



T.C.

**BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI

**SATRAHÇ SPORCULARINA MÜSABAKA ESNASINDA UYGULANAN
TRANSKRANİYAL DOĞRU AKIM STİMÜLASYONUNUN KALP ATIM HIZI
DEĞİŞKENLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Merve Begüm ENGİN

0000-0003-4994-5083

BURSA - 2024



T.C.

**BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI

**SATRAŇ SPORCULARINA MÜSABAKA ESNASINDA UYGULANAN
TRANSKRANİYAL DOĞRU AKIM STİMÜLASYONUNUN KALP ATIM HIZI
DEĞİŞKENLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Merve Begüm ENGİN

0000-0003-4994-5083

Danışman

Doç.Dr. Recep GÖRGÜLÜ

BURSA/2024

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim.

Merve Begüm ENGİN

05/08/2024



EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA BENZERLİK YAZILIM RAPORU

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih:05/08/2024

Tez Başlığı/Konusu:“Satranç Sporcularına Müsabaka Esnasında Uygulanan Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonunun Kalp Atım Hızı Değişkenliği Üzerine Etkisinin İncelenmesi”

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam xvi +97 sayfalık kısmına ilişkin, 05/08/2024 tarihinde şahsım tarafından *Turnitin* adlı intihal (benzerlik) tespit programından (*Turnitin*)* aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan özgünlük raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 17’dir.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/dahil
- 3- 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Bursa Uludağ Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Özgünlük Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları’nı inceledim ve bu Uygulama Esasları’nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal (benzerlik) içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza

05/08/2024

Adı Soyadı: Merve Begüm ENGİN
Öğrenci No: 811910003
Anabilim Dalı: BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR
Programı: BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ÖĞRETMENLİĞİ
Statüsü: ☐ Y.Lisans ☒ Doktora

Danışman
Doç. Dr. Recep GÖRGÜLÜ

TEZ YAZIM KILAVUZUNA UYGUNLUK ONAYI

"Satranç Sporcularına Müsabaka Esnasında Uygulanan Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonunun Kalp Atım Hızı Değişkenliği Üzerine Etkisinin İncelenmesi" adlı Doktora tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan
Merve Begüm ENGİN

Danışman
Doç. Dr. Recep GÖRGÜLÜ

Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalı Başkanı

Prof. Dr. Nimet HAŞIL KORKMAZ

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE,

Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalı'nda 811910003 numara ile kayıtlı Merve Begüm ENGİN'in hazırladığı "Satranç Sporcularına Müsabaka Esnasında Uygulanan Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonunun Kalp Atım Hızı Değişkenliği Üzerine Etkisinin İncelenmesi." konulu Doktora çalışması ile ilgili tez savunma sınavı, 27/08/2024 günü 11:30-12:30 saatleri arasında yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin/çalışmasının **(başarılı/başarısız)** olduğuna **(oybirliği/oy çokluğu)** ile karar verilmiştir.

Sınav Komisyonu Başkanı

Prof. Dr. Muhsin HAZAR
Gazi Üniversitesi

Üye

Doç. Dr. Recep GÖRGÜLÜ
Bursa Uludağ Üniversitesi

Üye

Prof. Dr. Ramiz ARABACI
Bursa Uludağ Üniversitesi

Üye

Prof.Dr. Şenay ŞAHİN
Bursa Uludağ Üniversitesi

Üye

Prof.Dr. İlhan ADILOĞULLARI
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

ÖNSÖZ

Doktora eğitim sürecimde beni sabırla ve itinayla yönlendiren değerli danışmanım Doç.Dr. Recep GÖRGÜLÜ'ye, çalışmanın her aşamasında yardımlarını benden esirgemeyen sevgili arkadaşım Arş.Gör. Hilal ORUÇ'a, hayatımın tüm dönemlerinde beni her konuda destekleyen sevgili aileme ve her kararında arkamda olan en değerlim hayat arkadaşım Ali ÇİRLİ'ye sonsuz teşekkürler.

ÖZET

Yazar	Merve Begüm ENGİN
Üniversite	Bursa Uludağ Üniversitesi
Enstitü	Eğitim Bilimleri Enstitüsü
Ana Bilim Dalı	Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalı
Tezin Niteliği	Doktora Tezi
Sayfa Sayısı	xv + 97
Mezuniyet Tarihi	27/08/2024
Danışmanı	Doç. Dr. Recep GÖRGÜLÜ

SATRANÇ SPORCULARINA MÜSABAKA ESNASINDA UYGULANAN TRANSKRANİYAL DOĞRU AKIM STİMÜLASYONUNUN KALP ATIM HIZI DEĞİŞKENLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Satranç, içerisinde bilişsel süreçler barındıran ve günlük yaşama entegre edilebilen çok yönlü bir spordur. Günlük yaşamda olduğu gibi satranç oyununda da, karşılaşılan durumlar değerlendirilip gerekli hesaplamalar yapılır ve probleme özgü en doğru hamleyi yapmak hedeflenir. Bu yönüyle satranç, bilişsel süreçlerden sorumlu olan prefrontal korteks etkinliğini artırmaya yardımcı olabilmektedir. Bilişsel süreçlerin anlaşılması ve geliştirilmesiyle ilişkilendirilen mekanizmalardan biri ise otonom sinir sistemi (OSS) aktivitesidir. OSS'deki sempatik ve parasempatik aktivitenin yordanmasında kullanılan ve psikofizyolojik bir parametre olan kalp atım hızı değişkenliği (KAHD), kalp-beyin etkileşiminin göstergesi niteliğindedir. Bu etkileşim esas alındığında, nöromodilasyon yöntemleri ile OSS aktivasyonu düzenlenerek analitik düşünme ve problem çözme gibi önemli bilişsel süreçleri içeren satranç ve benzeri zihinsel performans unsurlarının gelişimine katkı sunulabilir. Bu nedenle araştırmanın amacı, satranç performansı sırasında uygulanan transkraniyal doğru akım stimülasyonunun (tDAS) kalp atım hızı değişkenliği üzerindeki etkilerini incelemektir.

