilmiştir. P4 kanalına ait verilere bakıldığında elit curling sporcuları ortanca sıra max. genlik değerleri düşük alfa bandı 5,60 ve yüksek alfa bandı 6,80 şeklindeyken amatör curling sporcuları ortanca sıra max. genlik değerleri ise düşük alfa bandında 15,91, yüksek alfa bandında ise 14,82 şeklindedir. P4 kanalı düşük (U = 1,000, p = 0,000) ve yüksek alfa genliklerinde (U = 13,000, p = 0,002) elit ve amatör sporcular arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark tespit edilmiştir.

Şekil 28. Elit ve Amatör Curling Sporcularına Ait Oksipital Bölge Göz Kapalı Dinlenik Durum Alfa Bandı Aktivitesi



Araştırmaya katılan sporculara ait göz kapalı dinlenik durum oksipital bölge (O1, Oz ve O2) alfa bandı aktivitesi Şekil 5'te yeşil renkli bölgede gösterilmektedir. Kırmızı çizgiler amatör sporculara ait değerleri, renkli bölgeler ise elit sporculara ait EEG verilerini temsil etmektedir. Araştırma bulgularına göre elit ve amatör sporcular arasında göz kapalı dinlenik durum oksipital bölge max. alfa genlik değerleri için O2 bölgesinde istatistiksel olarak anlamlı derecede fark olduğu gözlemlenirken, O1 ve Oz bölgelerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark tespit edilmemiştir ($p>.05$).

Tablo 5. *Elit ve Amatör Sporculara Ait Oksipital Bölge Göz Kapalı Dinlenik Durum Düşük ve Yüksek Alfa Genliği Mann Whitney U Testi Değerleri*

Alfa	Kanal	Grup	n	Ort	SS	Ort Sıra	Ort Sıra Toplam	U	p
Düşük Alfa	O1	Elit	10	5,40	5,81	9,50	95,00	40,000	0,314
		Amatör	11	8,98	8,46	12,36	135,96		
	Oz	Elit	10	4,55	4,49	9,60	96,00	41,000	0,349
		Amatör	11	8,83	9,61	12,27	134,97		
	O2	Elit	10	1,28	1,27	6,30	63,00	8,000	0,000
		Amatör	11	12,70	9,41	15,27	167,97		
Yüksek Alfa	O1	Elit	10	6,93	5,48	11,00	110,00	55,000	1,000
		Amatör	11	9,49	10,52	11,00	121,00		
	Oz	Elit	10	6,99	6,25	10,90	109,00	54,000	0,973
		Amatör	11	8,99	10,74	11,09	121,99		
	O2	Elit	10	3,34	5,67	6,40	64,00	9,000	0,001
		Amatör	11	13,27	10,01	15,18	166,98		

** p < .01

Katılımcılara ait oksipital bölge göz kapalı dinlenik durum düşük ve yüksek alfa genlik değerleri Tablo 5'te gösterilmektedir. Elit curling sporcularına ait O1 kanalı ortanca sıra max. genlik değerleri düşük alfa bandı 9,50 ve yüksek alfa bandı 11,00 olarak tespit edilmiştir. Amatör curling sporcularına ait O1 kanalı ortanca sıra max. genlik değerleri ise düşük alfa bandında 12,36, yüksek alfa bandında ise 11,00 şeklindedir. O1 kanalı düşük (U = 40,000, p = 0,314) ve yüksek alfa genliklerinde (U = 55,000, p = 1,000) elit ve amatör sporcular arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark olmadığı gözlemlenmiştir. Oz kanal verileri incelendiğinde elit curling sporcularına ait ortanca sıra max. genlik değerleri düşük alfa bandı 9,60 ve yüksek alfa bandı 10,90 şeklindeyken amatör curling sporcuları ortanca sıra max. genlik değerleri ise düşük alfa bandında 12,27, yüksek alfa bandında ise 11,09 şeklindedir. Oz kanalı düşük (U = 41,000, p = 0,349) ve yüksek alfa genliklerinde (U = 54,000, p = 0,973) elit ve amatör sporcular arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark olmadığı görülmektedir. O2 kanalına ait verilere bakıldığında elit curling sporcuları ortanca sıra max. genlik değerleri düşük alfa bandı 6,30 ve yüksek alfa bandı 6,40 şeklindeyken amatör curling sporcuları ortanca sıra max. genlik değerleri ise düşük alfa bandında 15,27, yüksek alfa bandında ise 15,18 şeklindedir. O2 kanalı düşük (U = 8,000, p = 0,000) ve yüksek alfa genliklerinde (U = 9,000, p = 0,001) elit ve amatör sporcular arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark olduğu tespit edilmiştir.

BEŞİNCİ BÖLÜM

Tartışma ve Sonuç

Çalışmada elit ve amatör düzeyde curling sporcularının dinlenik durum serebral korteks EEG alfa bandı genlik max. değerleri karşılaştırılmıştır. 32 kanala sahip EEG cihazından elde edilen verilerden frontal, central, parietal ve oksipital bölgelere ait kanal verileri analiz edilmiştir. Araştırmalarda frontal bölge EEG verilerinin değerlendirilmesinin ana sebebi alfa dalgası ve serebral korteks aktivitesi arasındaki bağlantıdır (Yalçiner, 2021).

Frontal bölgeyi temsil eden F3, F4 ve F7 kanalları düşük ve yüksek alfa bandı max. genlik değerlerinin elit ve amatör curling sporcuları arasında farklılaşmadığı saptanmıştır. Yapılan çalışmalarda düşük frekans alfa (8-10 Hz) dalgası dikkat gibi süreçlerde etkiliyken yüksek frekans alfa dalgasının bilginin hafızadan geri çağırılması gibi bilişsel süreçlerde etkili olduğu tespit edilmiştir (Kirk, 1998). Karate sporcuları ve sedanterler üzerinde yapılan araştırmada sporcuların dinlenik durumda frontal bölgede sedanterlere göre daha düşük serebral korteks aktivasyona sahip olduğu tespit edilmiştir (Babiloni vd., 2010). Jimnastikçilerin katılımıyla gerçekleştirilen araştırmada branşa özgü hareketlerin değerlendirilmesi esnasında elit jimnastikçilerin diğer gruba göre daha düşük alfa genliğine sahip olduğu rapor edilmiştir (Babiloni vd., 2009). Sporcuların duygusal zorlamalara karşı sporcu olmayan gruba göre prefrontal korteks ve insulada daha az nöral aktivasyon gösterdiğini rapor edilmiştir (Costanzo vd., 2016). Araştırma sonuçları aynı zamanda profesyonel gitaristlerin katılımıyla gerçekleştirilen başka bir fMRI çalışmasında gitaristlerin daha önce uyguladığı hareketleri izlerken ayna nöron aktivitesinin daha düşük BOLD sinyallerine sahip olduğu sonucuyla da örtüşmektedir (Vogt vd., 2007). Farklı araştırmacılar frontal teta güç değerlerini dikkat göstergesi ve parietal Alpha-2 spektral gücü somatosensör bilgi işleme ile ilişkilendirmişlerdir (Gevins vd., 1997; Slobounov vd., 2000; Grunwald vd., 2001; Baumeister vd., 2007). Bu bağlamda sonuçlar, daha fazla odaklanmış dikkat ve artan bilgi işleme ile ilişkilendirilen somatosensör kortekste ki nöral popülasyonların daha yüksek aktivitesi olarak ilişkilendirilmektedir. Bu bulgulara dayanarak 2008 yılında elit ve amatör golf sporcuları üzerinde yapılan başka bir araştırmada ise golf vuruşu sırasında EEG verileri kaydedilmiştir. Araştırma sonucunda elit golf sporcularının atış sırasında serebral korteks frontal bölgesinde daha yüksek teta gücü tespit edilmişken, frontal bölge alfa genliğinde fark olmadığı gözlemlenmiştir (Baumeister vd., 2008). Basketbol oyuncularının dahil edildiği çalışmada elit