Araştırmaya, 18-30 yaş aralığında (*ort*: 21.76), 18 kadın; 32 erkek olmak üzere toplam 50 satranç sporcusu katıldı. Satranç müsabakası esnasında katılımcıların, 2 farklı koşul (tDAS+ tDAS-), 3 farklı zamanda (müsabaka öncesi, esnası, sonrası) KAHD verileri kaydedildi. Çalışmadan elde edilen veriler, Sosyal Bilimler için İstatistik Programı (SPSS) Windows 29.0 (Chicago, IL, USA) kullanılarak analiz edildi. KAHD verileri için 2 (koşul; tDAS+, tDAS-) x 3 (zaman) tekrarlı ölçümlerde varyans alanizi yapıldı (Repeated Measures

ANOVA). İkili karşılaştırmalarda, Bonferroni düzeltmesi uygulandı. tDAS (+/-) uygulamaları arasındaki KAHD değerlerinin ikili karşılaştırılmasında eşleştirilmiş iki örneklem *t* testi (paired samles *t*-test) analizi yapıldı. Bulgular incelendiğinde ANOVA sonuçlarına göre, Koşul*SDNN= $F(2, 86)=5.570, p=.006, \eta_p^2=.115, power=.828$. ve Koşul*r-MSSD= $F(2, 84)=5.788, p=.007, \eta_p^2=.121, power=.813$. etkileşim değerlerinde anlamlı farklılık tespit edildi. Eşleştirilmiş iki örneklem *t* testine göre müsabaka sonrası tDAS uygulamasının olduğu koşul lehine SDNN ($t_{48}=2.59, p<.01$) ve r-MSSD ($t_{46}=2.55, p<.01$) değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu tespit edildi. Sonuç olarak satranç sporcularına uygulanan tDAS'ın bilişsel yükü azalttığı, KAHD'yi artırdığı ve böylece OSS aktivitesine olumlu etkileri olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *DLPFK, Kalp Atım Hızı Değişkenliği, Performans, Satranç, tDAS*

¹ Bu çalışma, TDK-2022-775 kodlu Lisansüstü tez projesi kapsamında Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Birimi (BAP) tarafından desteklendi.

ABSTRACT

Author	Merve Begum ENGIN
University	Bursa Uludag University
Institution	Institute of Education Sciences
Field	Physical Education and Sports
Degree Awarded	PhD Thesis
Page Number	xv +97
Degree Date	27/08/2024
Supervisor	Assoc. Prof. Recep GORGULU

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF TRANSCRANIAL DIRECT CURRENT STIMULATION ON CHESS PLAYERS' HEART RATE VARIABILITY DURING COMPETITION

Chess is a versatile sport that involves cognitive processes and can be integrated into daily life. As in daily life, in the game of chess, the situations encountered are evaluated, necessary calculations are made and it is aimed to make the most correct move specific to the problem. In this respect, chess can help increase the efficiency of the prefrontal cortex, which is responsible for cognitive processes. One of the mechanisms associated with understanding and improving cognitive processes is autonomic nervous system (ANS) activity. Heart rate variability (HRV), a psychophysiological parameter used to predict sympathetic and parasympathetic activity in the ANS, is an indicator of heart-brain interaction. Based on this interaction, neuromodulation methods can contribute to the development of chess and similar mental performance elements that involve important cognitive processes such as analytical thinking and problem solving by regulating ANS activation. Therefore, the aim of this study was to investigate the effects of transcranial magnetic stimulation on heart rate variability during chess performance.

A total of 50 chess athletes, 18 females and 32 males, aged between 18-30 years (mean: 21.76), participated in the study. During the chess competition, the participants' HRV data were recorded in 2 different conditions (tDCS+ tDCS-) and 3 different times (before, during and after the competition). The data obtained from the study were analyzed using Statistical Program for Social Sciences (SPSS) Windows 29.0 (Chicago, IL, USA). A 2 (condition; tDCS+, tDCS-) x 3 (time) repeated measures analysis of variance was performed for HRV data. Bonferroni correction was applied for pairwise comparisons. Paired samples *t*-test

analysis was performed for the pairwise comparison of the HRV values between tDCS (+/-) applications. When the findings were analyzed, according to the ANOVA results, a significant difference was found in the values of the time domain axis metrics of HRV in Condition*SDNN= $F(2, 86)=5.570, p=.006, \eta^2=.115, power=.828$. and Condition*r-MSSD= $F(2, 84)=5.788, p=.007, \eta^2=.121, power=.813$. According to the paired two sample t test, there was a statistically significant difference in SDNN ($t_{48}=2.59, p<.01$) and r-MSSD ($t_{46}=2.55, p<.01$) values in favor of the condition with tDCS application after the competition. In conclusion, it was observed that tDCS applied to chess athletes decreased cognitive fatigue, increased HRV and thus had positive effects on ANS activity.

Keywords: Chess, DLPFC, Heart Rate Variability, tDCS,

¹*This study was supported by Bursa Uludağ University Scientific Research Project Unit (BAP) within the scope of the Graduate thesis project coded TDK-2022-775.*

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
TEZ YAZIM KILAVUZUNA UYGUNLUK ONAYI	iii
ÖNSÖZ	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiv
KISALTMALAR LİSTESİ	xv

1. BÖLÜM

GİRİŞ

1.1.Çalışmanın Arka Planı.....	1
1.2. Problem Durumu	1
1.3. Araştırma Soruları ve Hipotezler.....	6
1.4. Araştırmanın Amacı	6
1.5. Araştırmanın Önemi	7
1.6. Varsayımlar	8
1.7. Sınırlılıklar.....	8
1.8. Tanımlar.....	8

2. BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Satranç	10
2.1.1 Tarihten Günümüze Satranç Sporuna.....	11
2.1.2. Satrançta Taşların Konumu	13
2.1.3. Satrançta Derecelendirme (Reyting) Sistemi.....	13
2.1.4. Satrancın Eğitimdeki Yeri.....	15
2.2. Beynin Yapısal Fonksiyonu ve Satranç İlişkisi	16
2.3. Nörogörüntüleme ve Nöromodülasyon: Beyin İncelemelerindeki İki Farklı Yaklaşım	20

2.4. Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonu (tDAS).....	22
2.4.1. Spor Araştırmalarında Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonu (tDAS).....	23
2.5. Kalp Atım Hızı Değişkenliği (KAHD).....	25
2.5.1. Otonom Sinir Sistemi (OSS):	25
2.5.2 KAHD Ölçümleri:.....	26
2.6. KAHD Parametreleri	27
2.6.1. Zaman-Alanı Ölçümleri:.....	27
2.6.2. Frekans Alanı Ölçümleri:.....	30
2.6.3. Doğrusal Olmayan Ölçümler:	31
2.7. Bilişsel Görevlerde Kardiyak Aktivite	32
2.8. Spor Araştırmalarında Kalp Atım Hızı Değişkenliğinin (KAHD) Önemi	34

3.BÖLÜM

YÖNTEM

3.1. Araştırma Modeli.....	36
3.2. Araştırma Etiği	36
3.3. Katılımcılar.....	36
3.3.1. Katılımcıların Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri:.....	37
3.3.2. Katılımcıların Çalışmadan Dışlanma Kriterleri	37
3.4. Veri Toplama Araçları.....	37
3.4.1. Kişisel Bilgi Formu:.....	37
3.4.2. Durumluk-Sürekli Kaygı Ölçeği (State-Trait Anxiety Inventory):	37
3.4.3. Kalp Atım Hızı Değişkenliği (KAHD):	38
3.5. Satranç Performansı.....	39
3.6. Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonu (tDAS) Uygulama Prosedürü	40
3.7. Deneysel Prosedür	41
3.8. Vücut Kitle İndeksi.....	42
3.9. Verilerin Analizi	42

4.BÖLÜM

BULGULAR

4.1. Katılımcılara Ait Tanımlayıcı Bilgiler	44
4.2. Transkraniyel Doğru Akım Stimülasyonu ile Kalp Atım Hızı Değişkenliği İlişkisi ...	46

5.BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Tartışma	55
5.2. Tranaskranial Manyetik Uyarım ve Kalp Atım Hızı Değişkenliği İlişkisi.....	55
5.3. Durumluk Kaygı Düzeyi ve Transkraniyal Manyetik Uyarım İlişkisi	60
5.4. Sonuç	62
5.5. Çalışmanın Güçlü ve Sınırlı Yanları	62
5.6. Öneriler.....	63
KAYNAKÇA	66
EKLER.....	90
ÖZGEÇMİŞ	97

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo	Sayfa No
Tablo 1. <i>KAHD Zaman Alanı Ölçümleri (Shaffer ve Ginsberg, 2017)</i>	27
Tablo 2. <i>KAHD Frekans Alanı Ölçümleri (Shaffer ve Ginsberg, 2017)</i>	31
Tablo 3. <i>KAHD Doğrusal Olmayan Ölçümler (Shaffer ve Ginsberg, 2017)</i>	32
Tablo 4. <i>DeneySEL Desen (N=50)</i>	36
Tablo 5. <i>Katılımcıların Tanımlayıcı Özellikleri</i>	44
Tablo 6. <i>Koşula Göre Durumluk Kaygı Ölçeği Tanımlayıcı İstatistikleri</i>	45
Tablo 7. <i>Koşula Göre Harcanan Kalori Miktarı Tanımlayıcı İstatistikleri</i>	46
Tablo 8. <i>Farklı Koşullardaki Satranç Müsabakalarına Ait Ortalama Kalp Atım Hızı (KAH) Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları.</i>	46
Tablo 9. <i>Farklı Koşullardaki Satranç Müsabakalarına Ait Ortalama SDNN Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları</i>	47
Tablo 10. <i>Farklı Koşullardaki Satranç Müsabakalarına Ait Ortalama r-MSSD Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları</i>	48
Tablo 11. <i>Farklı Koşullardaki Satranç Müsabakalarına Ait Ortalama LF Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları</i>	49
Tablo 12. <i>Farklı Koşullardaki Satranç Müsabakalarına Ait Ortalama HF Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları</i>	50
Tablo 13. <i>Farklı Koşullardaki Satranç Müsabakalarına Ait Ortalama LF/HF Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları</i>	50
Tablo 14. <i>Farklı Koşullardaki Satranç Müsabakalarına Ait Ortalama SD1 Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları</i>	51
Tablo 15. <i>Farklı Koşullardaki Satranç Müsabakalarına Ait Ortalama SD2 Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları</i>	51
Tablo 16. <i>Farklı Koşullardaki Satranç Müsabakalarına Ait Ortalama SD1/SD2 Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları</i>	52
Tablo 17. <i>Farklı Koşullardaki Satranç Müsabakalarına Ait KAHD Parametreleri Karşılaştırma Tablosu</i>	53

ŞEKİLLER LİSTESİ

<i>Şekil</i>	<i>Sayfa No</i>
Şekil 1: Bir Satranç Taşı Setinde, Yer Alan Parçalar.	11
Şekil 2: Satranç Tahtasında Taşların İlk Konumu ve Karelerin İsimlendirilişi.....	13
Şekil 3: Beynin Üç Ana Bölümü: Serebrum, Beyincik ve Beyin Sapı.....	18
Şekil 4: Beynin Ana Lobları	19
Şekil 5: Dorsolateral Prefrontal Korteks Alanı.....	20
Şekil 6: Nörovisseral Entegrasyon Modelinin Basitleştirilmiş Tasviri.....	34
Şekil 7: Polar V2 Monitör.....	38
Şekil 8: Polar H10 Göğüs Bandı.....	38
Şekil 9: Kubios Premium HRV Yazılım Örneği	39
Şekil 10: Bursa Uludağ Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi- Elit Performans Psikolojisi (PePLaB) Araştırma Laboratuvarı	40
Şekil 11: 10–20 EEG Sistemi	40
Şekil 12: Elektrot Alanı	41
Şekil 13: Deney Prosedürü	42
Şekil 14: SPSS 29.0 Paket Programında Syntax Komut Girişi Örnek.....	43
Şekil 15: Satranç Müsabakası Öncesi, Esnası ve Sonrası Ortalama SDNN Değerlerinin tDAS + ve tDAS- koşullarına göre Karşılaştırılması.	48
Şekil 16: Satranç Müsabakası Öncesi, Esnası ve Sonrası Ortalama r-MSSD Değerlerinin tDAS+ ve tDAS- Koşullarına Göre Karşılaştırılması.	49