basketbolcuların serbest atışla ilgili bir eylem beklentisi görevinde amatör basketbolculara göre inferior parietal bölge ve inferior frontal girusda daha yüksek aktivite gösterdiği rapor edilmiştir (Wu vd., 2013). Davranışsal olarak yapılan çalışmalar (Allard vd., 1980; Starkes ve Allard, 1983; Starkes, 1987; Bard ve Goulet, 1994; Williams vd., 1999), elit sporcuların hızlı ve karmaşık motor görevleri beklenenden daha yüksek bir doğrulukla gerçekleştirdiğini ve oyun devam ederken sınırlı zaman içinde kararlar alabildiğini göstermektedir. Elit sporcular ile amatör sporcular arasındaki hareketi önceden tahmin farkı, elit sporcularda amatörler göre daha iyi görsel algıdan kaynaklanabilir. Görsel algı, çevreden görsel bilgiyi bulma ve çıkarma sürecidir ve bu bilgileri diğer duyuşal girdilerle entegre etme yeteneğini içermektedir. Ayrıca, görsel algıdaki tüm bütünleşmiş bilgileri birleştirmekte geçmiş deneyim, motivasyon ve gelişim gibi çeşitli bilişsel faktörler de rol oynamaktadır. Bu bağlamda yapılan çalışmalar elit sporcuların algıdaki avantajlarının görsel ve motor özelliklerinin farklılığına odaklanmıştır. Aglioti vd. (2008), basketbol oyuncularının serbest atışın sonucunu önceden tahmin etme konusundaki üstün performansının, vücut kinematığını okuma becerisine dayanabileceğini bildirmiştir. Önceden tahmin ve göz davranışı üzerine yapılan davranışsal çalışmaların (Allard vd., 1980; Starkes ve Allard, 1983; Starkes, 1987; Bard ve Goulet, 1994; Williams vd., 1999) bulguları, sporcuların, acemilere göre daha gelişmiş hareket önceden tahmin yeteneğine sahip olduğunu ortaya koymakta ve bu yeteneğin uzun vadeli spor eğitimi ile kazanılan daha üst düzeydeki görsel algı ile sağlam bir bağlantısı olduğu düşünülmektedir. Araştırma sonuçları literatürdeki çalışmaların büyük bir bölümüyle paralellik göstermiş olmasına rağmen aksi yönde sonuçları rapor eden araştırmalar da mevcuttur. Bunun sebebi araştırmaların büyük bir bölümünde uyaran kullanılarak olaya ilişkin potansiyellere (ERP) ilişkin verilerin dinlenik durum EEG verilerinden farklılık göstermesi şeklinde yorumlanabilir. Ayrıca 1999 yılında katılımcılara Posner Harf Eşleştirme Paradigması'nın (Posner & Mitchell, 1967) uygulandığı çalışma sonucuna göre yetenekli bireylerin daha zor görevlerde ortalama yeteneği olan bireylerden daha fazla ayrıştığı ve görev basitleştikçe gruplar arasındaki nöral verimlilik farkının azaldığı yönündedir (Neubauer vd., 1999). Araştırmamızda yalnız dinlenik durumda EEG verileri analiz edildiği için bu durum basit görev kategorisinde değerlendirilebilir. Dolayısıyla bu sonuç, gruplar arasında frontal bölgede fark olmamasının sebeplerinden biri olarak değerlendirilebilir. Nöral verimliliğin sadece frontal bölgelerin daha fazla veya daha az aktive olmasıyla sınırlı olmadığı da ayrıca belirtilmelidir (Neubauer & Fink, 2009).

Araştırma sonucunda elit curling sporcularının göz kapalı dinlenik durum central (C) bölge Cz ve C4 kanal alfa max. genlik değerleri amatör curling sporcularına kıyasla daha düşük olduğu görülmüştür. 2009 yılında 10 elit karate, 10 elit eskrim sporcusu ve 12 sedanter birey olmak üzere toplam 32 kişi üzerinde yapılan araştırmada elit ve sedanterlerin olaya ilişkin düşük ve yüksek alfa genlik değişimleri değerlendirildiğinde, elit sporcularda göz açık-göz kapalı dinlenik durum arasındaki farkın central bölge sağ ve sol kanallarda sedanterlere göre daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Del Percio vd., 2009). Elit karate sporcusu ve sedanter bireylerin dâhil edildiği başka bir araştırmada ise karate sporcularının central bölge düşük ve yüksek alfa genliklerinin sedanterlere göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Del Percio vd., 2011). Araştırma sonuçlarıyla paralellik gösteren bu çalışmalarda sporcuların beyninin, dinlenme durumunda gözlerin açılmasına karşı azalmış kortikal tepkiye sahip olduğu belirtilerek sonuçların nöral verimlilik hipoteziyle uyumlu olduğu ifade edilmiştir. Diğer yandan kompleks görsel-uzamsal, görsel arama, hareket gözlemi ve bilişsel görevleri içeren bazı çalışmalar (Del Percio vd., 2008; Kim vd., 2014) sporcuların central bölgelerde daha yüksek serebral korteks aktivasyonu gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu sonuçlar ise nöral verimlilik hipotezi ile uyumsuzdur. Bu bağlamda araştırmamızla paralellik gösteren ve çelişkili sonuçlar rapor eden çalışmaların verileri dikkate alındığında, elit sporcularda optimal serebral korteks işlevlerinin sürekli azalan kortikal aktiviteyi işaret eden nöral verimlilik hipoteziyle tam olarak uyumlu olmadığı ifade edilebilir. Bunun sebebi spor branşlarının çeşitliliğine bağlı olarak değişen fizyolojik ve psikolojik özellikler olabilir. Sporcuların beyni, anlık değişen görevler ve spor branşına ait özelliklerle (açık-kapalı beceri sporları) tecrübe gibi faktörlere bağlı olarak daha verimli (daha az kortikal aktivasyon) veya daha maliyetli (daha fazla kortikal aktivasyon) olabilir. Örneğin Karate sporu hem savunma hem de saldırı eylemlerinin her iki kol ile gerçekleştirildiği bir spor dalıdır. Oysa eskrim eylemleri sadece tercih edilen kol ile gerçekleştirilir. Hareket hazırlığı ile ilişkilendirilen potansiyeller (hazırlık potansiyeli) ve başlatma (motor potansiyeli) ölçülen 11 sedanter, 11 elit eskrimci ve 11 elit karateci (Del Percio vd., 2008) ile alınan EEG kayıtları sırasında, katılımcılara eskrim ve karate saldırılarını içeren resimleri gösterilmiştir ve saldırıların sağ (sol) monitör tarafındaki sağ (sol) tuşa hızlıca tıklamaları istenmiştir. Bu çalışma spor branşlarının çeşitliliğine bağlı değişkenlerin bir örneği olabilmektedir. Genel olarak 'sinirsel verimlilik' (NEH) hipotezi kortikal aktivitenin azalması olarak tanımlanır. Yapılan çalışmaların sonuçları elit sporcuların yüksek performansının, "sinirsel verimlilik" hipotezince öngörülenden daha karmaşık bir motor sistem organizasyonu ile ilişkili olabileceğini düşündürmektedir. Görev özellikleri ve bireylerin özelliklerine bağlı olarak, kortikal duyu-motor sistemin bazı bölgeleri sinirsel verimliliği yansıtabilmekte, diğer bölgeler ise farklı mekanizmaları yansıtabilmektedir (Del Percio vd., 2008).