KISALTMALAR LİSTESİ

DLPFK	:Dorsolateral Prefrontal Korteks
ELO	:Göreceli Kuvvet Derecesi
FIDE	:Dünya Satranç Federasyonu
HF	:Yüksek Frekans
KAHD	:Kalp Atım Hızı Değişkenliği
KAH	:Kalp Atım Hızı
LF	:Düşük Frekans
M1	:Birincil Motor Korteks
NİBS	:Noninvaziv Beyin Stimülasyonu
OSS	Otonom Sinir Sistemi
PFK	Prefrontal Korteks
r-MSSD	:Ardışık RR aralığı farklarının ortalama karekökü
SDNN	:NN aralıklarının standart sapması
tDAS	:Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonu
UKD	Ulusal Kuvvet Derecesi
WHO	:Dünya Sağlık Örgütü

1. BÖLÜM

GİRİŞ

1.1.Çalışmanın Arka Planı

Satranç; muhakeme gücü, analitik düşünme ve analiz yapma becerisi gibi yoğun prefrontal korteks aktivitelerini barındıran çok yönlü bir spordur. Bu bilişsel beceriler sergilenirken strese maruz kalan ve kendisini psikolojik baskı altında hisseden bir sporcu için sürecin her aşamasında istenilen performansa ulaşmak elbette kolay bir durum değildir. Bu gibi durumlarda, KAHD gibi objektif psikofizyolojik ölçüm yöntemlerinden yararlanmak hem performansı etkileyen nedenleri anlayabilmek hem de performansın iyileştirilmesine yönelik bilgiler edinilmesine olanak sağlar (Fronso ve diğerleri, 2017). Otonom sinir sistemindeki sempatik ve parasempatik aktivitenin yordanmasında kullanılan ve psikofizyolojik bir parametre olan KAHD, kalp-beyin etkileşiminin göstergesi niteliğindedir. Bu etkileşim esas alındığında, nöromodilasyon yöntemleri ile otonom sinir sistemi aktivasyonu düzenlenerek analitik düşünme ve problem çözme gibi önemli bilişsel süreçleri içeren satranç ve benzeri zihinsel performans unsurlarının gelişimine katkı sunulabilmek çalışmamızın temel hedefleri arasındadır. Bilgimiz dahilinde literatürde, satranç performansı sırasında uygulanan nöromodülasyonun KAHD üzerindeki akut etkilerini inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle, bu araştırmanın amacı, satranç performansı sırasında uygulanan transkraniyal doğru akım stimülasyonunun KAHD üzerindeki etkilerini incelemektir.

Satranç sporcularının çalışmada incelenen değişkenler içerisindeki farklılıkları göz önünde bulundurularak onların hem teknik yönden hem de bilişsel anlamda antrenman programlarının yeniden yapılandırılması ve geliştirilmesine katkı sunulabilir. Bu akademik çalışmadan elde edilen bilgiler sporcu yararına hizmet eden tüm paydaşlara, (örneğin; antrenör, öğretmen, yönetici, ebeveyn, spor psikoloğu, spor uzmanı vb.) satranç sporcularının performanslarını geliştirebilmeleri için önemli tavsiyeler sunulabilir. Bu çalışma yalnızca satranç branşına özgü değil; bilişsel ve diğer motor beceri gerektiren alanlara hem bireysel hem de grup dinamikleri doğrultusunda performansın iyileştirilmesi açısından önemli katkı sağlayabilir.

1.2. Problem Durumu

Satranç; tarihin en popüler ve en eski zihinsel sporlarından biridir (Chassy ve Gobet, 2015). Basit ve oldukça net kurallarının olması, milyonlarca olasılık içermesi ve kolaylıkla derecelendirilmesi yapılarak sonucu ölçmeye olanak sunması sebebi ile eğitimden, mühendisliğe, bilişsel psikolojiden matematik bilimlerine kadar pek çok bilimsel araştırmanın

temelini oluşturmaktadır (Eryücel, 2018). Özellikle bilişsel psikoloji alanında satranç sporunun bilişsel yeteneklere olan katkısını ortaya koyan bazı çalışmalar yapılmıştır (Ün, 2010; Aciego ve diğerleri, 2012). Bu çalışmalarda, satranç ile kısa ve uzun süreli bellek, işlem hızı ve aynı zamanda anlama bilgisi ile ilgili beceriler arasında pozitif anlamda bir korelasyon olduğu düşünülmektedir (Burgoyne ve diğerleri, 2016). Örneğin, Sala ve diğerleri (2017), tarafından yapılan metanaliz çalışmasında, satranç oyuncularının bilişsel becerilerde satranç oynamayanlara göre daha üst düzey bir performans sergiledikleri ortaya konulmuştur. Atashafrouz (2019), tarafından yapılan başka bir çalışmada, lise öğrencilerine verilen (4 ay boyunca haftada 15 saat) satranç eğitiminin; onların problem çözme, çalışma belleği ve konsantrasyon becerileri üzerindeki etkileri incelenmiş ve satrancın bu becerileri önemli ölçüde geliştirdiği tespit edilmiştir. Ayrıca Atashafrouz (2019), hafıza ve konsantrasyon sorunlarını tedavi etmede satranç oynamanın etkili bir yol olabileceğini belirtmiştir. Smith ve diğerlerinin (2021) çalışmasında ise; profesyonel (Elo >2000) ve amatör satranç oyuncularının görsel ve uzamsal çalışma belleği karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, profesyonel satranç oyuncularının bilişsel becerilerde, amatör oyunculara göre daha üstün olduğunu, bu üstünlüğün sadece alana özgü değil aynı zamanda genel bilişsel becerilere de genelleştirilebileceğini göstermiştir. Bu bilgiler ışığında, satranç sporu ile bilişsel becerilerin yakın ilişkisi olduğu konusunda tutarlı bir literatür bilgisi olduğu görülmektedir.