Çalışmamızda elit curling sporcularına ait göz kapalı dinlenik durum parietal (P) bölge Pz, P3 ve P4 kanal alfa max. genlik değerlerinin amatör curling sporculardan daha az olduğu tespit edilmiştir. Elit ve amatör basketbolcuların katılımıyla gerçekleştirilen fMRI çalışmasında elit basketbolcularda inferior parietal lob ve inferior frontal girus bölgelerinde daha yüksek serebral korteks aktivitesi olduğu tespit edilmiştir (Wu vd., 2013). Bu sonuç araştırmamızın çıktılarıyla uyumlu değildir. Golf vuruşundan hemen önce EEG kayıtları alınan 20 elit ve 18 amatör golf oyuncusuyla yapılan araştırmada elit golf oyuncularının parietal bölge alfa güçlerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Wang vd., 2020). Bu sonuçlar araştırmacı tarafından elit golfçülerin vuruş öncesi daha yüksek düzeyde motor programlamaya ve görsel-uzamsal dikkate sahip olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Yüksek alfa gücü ile üst düzey yeteneğe sahip golfçülerin vuruş performansı arasında neden-sonuç ilişkisi Gallicchio vd. (2017) tarafından bildirilmiştir. Bu çalışmada bir motor beceriyi uyguladıktan sonra parietal ve sağ temporal gücü de içeren yüksek alfa gücünün azalmasının, vuruş performansında iyileşmelere neden olduğu rapor edilmiştir (Gallicchio vd., 2017). 2014 yılında atıcılar üzerinde atış esnasında EEG ölçümleri uygulanan araştırmada optimal performans durumunun somatosensoryel, oksipital ve parietal bölgelerde daha düşük alfa genliğiyle ilişkili olduğu tespit edilmiştir (Comani vd., 2014). Literatürde zekâ, kelime akıcılığı, uzamsal yetenekler ve çalışma belleğiyle ilgili çalışmalarda yüksek puana sahip katılımcıların bilişsel görevler sırasında en düşük fronto-parietal aktivasyona sahip olduğunu rapor edilmiştir (Charlot vd., 1992; Haier vd., 2004; Ruff vd., 2003; Rypma vd., 2005). Yüksek Alfa (9.75-12.5 Hz), somatosensor korteks bölgesindeki parieto-oksipital bölgelerde görevle ilgili talepleri yansıtmaktadır (Gevins vd., 1997; Smith vd., 1999). Uzman grup içindeki yüksek alfa, amatörler kıyasla parietal bölgelerde daha az kortikal aktivasyon olduğunu göstermektedir. Bu amatörlerin, uzman sporculara kıyasla parietal korteks içinde daha fazla nöron kaynağını gerektiren tanıdık olmayan ipuçlarını aktif olarak işlemeleri gerektiği anlamına gelmektedir (Baumeister vd., 2008). Belirtilen araştırmaların sonuçları çalışmamızla paralellik göstermektedir. Araştırmamızda gruplar arasında parietal bölgedeki bütün kanallarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edildiğinden, elit ve amatör curling sporcuların alfa genliği açısından en belirgin ayrıştığı serebral korteks bölgesi parietal bölgedir. Araştırma sonuçlarıyla örtüşen çalışmaların büyük bölümü hedef sporlarıyla ilgilenen katılımcılarla gerçekleştirilmiştir. Curling sporunun hedef sporu olması ve parietal bölgenin dikkatle ilgili süreçlerde son derece önemli rol oynadığı düşünüldüğünde, yoğun dikkat ve konsantrasyon süreçlerini içeren spor branşlarında dinlenik durumda parietal korteks alfa genliğinin önemli bir belirteç olduğu ifade edilebilir.

Çalışmadan elde edilen diğer sonuç ise elit ve amatör curling sporcularının göz kapalı dinlenik durum serebral korteks oksipital (O) bölge alfa bandı aktivitesinin O2 kanalında farklılaşmasıdır. Araştırmada diğer bölgelerde olduğu gibi elit curling sporcuların göz kapalı dinlenik alfa max. genliğinin amatör sporculardan daha az olduğu tespit edilmiştir. Elit jimnastikçi (n=15) EEG verilerinin sedanterlerle (n=13) karşılaştırıldığı bir araştırmada, izlenen sportif hareketin değerlendirilmesi esnasında elit sporcuların oksipital bölgesinde daha az alfa genliği rapor edilerek sonuçların nöral verimlilik hipoteziyle açıklanabileceği belirtilmiştir (Babiloni vd., 2009). Elit sporcular ve sedanter bireylerin katılımıyla göz açık ve kapalı dinlenik durumda EEG ölçümü yapılan çalışmada elit sporcularda oksipital bölgede sedanterlere kıyasla daha düşük alfa genliği tespit edilmiştir (Del Percio vd., 2009). Bazı araştırmalarda ise elit ve amatör tüfek atıcılarının atış öncesi oksipital bölge alfa genliğinde artış olduğu tespit edilmiştir (Haufler vd., 2000; Janelle vd., 2000). Atıcılar ve amatörlerin hedef vurma görevinin nişan alma sürecinde elde edilen kortikal aktivite desenlerinin karşılaştırması (Haufler vd., 2000), grupların önemli ölçüde farklılık gösterdiğini ve farklılıkların değerlendirilen her frekans bandında gözlemlendiğini ortaya koymuştur. Elitlerin hedef vurma görevinin nişan alma sürecinde sol merkezi, temporal ve parietal bölgelerde artmış alfa gücü (10-11 Hz) göstermeleri ile, tüm ölçülen bölgelerde daha düşük beta ve gama gücü gözlemlenmiştir. Elit grup ayrıca sol temporal-parietal-okcipital bölgede artmış düşük frekanslı alfa (9 Hz) gücü sergilemiştir, ancak dikkat çekici bir şekilde uzmanlarda gözlemlenen bu göreceli artış, sunulan tüm görevler boyunca gözlenmiştir. Smith vd. (1999) tarafından yapılan önceki bir bulgu ışığında bu çalışmada 9 Hz aktivitesinin görev özel taleplerin ayırt edilmesi için nispeten duyarsız olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, elitler üç görev boyunca kullanılan nişan alma pozisyonunu tanıdıkları için elit sporcuların amatörlerin yenilik karşısında pozisyonla ilgili ipuçlarına daha fazla dikkat etmiş olabileceği görevler boyunca duruş ve tutuşlarının ayrıntılarını daha az bilinçli bir şekilde izlemiş olabildiği düşünülmektedir. Genel olarak bulgular, nişan alma sürecinde uzman atıcılarda daha az kortikal aktivasyonun olduğu fikri ile uyumludur. Bu sonuç, atıcıların silahı hedefe başarılı bir şekilde nişan almak için gereken bilgiyi işlemek için daha az kortikal çaba gösterebileceği fikriyle uyumludur.

Tabanca atıcıları üzerinde yapılan başka bir araştırmada başarılı atış öncesi oksipital alfa genliği artarken başarısız atış öncesi oksipital bölge alfa genliğinin azaldığı görülmüştür. Elitlerin, otonom motor kontrol mekanizmalarını kazanarak yüksek motor uzmanlığına ulaştıkları varsayılmaktadır. Bu da atış sürecinin nispeten çaba harcamadan bilişsel işleme efektif bir şekilde gerçekleştirmelerine olanak tanımakta olduğu düşünülmektedir. Araştırmanın temel bulgusu, en iyi atışlardan önce oksipital EEG alfa gücünün arttığı, en kötü atışlardan önce ise azaldığı ve en iyi atışların son atış öncesi döneminde belirgin olarak daha

yüksek olduğudur. Bu bulgu, katılımcıların en iyi atışların atış öncesi döneminde dışsal görsel uyarılara olan dikkatlerini azalttığını, en kötü atışların atış öncesi dönemde ise görsel dikkati artırdığını göstermektedir. Elit atıcıların, atışın yürütülmesini otomatikleştirmiş olabileceği ve bu nedenle hedefe ateş ederken maksimum görsel dikkate ihtiyaç duymadığı öne sürülmektedir. Bu gözlemler, uzman atıcıların atış sırasında bilişsel işleme miktarını azalttığını ve otomatik mekanizmaların devreye girdiği bir duruma geçtiklerini düşündürmektedir (Loze vd., 2001). Çalışmamızda atış senaryosu yerine dinlenik durum senaryosu gerçekleştirildiğinden dolayı hedef sporları gibi elit sporcuların atış döneminde bilişsel işlemenin azaldığına destek sağlamamaktadır. Fakat yapılan çalışmada elit atıcıların, belirli motor kontrol mekanizmalarını kullanarak daha yüksek bir verimliliğe ulaştığını ve çalışmamızın hipotezini desteklediği görülmektedir. Atıcılarla ilgili çalışmalarla araştırmamız arasında aksi sonuçlar çıkmasının sebebi çalışma esnasında uygulanan görevlerin farklı olmasıyla açıklanabilir. Atıcılar üzerinde uygulanan görev tamamen görsel öğelere ve uyarılmışlığa bağlıyken araştırmamızda gözler kapalı dinlenik durumda EEG alfa genliği incelenmiştir. Bu bilgilere ek olarak oksipito-parietal bölgelerde ortaya çıkan alfa ritmi görsel etkinlik içeren görevlerde arttığı belirtilmiştir (Romei vd., 2010).

Yapılan nörobilimsel çalışmalar nöral verimliliğin aynı zamanda öğrenmenin miktarı ve kalitesinin bir fonksiyonu gibi görüldüğünü öne sürmektedir. Bu kanıtları bütünleştirmekten hareketle, nöral verimliliğin bireylerin (subjektif olarak) düşük ila orta zorluktaki görevlerle karşılaştıklarında ortaya çıkabileceğini ve bunun genellikle frontal beyin bölgeleri için gözlemlenebileceği bilinmektedir (Del Percio vd., 2011). Çalışmamızda frontal bölgede fark çıkmamasının nedeni dinlenik durum (basit görev) ve diğer çalışmalara kıyasla uyarıcı kullanılmaması olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca bu durum daha kolay yeni bilişsel görevler veya katılımcıların görevle başa çıkmak için uygun (verimli) stratejiler geliştirmelerine izin veren yeterli pratikten sonra geçerli olduğu da düşünülmektedir. Karmaşık görevlerde, daha yetenekli bireylerin beyin kaynaklarına daha fazla yatırım yaptığı ve bu durumun beyin kullanımı ile bilişsel yetenek arasında olumlu bir ilişkiye neden olduğu gözlemlenmektedir.

Beyin yapısının topografik özellikleri ile işlevsel beyin kullanımı arasındaki ilişki, bireysel farklılıklar bağlamında bilişsel yetenekler ve zekâ açısından incelenmelidir. Uzun vadeli eğitim deneyleri, beyin yapısındaki değişikliklerin beyin aktivasyonu üzerindeki etkilerini ve genetik olarak belirlenmiş zekâ ile ilişkilendirilen beyin yapılarındaki bireysel farklılıkları anlamak için önemlidir. Özellikle prefrontal korteksin genetik olarak belirlenmiş olduğu düşünüldüğünde, gri madde miktarı ile diğer esnek bölgeler arasındaki etkileşim anlaşılmalıdır. Bu değişikliklerin performans üzerindeki etkileri araştırılmalıdır. Elit

sporcuların zorlayıcı bilişsel görevlerde güçlü beyin aktivasyonuna sahip olma eğiliminde olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca, daha fazla sinaps ve dendrit bağlantısına sahip bölgelerin daha az enerji harcayabileceği düşünülebilir. Son olarak, öğrenme ve uzmanlık kazanma süreçlerinin kişilik, motivasyon ve bireysel ilgi gibi faktörlerle ilişkisi hala anlaşılamamıştır. Bu nedenle, bu kavramların beyin temsilleri ve bilişsel işlemlerle nasıl etkileşime girebileceğini anlamak için nörofizyolojik çalışmalara ihtiyaç vardır.



Öneriler

- Gelecekte yapılan çalışmalarda farklı spor branşlarında göz açık ve kapalı dinlenik durumlar arasındaki farklılıkların karşılaştırması yapılabilir.
- Farklı nörogörüntüleme teknikleriyle (fNIRS-fMRI vb.) dinlenik durum ve çeşitli görevlere dayalı (ERP) ölçüm ve analizler yapılabilir.
- Spor branşlarına özgü bilişsel testler kullanılarak sporcuların ilgili bilişsel test esnasında serebral korteks aktivitesi analiz edilebilir.
- Çalışmamızda kullanılan göz kapalı dinlenik durum alfa max genliği yerine farklı görevlerde TRPD (Olayla İlişkili Osilasyon Azalması), TRPI (Olayla İlişkili Osilasyon Artışı), ERS (Olayla İlişkili Senkronizasyon), ERD (Olayla İlişkili Desenkronizasyon) ve çeşitli dalgaların birbirine oranı (Alfa-Teta) gibi hesaplama yöntemleri kullanılabilir.
- Bilişsel süreçlerin yoğun olduğu spor branşlarıyla nispeten daha az bilişsel süreçleri içeren spor branşları sınıflandırılarak birbiriyle çeşitli hesaplama yöntemleri vasıtasıyla karşılaştırılabilir.
- Nöral verimlilik hipotezinin daha sağlam verilere dayandırılabilmesi için katılımcı sayısı artırılarak geniş ölçekli araştırmalar uygulanabilir.
- Sporcuların nöral verimlilik düzeyleri ve bilişsel yetenekleri çeşitli nörogörüntüleme yöntemleri ve bilişsel testlerle ölçüldükten sonra neurofeedback ve biofeedback müdahale programları uygulanabilir. Daha sonra bu müdahale programlarının olası etkileri son testlerle tespit edilebilir.
- Bilişsel olarak zorlayıcı görevler sırasında beyin etkinliğinin verimli kullanımının kişilik özellikleri ile ilişkisinin karşılaştırıldığı çalışmalar yapılabilir.
- Genetik olarak belirlenmiş zekâ ile ilişkili olan beyin yapılarında bireysel farklılıkların incelendiği çalışmalar yapılabilir.

KAYNAKÇA

- Ağduman, F., & Bedir, D. (2023). From past to present the most mysterious olympic sport: A review of curling sport. *The Online Journal of Recreation and Sports*, 12(3), 314-325.
- Aglioti, S. M., Cesari, P., Romani, M., & Urgesi, C. (2008). Action anticipation and motor resonance in elite basketball players. *Nature neuroscience*, 11(9), 1109-1116.
- Allard, F., Graham, S., & Paarsalu, M. E. (1980). Perception in sport: Basketball. *Journal of sport and exercise psychology*, 2(1), 14-21.
- Atwood, H. L., & MacKay, W. A. (1989). Essentials of neurophysiology. (No Title).
- Aydemir, Ö., & Kayıkçıoğlu, T. (2009). EEG tabanlı beyin bilgisayar arayüzleri. *Akademik Bilişim*, 9, 11-13.
- Aydın, G. (2023). *Spor kulübü logolarında uygulanan debranding stratejisinin bireyler üzerindeki nörofizyolojik yanıtlarının incelenmesi* (Tez No. 838934) [Atatürk Üniversitesi-Erzurum]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Babiloni, C., Del Percio, C., Rossini, P. M., Marzano, N., Iacoboni, M., Infarinato, F., Lizio, R., Piazza, M., Pirritano, M., & Berlutti, G. (2009). Judgment of actions in experts: a high-resolution EEG study in elite athletes. *Neuroimage*, 45(2), 512-521.
- Babiloni, C., Marzano, N., Infarinato, F., Iacoboni, M., Rizza, G., Aschieri, P., Cibelli, G., Soricelli, A., Eusebi, F., & Del Percio, C. (2010). "Neural efficiency" of experts' brain during judgment of actions: a high-resolution EEG study in elite and amateur karate athletes. *Behavioural brain research*, 207(2), 466-475.
- Balim, M. A., & Acir, N. (2018, November). 8 Channel Mobile EEG Measurement Device Design. In *2018 Medical Technologies National Congress (TIPTEKNO)* (pp. 1-4). Ieee.
- Bandettini, P. A. (2009). What's new in neuroimaging methods? *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1156(1), 260-293.
- Bard, C., Fleury, M., & Goulet, C. (1994). Relationship between perceptual strategies and response adequacy in sport situations. *International Journal of Sport Psychology*.
- Baumeister, J., Reinecke, K., Liesen, H., & Weiss, M. (2008). Cortical activity of skilled performance in a complex sports related motor task. *European journal of applied physiology*, 104, 625-631.
- Bear, M., Connors, B., & Paradiso, M. A. (2020). *Neuroscience: Exploring the brain, enhanced edition: exploring the brain*. Jones & Bartlett Learning.
- Bedir, D., Ağduman, F., Bedir, F., & Erhan, S. E. (2023). The mediator role of communication skill in the relationship between empathy, team cohesion, and competition performance in curlers. *Frontiers in Psychology*, 14, 1115402.
- Belgin, E., & Şahlı, A. (2015). Temel radyoloji. *Baskı. Ankara, Güneş Tıp Yayınevi*, 103-105.
- Benli, M. (2020). *Pet-CT Nedir? Neden ve Nasıl Çekilir?*. Retrieved 25.06.2023 from <https://www.florence.com.tr/pet-ct>.
- Berger, H. (1929). Über das elektroencephalogramm des menschen. *Archiv für psychiatrie und nervenkrankheiten*, 87(1), 527-570.