Beyin aktivitelerinin oldukça yoğun olduğu satranç sporunda, beynin fiziki yapısı, aktiviteleri, bu aktivitelerin nasıl işlediği ve beyin aktivitelerini ölçme yöntemleri multidisipliner açıdan değerlendirilmelidir. Karmaşık bir yapıya sahip olan beyin; vücuttan gelen nöral sinyaller sayesinde hareket etme, düşünme, hissetme, görme, tat ve koku alabilme gibi becerileri temel anlamda sağlayan bir makine görevi görür ve üç ana bölümde incelenir (Barneoud ve Curet, 1999). Bu bölümler ise beyin, beyincik ve beyin sapıdır. Beyincik, beyin alt kısmında omurilik soğani ve beyin arasında yer alan bölgede bulunmaktadır. Yapısal yönden beyne benzer; vücut dengesini ve kasların düzen içerisinde çalışmasını sağlar (Aldemir, 2019). Beyin sapı, beyinciğin önünde yer alıp omurilik ile beyin arasındaki iletişimden, refleks hareketleri, kalp atışı ve solunum hızı denetlenmesinde sorumlu bölgedir. Beyinden başlayarak boyun kaslarına doğru yol alan nöronlar beyin sapının bulunduğu bölgeden geçmektedir (Zaehle ve diğerleri, 2011). Üç farklı bölümden oluşan insan beyni; frontal lob, oksipital lob, temporal lob ve parietal lob olmak üzere dört ana lobda incelenir (Kaya, 2006). Beynin orta kısmında bulunan parietal lob; acı, dokunma ve temas gibi dokunsal bilgiyi tanıma, algılama ve beyne iletme gibi konularda görev yaparken alt bölgelerde bulunan temporal lob da seslerin ve dilin yorumlanmasında, uzun süreli bellek gibi

konularda görevlidir (Reber ve Tranel, 2019). Beynin arka bölümünde yer alan ve ağırlıklı olarak görsel algılama işlevi gören bölümü de oksipital lob olarak adlandırılmaktadır (Korkmaz ve Mahiroğlu, 2007). Beynin ön bölgesinde olan frontal lob ise ağırlıklı olarak konuşma, analitik düşünme, duygu-durum ve hareket kavramları ile bağlantılıdır. En karmaşık bilişsel ve zihinsel süreçlerimizin gerçekleştiği prefrontal korteks de bu alanda yer alır (Kazemi ve diğerleri, 2012).

Satranç sporunda mantık, zihinsel kapasite, problem çözme ve analitik düşünme becerileri gibi bilişsel süreçler oldukça önemlidir ve bu süreçler beynin bilişsel aktivitelerini düzenleyen prefrontal korteks işlevleriyle doğrudan ilişkilidir (Aciego ve diğerleri, 2012). Örneğin satrançta iyi olmak, birkaç hamle sonrasında hesaplamayı, anlık dürtülere göre hareket etmek yerine duygu durum kontrolü sağlamayı ve farklı problemler karşısında analitik düşünebilmeyi gerektirir. Bu durumlarda oyuncular, mevcut durumu değerlendirip olası sonuçları analiz edebilmek ve buna göre en iyi hamleyi seçebilmek, ayrıca duygusal tepkilerin kontrolünü sağlayabilmek için güçlü ve iyi çalışan bir prefrontal kortekse ihtiyaç duyar (Koechlin ve Hyafil, 2007). Dolayısıyla satranç oynamanın bilişsel becerileri geliştirmeye yardımcı olduğu bu yönüyle de prefrontal korteksin işlevselliğini güçlendirdiği düşünülmektedir (Mathy ve diğerleri, 2016). Öte yandan prefrontal korteks işlevselliğinin gücü, oyuncuların stres ve psikolojik baskı altındaki kriz yönetimini sağlayabilmeleri için oldukça önemlidir. Odaklanma, karar verme analiz etme gibi oyuncuların bilişsel yükünü, stres ve kaygı düzeylerini artıran durumlarda, otonom sinir sisteminin işleyişine bağlı olarak kalp atım hızı değişkenliği (KAHD) etkilenir (Fuentes-García ve diğerleri, 2019a). Çünkü bilişsel ve duygusal işleyişteki değişkenlik kalp ve beyin etkileşiminin bir ölçüsü olarak kabul gören unsurlardan; KAHD'yi de etkiler (Fuentes-García ve diğerleri, 2019a). Prefrontal korteks de KAHD ile kolayca ölçülen vagal fonksiyon ile ilişkilidir ve satranç oyuncularında iş yükünü kontrol etmek ve izlemek için uygulanabilir araçlardandır (Fuentes-García ve diğerleri, 2019b).

KAHD, kalpten merkezi sinir sistemine ve beyinden kalbe doğru yol alan düzenleyici iletilere kalbin verdiği cevapları belirleyen bir gösterge niteliğindedir (Shinba ve diğerleri, 2008). Kalp atım hızındaki dalgalanmalar (osilasyonlar) ve değişimler incelenerek otonom sinir sistemi hakkında bilgi edinilebilir (Malfatto ve diğerleri, 1996). Kalp aktivitesinin kontrol ve değerlendirilmesinde başvurulacak dört farklı yoldan biri olan otonom sinir sistemi; sempatik ve parasempatik olarak iki bölümden oluşur (Van Amelsvoort ve diğerleri, 2000). Stres, gerginlik, korku, adrenalin ve benzeri duygu durumlarında sempatik sinir sistemi devreye girer, kanın damarlara yaptığı basınç artar, kalp hızlanır ve sindirim sistemi yavaşlar.

Parasempatik sinir sistemi ise genelde sempatik sinir sisteminin aksine dengeleme yönünde etki gösterir (Ates ve diğerleri, 2017). Her ikisi arasındaki denge ve uyum, kardiyovasküler sağlık için önemli bir göstergedir. Zihinsel süreçleri kapsayan, görsel ve bilişsel yüklenmenin yoğun olduğu satranç oyununa eşlik eden psikososyal stresörler (iş, okul, aile ile ilgili, çevresel, kronik yaşam sorunları), oyuncuların sadece kalp atım hızı (KAH), KAHD gibi parametreler üzerinde değil; aynı zamanda onların kalori harcama düzeyleri üzerinde de önemli etkilere sahiptir (Fuentes-García et al. ve diğerleri, 2019a). Çünkü organizmanın kalori harcaması yalnızca fiziksel aktivite sırasında değil zihinsel aktiviteler sırasında da gerçekleşmektedir. Beyin, kan yoluyla iletilen oksijen ve glikozu kullanır. Stres ve heyecan gibi sempatik sistemi aktive eden durumlarda kalp atım hızı artar ve atardamarlarda kan basıncı yükselir. Bu durumlarda beynin harcadığı glikoz miktarında da çok önemli artışlar meydana gelir ve glikoz tüketimi artar (Troubat ve diğerleri, 2008). Bu süreç vücudun daha fazla kalori harcamasıyla sonuçlanan bir dizi reaksiyonun meydana gelmesiyle sonuçlanır. Zihinsel yüklenme ile kalori harcama arasında anlamlı ilişkiler olduğunu destekleyen çalışmalar literatürde mevcuttur (Troubat ve diğerleri, 2008). Bazı önemli olaylar arasında; 2004 Dünya Satranç şampiyonu olan Özbek asıllı Rustam Kasımdzhanov'un turnuva boyunca 17 kilo kaybettiği, 1984 Dünya Satranç Şampiyonasında ise Garry Kasparov ile oynayan Anatoly Karpov'un 48 maçlık 5 ayın sonunda 22 pounds yani yaklaşık olarak 10 kilo verdiği (1lb=0,45 kg), 2018'de de Polard adlı ABD merkezli bir şirket; turnuva esnasında satranç oyuncularının KAHD'lerini izlemiş ve o zaman henüz 21 yaşında olan büyük usta Rus Mikhail Antipov'un iki saatlik müsabakada 560 kalori yaktığını tespit etmiştir. Bu da Federer'in tenis maçında 1 saatte yaktığı kaloriyle eşdeğer görülmüştür.

Satranç sporunda başarılı olmayı yalnızca yetenek ve antrenmanla açıklamak elbette zordur (Lin ve diğerleri, 2015). Optimum sportif performans, çoğu zaman fiziksel ve motor kapasiteden fazlasını gerektirir (Huang ve diğerleri, 2019). Fiziksel ve motor kapasitenin dışında, ideal sportif başarı için gerekli parametreleri takip etmek, gözlemlemek ve geliştirmek için, birçok alanda (eğitim, tıp, sağlık) kullanılan giyilebilir teknolojik ürünlerden faydalanılmaktadır (Sezgin, 2016). İnsan vücuduna ilişkin çeşitli verileri toplamak, değişimleri saptamak ve gerektiğinde vücudun verdiği reaksiyonları belirlemek için tasarlanabilen akıllı giysiler, vücutla bire bir temas halinde olduğundan kişisel veri toplamada oldukça önemlidir (Axisa ve diğerleri, 2003). Kullanıcıların avuç içlerine ve ceplerine sığabilecek tarzda oluşturulmuş bileklere takılabilen veya akıllı kıyafetlere gömülü olarak tasarlanan; algılama, işlem yapma ve görüntüleme gibi özelliklere sahip cihazlar, teknoloji ile spor etkileşiminin de göstergesidir (Villafaina ve diğerleri, 2019). Giyilebilir cihazların;

psikoloji, eğitim, tıp, spor ve benzeri birçok temel alanda kullanılmasıyla insanların performansları üzerindeki etkileri giderek artmaktadır (Sezgin, 2016). Öyle ki bu cihazlar; sağlıklı ve aynı zamanda başarılı bir spor faaliyeti düzenlemek amacıyla, kullanıcının uzun süre hareketsiz kalmasını bir ikazla göndererek kullanıcıya haber verir. Bu tip uygulamalar sporcuların ne kadar yürüyüş yaptıkları, kaç basamak çıktıkları, kaç saat uyudukları, kaç kalori harcadıkları gibi bilgileri takip edebilmektedir (Ballı ve Sağbaş, 2017).

Son zamanlarda, merkezi sinirlerde bir uyarıcı olarak düşünülen ve egzersiz sırasında bilişsel ve psikomotor işleyişi etkileyebileceği düşünülen bazı uygulamalar geliştirilmiştir. Böylece; beyin görüntüleme işlemi veya beyni elektriksel bir uyarıyla fonksiyonel değişime uğratma uygulamaları, gelişen teknoloji ve yapılan çalışmalarla mümkün hale gelmiştir. Bu uygulamalardan biri de bu çalışmada kullanılan Liftid nörostimülasyon aracılığıyla uygulanan tDAS'dır. Liftid nörostimülasyon; özellikle dikkat, odaklanma, uyanıklık ve üretkenlik dâhil olmak üzere bilişsel performansla ilişkili bir alan olan beynin prefrontal korteks alanını hedefleyen tDAS sağlayan manyetik uyarım cihazıdır. tDAS; başın belirli kısımlarını stimüle etmek için doğrudan elektrik akımlarını kullanan noninvasiv stimülasyon yöntemidir (Hampstead ve diğerleri, 2019). tDAS'da; Adonal (+) ve katonal (-) olmak üzere iki tip stimülasyon mevcuttur. Anod olarak adlandırılan elektrot, etki ettiği bölgeye artı (+) yükleme yaparak aktiviteyi artırırken; Katod adı verilen negatif elektrot ise oluşturduğu manyetik alanda eksi (-) yükleme yaparak aktiviteyi baskılar niteliktedir (Barwood ve diğerleri, 2016).