- Berger, H. (2023). *Wikimedia Commons*. Retrieved 25.07.2023 from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HansBerger_Univ_Jena.jpeg.
- Berti, B., Momi, D., Sprugnoli, G., Neri, F., Bonifazi, M., Rossi, A., Muscettola, M. M., Benocci, R., Santarnecchi, E., & Rossi, S. (2019). Peculiarities of functional connectivity—including cross-modal patterns—in professional karate athletes: Correlations with cognitive and motor performances. *Neural plasticity*, 2019.
- Bickford, R. D. (1987). Electroencephalography: Encyclopedia of neuroscience. In: Birkhäuser.
- Bradley, J. L. (2009). The sports science of curling: a practical review. *Journal of sports science & medicine*, 8(4), 495.
- Brain Products. (2023a). *EEG Başlığı ve Amplifikatörü*. Retrieved 11.08.2023 from <https://www.brainproducts.com/solutions/actichamp/>.
- Brain Products. (2023b). *32 kanallı EEG elektrotları*. Retrieved 11.08.2023 from <https://www.brainproducts.com/solutions/acticap/>.
- Brain Products. (2023c). *BrainVision kayıt ekranı*. Retrieved 11.08.2023 from <https://www.brainproducts.com/solutions/recorder/>.
- Brain Products. (2023d). *Vision Recorder programının arayüzü*. Retrieved 12.08.2023 from <https://www.brainproducts.com/solutions/analyzer/>.
- Canbazoglu, M. (2019). *Transkranial Manyetik Stimülasyon (TMS-TMU) Tedavisi Nedir?*. Retrieved 07.08.2023 from <https://www.psikiyatribursa.com/hizmetlerimiz/tms-tmu/74-transkranial-manyetik-stimulasyon-tms-tmu-tedavisi-nedir.html>.
- Carter, R. (2019). *The brain book: An illustrated guide to its structure, functions, and disorders*. Dorling Kindersley Ltd.
- Chalke, F., & Ertl, J. (1965). Evoked potentials and intelligence. *Life Sciences*.
- Charlot, V., Tzourio, N., Zilbovicius, M., Mazoyer, B., & Denis, M. (1992). Different mental imagery abilities result in different regional cerebral blood flow activation patterns during cognitive tasks. *Neuropsychologia*, 30(6), 565-580.
- Cheron, G., Petit, G., Cheron, J., Leroy, A., Cebolla, A., Cevallos, C., Petieau, M., Hoellinger, T., Zarka, D., & Clarinval, A.-M. (2016). Brain oscillations in sport: Toward EEG biomarkers of performance. *Frontiers in Psychology*, 7, 246.
- Coenen, A., & Zayachkivska, O. (2013). Adolf Beck: A pioneer in electroencephalography in between Richard Caton and Hans Berger. *Advances in cognitive psychology*, 9(4), 216.
- Cohen, M. X. (2014). *Analyzing neural time series data: Theory and practice*. MIT press.
- Cohen, M. X. (2017). Where does EEG come from and what does it mean? *Trends in Neurosciences*, 40(4), 208-218.
- Comani, S., Bortoli, L., Di Fronso, S., Fiho, E., De Marchis, C., Schmid, M., Conforto, S., Robazza, C., & Bertollo, M. (2014). ERD/ERS patterns of shooting performance within the multi-action plan model. XIII Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing 2013: MEDICON 2013, 25-28 September 2013, Seville, Spain,
- Costanzo, M. E., VanMeter, J. W., Janelle, C. M., Braun, A., Miller, M. W., Oldham, J., Russell, B. A., & Hatfield, B. D. (2016). Neural efficiency in expert cognitive-motor performers during affective challenge. *Journal of motor behavior*, 48(6), 573-588.

- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.
- Crews, D. J., & 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.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 19(4), 450-466.
- Davids, K., Williams, A. M., & Williams, J. G. (2005). *Visual perception and action in sport*. Routledge.
- Del Percio, C., Babiloni, C., Bertollo, M., Marzano, N., Iacoboni, M., Infarinato, F., Lizio, R., Stocchi, M., Robazza, C., & Cibelli, G. (2009). Visuo-attentional and sensorimotor alpha rhythms are related to visuo-motor performance in athletes. *Human brain mapping*, 30(11), 3527-3540.
- Del Percio, C., Babiloni, C., Marzano, N., Iacoboni, M., Infarinato, F., Vecchio, F., Lizio, R., Aschieri, P., Fiore, A., & Toràn, G. (2009). "Neural efficiency" of athletes' brain for upright standing: a high-resolution EEG study. *Brain research bulletin*, 79(3-4), 193-200.
- Del Percio, C., Infarinato, F., Marzano, N., Iacoboni, M., Aschieri, P., Lizio, R., Soricelli, A., Limatola, C., Rossini, P. M., & Babiloni, C. (2011). Reactivity of alpha rhythms to eyes opening is lower in athletes than non-athletes: a high-resolution EEG study. *International Journal of Psychophysiology*, 82(3), 240-247.
- Del Percio, C., Rossini, P. M., Marzano, N., Iacoboni, M., Infarinato, F., Aschieri, P., Lino, A., Fiore, A., Toran, G., & Babiloni, C. (2008). Is there a "neural efficiency" in athletes? A high-resolution EEG study. *Neuroimage*, 42(4), 1544-1553.
- Demir, S. (2021). *EEG Tabanlı Fonksiyonel Beyin Ağlarının Aritmetik Başarı ve Cinsiyet Açısından İncelenmesi*
- Di Fronso, S., Fiedler, P., Tamburro, G., Haueisen, J., Bertollo, M., & Comani, S. (2019). Dry EEG in sports sciences: A fast and reliable tool to assess individual alpha peak frequency changes induced by physical effort. *Frontiers in neuroscience*, 982.
- Di Russo, F., Pitzalis, S., Aprile, T., & Spinelli, D. (2005). Effect of practice on brain activity: An investigation in top-level rifle shooters. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(9), 1586.
- Dumlu, Y. (2015). *15-16 yaş arası curling sporcularının bazı fiziksel ve biyomotor özelliklerinin araştırılması* [Sağlık Bilimleri Enstitüsü].
- Duru, A. D., Balcioğlu, T. H., Özcan Çakır, C. E., & Göksel Duru, D. (2020). Acute changes in electrophysiological brain dynamics in elite karate players. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Electrical Engineering*, 44, 565-579.
- Fattapposta, F., Amabile, G., Cordischi, M., Di Venanzio, D., Foti, A., Pierelli, F., D'Alessio, C., Pigozzi, F., Parisi, A., & Morrocutti, C. (1996). Long-term practice effects on a new skilled motor learning: An electrophysiological study. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 99(6), 495-507.
- Federation, W. C. (2023a). *The Rules of Curling*. Retrieved 22.06.2023 from https://s3.eu-west-1.amazonaws.com/media.worldcurling.org/media.worldcurling.org/wcf_worldcurling/2023/07/28122449/2023-The-Rules-of-Curling.pdf.