Bu çalışmada kullanılan tDAS uygulaması, her stimülasyon seansı boyunca beynin prefrontal korteks bölgesine (PFK) sabit, düşük seviyeli (2mA) bir doğru akım verecek şekilde programlanmıştır. Bu akım etki ettiği bölgede manyetik bir alan oluşturarak nöronlar arası iletimi artırdığı varsayılır (Barwood ve diğerleri, 2016). Sağlıklı gönüllülerde, dorsolateral kortekse (DLPFK) uygulanan adonal (+) tDAS'ın bilişselliği geliştirdiği belirtilmiştir (Dockery ve diğerleri, 2009; Stone ve Tesche, 2009). Benzer etkiler satranç sporcularının dorsolateral prefrontal korteks (DLPFK) üzerine uygulanan tDAS'tan da beklenebilir. Fakat tDAS ile ilgili çalışmalar daha çok nöropsikolojik hastalıklar üzerine veya motor korteks (M1) üzerine yapılmış olup bilişsel performans üzerindeki etkilerini araştıran çalışmaların literatür bilgimiz dahilinde sınırlı olduğu gözlemlenmiştir. Örneğin; Huang ve diğerlerinin (2019), yaptığı çalışmada 18-30 yaş arası sağlıklı 9 erkek bisiklet sporcusunun motor korteksine (M1) 20 dakika boyunca, 2mA yoğunlukta tDAS uygulanmış ve katılımcıların bilişsel performans değerlendirmesi için stroop testi kullanılmıştır. Sonuçlar, tDAS'ın motor korteks uyarılabilirliğinde artışa neden olduğu; bu nedenle egzersiz performansını artırdığını göstermiştir (Huang ve diğerleri, 2019). Sadler ve diğerlerinin

(2022), yaptığı başka bir çalışmada ise motor kortekse uygulanan tDAS'ın Parkinson hastalarının reaksiyon zamanı üzerine etkisi incelenmiş olup premotor reaksiyon süresini iyileştirdiği sonucuna varılmıştır. Fakat, prefrontal kortekse uygulanan tDAS'ın satranç sporcularının kalp atım hızı değişkenliği üzerine etkisini inceleyen ve araştıran herhangi bir çalışmaya bilimiz dahilinde rastlanmamıştır.

1.3. Araştırma Soruları ve Hipotezler

Araştırma Sorusu 1: Satranç oyuncularının müsabaka öncesinde, esnasında ve sonrasında kalp atım hızları arasında fark var mıdır?

H_0 : Satranç oyuncularının müsabaka öncesinde, esnasında ve sonrasında kalp atım hızları arasında fark yoktur.

H_1 : Satranç oyuncularının müsabaka öncesinde, esnasında ve sonrasında kalp atım hızları arasında fark vardır.

Araştırma Sorusu 2: Satranç oyuncularının tDAS uygulanan ve uygulanmayan koşullarda harcadıkları kalori arasında anlamlı fark var mıdır?

H_0 : Satranç oyuncularının tDAS uygulanan ve uygulanmayan koşullarda harcadıkları kalori arasında anlamlı fark yoktur.

H_1 : Satranç oyuncularının tDAS uygulanan ve uygulanmayan koşullarda harcadıkları kalori arasında anlamlı fark vardır.

Araştırma Sorusu 3: Satranç oyuncularının tDAS uygulanan ve uygulanmayan koşullarda kalp atım hızı değişkeni verileri arasında anlamlı bir ilişki var mıdır?

H_0 : Satranç oyuncularının tDAS uygulanan ve uygulanmayan koşullarda kalp atım hızı değişkeni verileri arasında anlamlı ilişki yoktur.

H_1 : Satranç oyuncularının tDAS uygulanan ve uygulanmayan koşullarda kalp atım hızı değişkeni verileri arasında anlamlı ilişki vardır.

Araştırma Sorusu 4: Satranç oyuncularının tDAS uygulanan ve uygulanmayan koşullarda durumluk kaygı düzeyleri arasında anlamlı ilişki var mıdır?

H_0 : Satranç oyuncularının tDAS uygulanan ve uygulanmayan koşullarda durumluk kaygı düzeyleri arasında anlamlı ilişki yoktur.

H_1 : Satranç oyuncularının tDAS uygulanan ve uygulanmayan koşullarda durumluk kaygı düzeyleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

1.4. Araştırmanın Amacı

Araştırmanın başlıca amacı; satranç sporcularına uygulanan Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonunun kalp atım hızı değişkenliği üzerine etkisinin incelenmesidir.

Araştırmanın diğer amacı ise; araştırma dâhilindeki sporcuların, tDAS kullanılan ve kullanılmayan durumlardaki harcadıkları kalori miktarı ve durumluk kaygı düzeylerinin incelenmesidir.

Çalışmanın Hedefleri:

1. Satranç sporcularının tDAS uygulanan ve uygulanmayan koşullarda kalp atım hızı değişkenliği parametrelerine olan etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir.
2. Satranç oyuncularının tDAS uygulanan ve uygulanmayan koşullarda; müsabaka öncesi, esnası ve sonrası kalp atım hızı değişkenlikleri değerleri arasındaki ilişkinin incelenmesi hedeflenmiştir.
3. Satranç oyuncularının tDAS uygulanan ve uygulanmayan koşullarda; harcadıkları kalori miktarının incelenmesi hedeflenmiştir.
4. Satranç oyuncularının tDAS uygulanan ve uygulanmayan koşullardan önce; durumluk kaygı düzeylerinin incelenmesi hedeflenmiştir.