- Federation. W. C. (2023b). *Sheet Measurements*. Retrieved 22.07.2023 from https://s3.eu-west-1.amazonaws.com/media.worldcurling.org/media.worldcurling.org/wcf_worldcurling/2020/10/01165359/Sheet-measurements.pdf.
- Ferrari, M., & Quaresima, V. (2012). A brief review on the history of human functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) development and fields of application. *Neuroimage*, 63(2), 921-935.
- Fisch, B. J., & Spehlmann, R. (1991). Spehlmann's EEG primer. (*No Title*).
- Fornito, A., Zalesky, A., & Bullmore, E. (2016). *Fundamentals of brain network analysis*. Academic press.
- Gallicchio, G., Cooke, A., & Ring, C. (2017). Practice makes efficient: Cortical alpha oscillations are associated with improved golf putting performance. *Sport, exercise, and performance psychology*, 6(1), 89.
- Gevins, A., Smith, M. E., McEvoy, L., & Yu, D. (1997). High-resolution EEG mapping of cortical activation related to working memory: Effects of task difficulty, type of processing, and practice. *Cerebral cortex (New York, NY: 1991)*, 7(4), 374-385.
- Goswami, U. (2004). Neuroscience and education. *British journal of Educational psychology*, 74(1), 1-14.
- Gourgouvelis, J., Yilder, P., & Murphy, B. (2017). Exercise promotes neuroplasticity in both healthy and depressed brains: an fMRI pilot study. *Neural plasticity*, 2017.
- Grabner, R. H., Fink, A., Stipacek, A., Neuper, C., & Neubauer, A. C. (2004). Intelligence and working memory systems: evidence of neural efficiency in alpha band ERD. *Cognitive Brain Research*, 20(2), 212-225.
- Gray, J. R., Burgess, G. C., Schaefer, A., Yarkoni, T., Larsen, R. J., & Braver, T. S. (2005). Affective personality differences in neural processing efficiency confirmed using fMRI. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 5, 182-190.
- Guo, Z., Li, A., & Yu, L. (2017). "Neural efficiency" of athletes' brain during visuo-spatial task: An fMRI study on table tennis players. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 11, 72.
- Guyton, A., & Hall, J. (2000). The sense of hearing. *Textbook of medical physiology*, 10th edn. Saunders, Philadelphia, 602-612.
- Güzel, S., Kaya, T., & Güler, H. (2015, May). LabVIEW-based analysis of EEG signals in determination of sleep stages. In *2015 23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* (pp. 799-802). IEEE.
- Haier, R. J., Jung, R. E., Yeo, R. A., Head, K., & Alkire, M. T. (2004). Structural brain variation and general intelligence. *Neuroimage*, 23(1), 425-433.
- Haier, R. J., Jung, R. E., Yeo, R. A., Head, K., & Alkire, M. T. (2005). The neuroanatomy of general intelligence: Sex matters. *NeuroImage*, 25(1), 320-327.
- Haier, R. J., Siegel Jr, B. V., Nuechterlein, K. H., Hazlett, E., Wu, J. C., Paek, J., Browning, H. L., & Buchsbaum, M. S. (1988). Cortical glucose metabolic rate correlates of abstract reasoning and attention studied with positron emission tomography. *Intelligence*, 12(2), 199-217.
- Haier, R. J., Siegel Jr, B. V., Nuechterlein, K. H., Hazlett, E., Wu, J. C., Paek, J., ... & Buchsbaum, M. S. (1988). Cortical glucose metabolic rate correlates of abstract reasoning and attention studied with positron emission tomography. *Intelligence*, 12(2), 199-217.

- Halpern, D. F., & LaMay, M. L. (2000). The smarter sex: A critical review of sex differences in intelligence. *Educational Psychology Review*, 12, 229-246.
- Hamilton, R. H., Chrysikou, E. G., & Coslett, B. (2011). Mechanisms of aphasia recovery after stroke and the role of noninvasive brain stimulation. *Brain and language*, 118(1-2), 40-50.
- Hari, R., & Kujala, M. V. (2009). Brain basis of human social interaction: From concepts to brain imaging. *Physiological reviews*, 89(2), 453-479.
- Harmony, T. (2013). The functional significance of delta oscillations in cognitive processing. *Frontiers in integrative neuroscience*, 7, 83.
- Hatfield, B. D., Landers, D. M., & Ray, W. J. (1984). Cognitive processes during self-paced motor performance: An electroencephalographic profile of skilled marksmen. *Journal of Sport and Exercise psychology*, 6(1), 42-59.
- Haufler, A. J., Spalding, T. W., Santa Maria, D., & Hatfield, B. D. (2000). Neuro-cognitive activity during a self-paced visuospatial task: comparative EEG profiles in marksmen and novice shooters. *Biological psychology*, 53(2-3), 131-160.
- Janelle, C. M., Hillman, C. H., Apparies, R. J., Murray, N. P., Meili, L., Fallon, E. A., & Hatfield, B. D. (2000). Expertise differences in cortical activation and gaze behavior during rifle shooting. *Journal of Sport and Exercise psychology*, 22(2), 167-182.
- Jansen, P. (2008). The importance of neuroscience for the science of sports. *Sportwissenschaft*, 38(1), 24-35.
- Jasper, H. (1958). The 10-20 electrode system of the International Federation. *Electroencephalogr Clin Neuropsychol*, 10, 370-375.
- Jaušovec, N. (1996). Differences in EEG alpha activity related to giftedness. *Intelligence*, 23(3), 159-173.
- Jensen, E. T., & Shegelski, M. R. A. (2004). The motion of curling rocks: Experimental investigation and semi-phenomenological description. *Canadian journal of physics*, 82(10), 791-809.
- Jung, R. E., & Haier, R. J. (2007). The Parieto-Frontal Integration Theory (P-FIT) of intelligence: Converging neuroimaging evidence. *Behavioral and brain sciences*, 30(2), 135-154.
- Kamarajan, C., Porjesz, B., Jones, K. A., Choi, K., Chorlian, D. B., Padmanabhapillai, A., Rangaswamy, M., Stimus, A. T., & Begleiter, H. (2004). The role of brain oscillations as functional correlates of cognitive systems: A study of frontal inhibitory control in alcoholism. *International Journal of Psychophysiology*, 51(2), 155-180.
- Kandel, E. R., Markram, H., Matthews, P. M., Yuste, R., & Koch, C. (2013). Neuroscience thinks big (and collaboratively). *Nature Reviews Neuroscience*, 14(9), 659-664.
- Karasar, N. (2005). Bilimsel araştırma yöntemi (17. Baskı). *Ankara: Nobel yayın dağıtım*, 81-83.
- Keleş, E., & Çepni, S. (2006). Beyin ve öğrenme. *Journal of Turkish Science Education*, 3(2), 66-82.
- Kemik, K., & Ada, E. (2018). Fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme veri analizi ve güvenilirliği. *Türk Radyoloji Dergisi*, 37(3), 39-46.
- Kim, W., Chang, Y., Kim, J., Seo, J., Ryu, K., Lee, E., Woo, M., & Janelle, C. M. (2014). An fMRI study of differences in brain activity among elite, expert, and novice archers at the moment of optimal aiming. *Cognitive and Behavioral Neurology*, 27(4), 173-182.

- Kirk, I. J. (1998). Frequency modulation of hippocampal theta by the supramammillary nucleus, and other hypothalamo-hippocampal interactions: Mechanisms and functional implications. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 22(2), 291-302.
- Kita, Y., Mori, A., & Nara, M. (2001). Two types of movement-related cortical potentials preceding wrist extension in humans. *Neuroreport*, 12(10), 2221-2225.
- Klimesch, W., Doppelmayr, M., & Hanslmayr, S. (2006). Upper alpha ERD and absolute power: Their meaning for memory performance. *Progress in brain research*, 159, 151-165.
- Klimesch, W., Doppelmayr, M., Schimke, H., & Ripper, B. (1997). Theta synchronization and alpha desynchronization in a memory task. *Psychophysiology*, 34(2), 169-176.
- Koç, T. (2022). *MR (EMAR) Nedir?*. Retrieved 03.05.2023 from <https://www.tunckoc.com/mr-nedir>.
- Köktürk, O. (2013). Uyku kayıtlarının skorlanması. *Türk Solunum Araştırma Derneği, Solunum*, 15, 14-29.
- Korkmaz, S. G., Korkmaz, O. E., & Aydemir, Ö. (2022). Matematiksel ve İşitsel Görevlere Dayalı Bilişsel Yorgunluğun EEG Sinyallerinin Gama Bandından Tespiti. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*(41), 6-15.
- Kouali, D., Stewart, N. W., & Hall, C. (2017). The characteristics of cognitive general imagery use in curling. *Hellenic Journal of Psychology*, 14(1), 20-38.
- Kumari, V., Williams, S. C., & Gray, J. A. (2004). Personality predicts brain responses to cognitive demands. *Journal of neuroscience*, 24(47), 10636-10641.
- Kurşunet, D. D. (2019). *Sabâ makam müziğinin theta ve alpha beyin dalgalarına olan etkisi: Bir Nexus-4 EEG çalışması* (Tez No. 557549) [Sakarya Üniversitesi-Sakarya]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Lefaucheur, J. P., Drouot, X., Menard-Lefaucheur, I., Keravel, Y., & Nguyen, J. P. (2006). Motor cortex rTMS restores defective intracortical inhibition in chronic neuropathic pain. *Neurology*, 67(9), 1568-1574.
- Lewine, J., Baldwin, N., & Bucholz, R. (1997). Preoperative localization of sensorimotor cortex by combined magnetoencephalography and magnetic resonance imaging: intraoperative validation. *J Neurosurg*.
- Li, L., & Smith, D. M. (2021). Neural efficiency in athletes: A systematic review. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 15, 698555.
- Logothetis, N. K. (2008). What we can do and what we cannot do with fMRI. *Nature*, 453(7197), 869-878.
- Loze, G. M., Collins, D., & Holmes, P. S. (2001). Pre-shot EEG alpha-power reactivity during expert air-pistol shooting: A comparison of best and worst shots. *Journal of sports sciences*, 19(9), 727-733.
- Luders, E., Narr, K. L., Thompson, P. M., Rex, D. E., Jancke, L., Steinmetz, H., & Toga, A. W. (2004). Gender differences in cortical complexity. *Nature neuroscience*, 7(8), 799-800.
- Mariani, G., Bruselli, L., & Duatti, A. (2008). Is PET always an advantage versus planar and SPECT imaging? *European journal of nuclear medicine and molecular imaging*, 35, 1560-1565.
- Mars, R. B., Jbabdi, S., Sallet, J., O'Reilly, J. X., Croxson, P. L., Olivier, E., Noonan, M. P., Bergmann, C., Mitchell, A. S., & Baxter, M. G. (2011). Diffusion-weighted imaging tractography-based parcellation of the human parietal cortex and comparison with

- human and macaque resting-state functional connectivity. *Journal of Neuroscience*, 31(11), 4087-4100.
- Morris, R., & Fillenz, M. (2003). Neurociencias. La ciencia del cerebro. *Liverpool: The British Neuroscience Association*.
- Neubauer, A. C., & Fink, A. (2003). Fluid intelligence and neural efficiency: effects of task complexity and sex. *Personality and Individual Differences*, 35(4), 811-827.
- Neubauer, A. C., & Fink, A. (2009). Intelligence and neural efficiency. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 33(7), 1004-1023.
- Neubauer, A. C., Sange, G., & Pfurtscheller, G. (1999). Psychometric intelligence and event-related desynchronization during performance of a letter matching task. In *Event-Related Desynchronization. Handbook of Electroenceph. and Clin. Neurophysiol.* (pp. 219-231). Elsevier BV.
- Neuper, C., Grabner, R. H., Fink, A., & Neubauer, A. C. (2005). Long-term stability and consistency of EEG event-related (de-) synchronization across different cognitive tasks. *Clinical Neurophysiology*, 116(7), 1681-1694.
- Niedermeyer, E., & da Silva, F. H. L. (2005). *Electroencephalography: Basic principles, clinical applications, and related fields*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Nishifuji, S., Sato, M., Maino, D., & Tanaka, S. (2010). Effect of acoustic stimuli and mental task on alpha, beta and gamma rhythms in brain wave. *Proceedings of SICE Annual Conference*.
- Nunez, P. L. (1995). Neocortical dynamics and human EEG rhythms. (*No Title*).
- Orrison Jr, W. W. (2000). Magnetic source imaging in stereotactic and functional neurosurgery. *Stereotactic and Functional Neurosurgery*, 72(2-4), 89-94.
- Özdemir, K., & Şebin, K. (2020). Buz Sporlarının Satrancı: Curling'in Tarihsel Yolculuğu. *Journal of History School (JOHS)*.
- Pang, X., & Zhang, Z. (2022). A Comparative Study on the Construction of Special Psychological Ability Indexes of Curling Male Athletes. *International Journal of Physical Activity and Health*, 1(2), 2.
- Park, J. L., Fairweather, M. M., & Donaldson, D. I. (2015). Making the case for mobile cognition: EEG and sports performance. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 52, 117-130.
- Pehlivan, Z., & Konukman, F. (2004). Fair-play kavraminin geliştirilmesinde okul sporunun yeri ve önemi. *Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 2(2), 49-53.
- Pezer, V. (2008). Smart curling: how to perfect your game through mental training. (*No Title*).
- Pfurtscheller, G., Flotzinger, D., & Neuper, C. (1994). Differentiation between finger, toe and tongue movement in man based on 40 Hz EEG. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 90(6), 456-460.
- Posner, M. I., & Mitchell, R. F. (1967). Chronometric analysis of classification. *Psychological review*, 74(5), 392.
- Posthuma, D., De Geus, E. J., Baaré, W. F., Pol, H. E. H., Kahn, R. S., & Boomsma, D. I. (2002). The association between brain volume and intelligence is of genetic origin. *Nature neuroscience*, 5(2), 83-84.

- Prat, C. S., Keller, T. A., & Just, M. A. (2007). Individual differences in sentence comprehension: A functional magnetic resonance imaging investigation of syntactic and lexical processing demands. *Journal of cognitive neuroscience*, 19(12), 1950-1963.
- Quaresima, V., & Ferrari, M. (2019). A mini-review on functional near-infrared spectroscopy (fNIRS): where do we stand, and where should we go? *Photonics*,
- Quarta, E., Cohen, E., Bravi, R., & Minciocchi, D. (2020). Future portrait of the athletic brain: mechanistic understanding of human sport performance via animal neurophysiology of motor behavior. *Frontiers in systems neuroscience*, 14, 1-12.
- Raichle, M. E., & Mintun, M. A. (2006). Brain work and brain imaging. *Annu. Rev. Neurosci.*, 29, 449-476.
- Ratiu, P., Talos, I.-F., Haker, S., Lieberman, D., & Everett, P. (2004). The tale of Phineas Gage, digitally remastered. *Journal of neurotrauma*, 21(5), 637-643.
- Reichle, E. D., Carpenter, P. A., & Just, M. A. (2000). The neural bases of strategy and skill in sentence-picture verification. *Cognitive psychology*, 40(4), 261-295.
- Rito Lima, I., Haar, S., Di Grassi, L., & Faisal, A. A. (2020). Neurobehavioural signatures in race car driving: A case study. *Scientific reports*, 10(1), 11537.
- Rojas, G. M., Alvarez, C., Montoya, C. E., De la Iglesia-Vaya, M., Cisternas, J. E., & Gálvez, M. (2018). Study of resting-state functional connectivity networks using EEG electrodes position as seed. *Frontiers in neuroscience*, 12, 235.
- Romei, V., Gross, J., & Thut, G. (2010). On the role of prestimulus alpha rhythms over occipito-parietal areas in visual input regulation: correlation or causation? *Journal of Neuroscience*, 30(25), 8692-8697.
- Rossi, S., Antal, A., Bestmann, S., Bikson, M., Brewer, C., Brockmüller, J., Carpenter, L. L., Cincotta, M., Chen, R., & Daskalakis, J. D. (2021). Safety and recommendations for TMS use in healthy subjects and patient populations, with updates on training, ethical and regulatory issues: Expert Guidelines. *Clinical Neurophysiology*, 132(1), 269-306.
- Rubinov, M., & Sporns, O. (2010). Complex network measures of brain connectivity: Uses and interpretations. *Neuroimage*, 52(3), 1059-1069.
- Ruff, C. C., Knauff, M., Fangmeier, T., & Spreer, J. (2003). Reasoning and working memory: Common and distinct neuronal processes. *Neuropsychologia*, 41(9), 1241-1253.
- Rypma, B., Berger, J. S., & D'esposito, M. (2002). The influence of working-memory demand and subject performance on prefrontal cortical activity. *Journal of cognitive neuroscience*, 14(5), 721-731.
- Rypma, B., Berger, J. S., Genova, H. M., Rebbechi, D., & D'Esposito, M. (2005). Dissociating age-related changes in cognitive strategy and neural efficiency using event-related fMRI. *Cortex*, 41(4), 582-594.
- Sanei, S., & Chambers, J. A. (2013). *EEG signal processing*. John Wiley & Sons.
- Sarnthein, J., Petsche, H., Rappelsberger, P., Shaw, G., & Von Stein, A. (1998). Synchronization between prefrontal and posterior association cortex during human working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(12), 7092-7096.
- Savoy, R. L. (2001). History and future directions of human brain mapping and functional neuroimaging. *Acta psychologica*, 107(1-3), 9-42.

- Schaefer, A., Braver, T. S., Reynolds, J. R., Burgess, G. C., Yarkoni, T., & Gray, J. R. (2006). Individual differences in amygdala activity predict response speed during working memory. *Journal of Neuroscience*, 26(40), 10120-10128.
- Shriram, R., Sundhararajan, M., & Daimiwal, N. (2013). EEG based cognitive workload assessment for maximum efficiency. *Int. Organ. Sci. Res. IOSR*, 7, 34-38.
- Sleight, J., Pillai, P., & Mohan, S. (2009). Classification of executed and imagined motor movement EEG signals. *Ann Arbor: University of Michigan*, 110.
- Smith, M. E., McEvoy, L. K., & Gevins, A. (1999). Neurophysiological indices of strategy development and skill acquisition. *Cognitive Brain Research*, 7(3), 389-404.
- Solso, R., Maclin, M., & Maclin, O. (2011). Nörofizyolojik Değerlendirme Teknikleri. *Bilişsel Psikoloji Kitabı*, 60-70.
- Starkes, J. L. (1987). Skill in field hockey: The nature of the cognitive advantage. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 9(2), 146-160.
- Starkes, J. L., & Allard, F. (1983). Perception in volleyball: The effects of competitive stress. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 5(2), 189-196.
- Sürmeli, T. (2010). *Beynin iyileştirme gücü*. Nobel Tıp Kitabevleri.
- Talip, M. S., & John, L. (2014). Sport expertise: the role of precise timing of verbal-analytical engagement and the ability to detect visual cues. *Perception*, 43(4), 316-332.
- Tamminen, K. A., & Crocker, P. R. E. (2013). "I control my own emotions for the sake of the team": Emotional self-regulation and interpersonal emotion regulation among female high-performance curlers. *Psychology of sport and exercise*, 14(5), 737-747.
- Thatcher, R. W., Walker, R. A., Gerson, I., & Geisler, F. H. (1989). EEG discriminant analyses of mild head trauma. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 73(2), 94-106.
- Türköl, A. (2018). *MEG(Manyetoensefalografi)*. Retrieved 03.05.2023 from <https://tiptamuhendislik.wordpress.com/2018/01/06/megmanyetoensefalografi/>.
- Tyner, F. S., & Knott, J. R. (1983). *Fundamentals of EEG Technology: Basic concepts and methods* (Vol. 1). Lippincott Williams & Wilkins.
- Üngüren, E. (2015). Beynin nöroanatomik ve nörokimsal yapısının kişilik ve davranış üzerindeki etkisi. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 7(1).
- Valenzuela, M. J., & Sachdev, P. (2001). Magnetic resonance spectroscopy in AD. *Neurology*, 56(5), 592-598.
- Vickers, J. N., & Williams, A. M. (2017). The role of mental processes in elite sports performance. In *Oxford research encyclopedia of psychology*.
- Vilberg, K. L., & Rugg, M. D. (2008). Memory retrieval and the parietal cortex: A review of evidence from a dual-process perspective. *Neuropsychologia*, 46(7), 1787-1799.
- Vitouch, O., Bauer, H., Gittler, G., Leodolter, M., & Leodolter, U. (1997). Cortical activity of good and poor spatial test performers during spatial and verbal processing studied with slow potential topography. *International Journal of Psychophysiology*, 27(3), 183-199.
- Vogt, S., Buccino, G., Wohlschläger, A. M., Canessa, N., Shah, N. J., Zilles, K., Eickhoff, S. B., Freund, H.-J., Rizzolatti, G., & Fink, G. R. (2007). Prefrontal involvement in imitation learning of hand actions: effects of practice and expertise. *Neuroimage*, 37(4), 1371-1383.

- Wang, K.-P., Cheng, M.-Y., Chen, T.-T., Huang, C.-J., Schack, T., & Hung, T.-M. (2020). Elite golfers are characterized by psychomotor refinement in cognitive-motor processes. *Psychology of sport and exercise*, 50, 101739.
- Ward, N. S., Brown, M. M., Thompson, A. J., & Frackowiak, R. S. J. (2003). Neural correlates of motor recovery after stroke: A longitudinal fMRI study. *Brain*, 126(11), 2476-2496.
- Weeks, B. (2020). *Curling for dummies*. John Wiley & Sons.
- Westlund S. N., Kouali, D., & Hall, C. (2017). Functions and situations associated with cognitive general imagery use. *Imagination, Cognition and Personality*, 37(1), 23-44.
- Wu, Y., Zeng, Y., Zhang, L., Wang, S., Wang, D., Tan, X., Zhu, X., & Zhang, J. (2013). The role of visual perception in action anticipation in basketball athletes. *Neuroscience*, 237, 29-41.
- Xiang, Y., Tanaka, Y., Patterson, B., Kang, Y.-J., Govindaiah, G., Roselaar, N., Cakir, B., Kim, K.-Y., Lombroso, A. P., & Hwang, S.-M. (2017). Fusion of regionally specified hPSC-derived organoids models human brain development and interneuron migration. *Cell stem cell*, 21(3), 383-398. e387.
- Yalçın, S. (2021). *Bireysel ve takım sporcularının motor imgeleme yeteneklerinin prefrontal korteks aktivitesi ve dikkat değişkenleri ile incelenmesi*. (Tez No. 557549) [Akdeniz Üniversitesi- Antalya]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Yarimoğlu, Ş. I. (2020). *Stroop etkisinde seçici dikkat ve dikkat eksikliği-eeg frekans bantları*. (Tez No. 638922) [Üsküdar Üniversitesi-İstanbul]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Yarrow, K., Brown, P., & Krakauer, J. W. (2009). Inside the brain of an elite athlete: The neural processes that support high achievement in sports. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(8), 585-596.
- Yücelgen, M. (2018). *Sinirbilimin mitolojik kahramanı: Phineas Gage vakası*. Retrieved 09.07.2023 from <https://bilimvegelecek.com.tr/index.php/2018/10/10/sinirbilimin-mitolojik-kahramani-phineas-gage-vakasi/>.
- Zhang, X., D'Arcy, R., Chen, L., Xu, M., Ming, D., & Menon, C. (2020). The Feasibility of Longitudinal Upper Extremity Motor Function Assessment Using EEG. *Sensors*, 20(19), 5487.
- Zhang, X., Yao, L., Wang, X., Monaghan, J., Mcalpine, D., & Zhang, Y. (2019). A survey on deep learning based brain computer interface: Recent advances and new frontiers. *arXiv preprint arXiv:1905.04149*, 66.

EKLER

EK 1. Etik Kurul Onayı



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Spor Bilimleri Fakültesi Dekanlığı

Sayı : E-70400699-000-2300022389
Konu : Etik Kurul Kararı

19.01.2023

DAĞITIM YERLERİNE

Fakültemiz Etik Kurulunun 17.01.2023 tarihli oturumunda alınan E-70400699-050.02.04-2300020412 sayılı, 2023/1 Fakülte Etik Kurulu Kararları konulu belgede yer alan karar metni aşağıya çıkarılmıştır.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Karar 5: Kış Sporları ve Spor Bilimleri Enstitüsü Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına kayıtlı Orhun YÜCE'nin "Elit ve Amatör Curling Sporcularının Dinlenik Durum EEG Sinyallerinin Karşılaştırılması" başlıklı çalışma isteği ile ilgili yazısı ve ekleri incelendi.

Yapılan görüşmelerden sonra; adı geçen araştırma çalışmasının yürütülmesinin, etik kurallarına uygun olduğuna, oy birliği ile karar verildi.

Prof.Dr. Necip Fazıl KİŞHALI
Alt Kurul Başkanı

Dağıtım:

Gereği:

Sayın Dr. Öğr. Üyesi Fatih AĞDUMAN
Orhun YÜCE

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Doğrulama Kodu: 74ae6e5f-2a51-4257-8f78-8fc5e30d8ae1
Atatürk Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Dekanlığı 25240
Erzurum
Tel: +90 442 2311380
Elektronik Ad: <http://www.atauni.edu.tr/#besyo>
Kep Adresi: atauni@tr01.kep.tr

Doğrulama Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/ataturk-universitesi-ebys>

Bilgi: Özer TOPAL
Faks: +90 442 2311333
E-Posta: besyo@atauni.edu.tr



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Orhun YÜCE
Doğum tarihi	
Doğum yeri	
Medeni hali	
Uyruğu	
Adres	
Tel	
E-mail	
Eğitim	
Lisans:	
Yüksek Lisans:	
Yabancı Dil:	