1.5. Araştırmanın Önemi

Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonu (tDAS), beyin aktivitesini modüle etmek için kullanılan noninvaziv bir nöromodülasyon tekniğidir ve bilişsel performans üzerindeki olumlu etkileriyle dikkat çekmektedir. Bu teknik, beyne düşük yoğunluklu elektrik akımı uygulanarak sinirsel aktivitelerin düzenlenmesini sağlamaktadır. Satranç gibi stratejik düşünme, problem çözme, hafıza ve dikkat gerektiren kompleks bilişsel görevlerde, prefrontal korteks modülasyonu açısından tDAS'ın önemi büyüktür. Çünkü bazı araştırmalar, tDAS'ın özellikle prefrontal korteks gibi beyin bölgelerine uygulandığında, bilişsel işlevleri geliştirdiğini ve performansı artırdığını göstermektedir. Bu durum, satranç oyuncularının oyun stratejilerini daha hızlı geliştirmelerine, hamleleri daha iyi analiz etmelerine ve karar verme süreçlerinde daha başarılı olmalarına yardımcı olabilir ve benzeri sportif branşlarda performans gelişimi için önemli tavsiyeler sunabilir. Bunun yanı sıra, tDAS'ın otonom sinir sistemi üzerindeki etkileri de dikkate değerdir. Otonom sinir sistemi, KAHD gibi fizyolojik parametreleri düzenler ve bu parametreler stres ve bilişsel performansla yakından ilişkilidir. Stres ve kaygı durumlarında, sempatik sinir sisteminin devreye girmesiyle birlikte kalp atım hızında artış ve kalp atım hızı değişkenliğinde (KAHD) azalma gözlemlenir. Bu durum, organizmanın "savaş ya da kaç" yanıtının bir parçası olarak kabul edilir (Bradley, 2000). Sempatik aktivitenin artışı, vücutta adrenalin ve noradrenalin gibi stres hormonlarının salınımına yol açar, bu da kalp atım hızını artırırken KAHD'yi düşürür (Thayer ve Lane, 2000). Artan sempatik ton, kalbin atım düzeninde daha az varyasyon yaratır, bu da düşük

KAHD ile sonuçlanır ve bireyin stresli durumlara adaptasyon kapasitesini azaltır (Porges, 1995). tDAS, prefrontal kortekse uygulandığında, bu bölgenin otonom sinir sistemi üzerindeki düzenleyici rolünü iyileştirerek sempatik aktiviteyi azaltabilir ve parasempatik aktiviteyi artırabilir. Bu durum da KAHD'nin artmasına katkıda bulunur (Pham ve diğerleri, 2021). tDAS'ın prefrontal kortekse uygulanmasıyla elde edilen bu etkiler, stresli ve kaygılı durumlarda vücudun daha dengeli ve adaptif bir yanıt vermesine yardımcı olur (Arakaki ve diğerleri, 2023). Sonuç olarak, tDAS'ın KAHD üzerindeki olumlu etkileri, bireylerin stresle başa çıkma kapasitesini artırarak uzun vadeli kardiyovasküler ve bilişsel sağlık üzerinde koruyucu bir rol oynayabilir (Luft ve diğerleri, 2018). Bu nedenle tDAS, yalnızca satrançta değil, aynı zamanda akademik ve profesyonel alanlarda da bilişsel kapasiteyi artırmak için umut verici bir araç olarak değerlendirilmektedir. Satranç sporcularının maruz kaldıkları zorlayıcı psikolojik süreçler, (doğru karar verebilme, odaklanma, düşünme vb.) prefrontal korteks görevi ve KAHD verilerinin önemi göz önünde bulundurulduğunda; mevcut araştırmadan elde edilen verilerle sporcuların, antrenman programlarının hem teknik hem de bilişsel olarak yeniden yapılandırılması ve geliştirilmesi sağlanabilir. Fakat literatür bilğimiz dahilinde; yukarıda bahsettiğimiz kapsamda yapılan bir araştırmaya ratslanmamıştır. Bu nedenle mevcut çalışmanın amacı, *“Satranç Sporcularına Müsabaka Esnasında Uygulanan Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonunun Kalp Atım Hızı Değişkenliği Üzerine Etkisinin İncelenmesi”*dir.

1.6. Varsayımlar

- Katılımcıların Kişisel Bilgi Formuna ve Durumluk Kaygı Ölçeğine doğru cevap verdikleri varsayılmıştır.
- Katılımcıların fiziki şartları eşit varsayılmıştır.
- Araştırmada kullanılan ölçüm yönteminin doğru veriler sunduğu varsayılmıştır.

1.7. Sınırlılıklar

- Gönüllülerin yaş aralıkları 18-30 olarak sınırlandırılmıştır.
- Araştırma; Bursa Uludağ Üniversitesinde yapılan ölçümlerle sınırlıdır.
- KAHD'ye ait veriler, satranç müsabakaları öncesi, sırası ve sonrası yapılan ölçümlerle sınırlıdır.

1.8. Tanımlar

Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonu (tDAS): Tanskraniyal doğru akım stimülasyonu tekniği, beyinde etki etmesi istenilen bölgeyi düşük elektriksel akımla uyaran, noninvaziv stimülasyon yöntemidir (Huang ve diğerleri, 2019).

Liftid Nörostimölasyon: Beynin hedeflenen bölgelerine iki elektrot aracılığıyla düşük seviyeli bir elektrik akımı uygulayan nörostimölasyon şeklidir.

Kalp Atım Hızı (KAH): Kalbin bir dakikadaki atım sayısıdır.

Kalp Atım Hızı Değişkenliği (KAHD): Kalp frekansları baz alınarak kalp atış aralıkları ve dalgalanmaların ölçülmesidir (Shinba ve diğerleri, 2008).

Dorsolateral Prefrontal Korteks (DLPFK): Prefrontal korteksin önemli bir alt birimi olup, karmaşık bilişsel işlevlerin düzenlenmesinde merkezi bir rol oynar. Özellikle, yürütücü işlevlerin gerçekleştirilmesinden sorumludur. DLPFK, bireyin amaçlarına yönelik planlama, uygulama ve görev odaklı davranışların organize edilmesi gibi üst düzey bilişsel süreçleri koordine eder. Ayrıca, içsel ve dışsal bilginin entegre edilmesi, soyutlama yeteneği, problem çözme, planlama ve davranışın yürütülmesi ve değerlendirilmesi gibi karmaşık zihinsel görevlerin gerçekleştirilmesinde de kritik bir rol oynar (Petrides, 2000).

2. BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE



(<https://seeklogo.com/free-vector-logos/chess>)

"Satranç tahtasında denizlerin tümünden daha fazla macera vardır."

Pierre Mac Orlan

2.1. Satranç

Satranç tahtası, biri açık renkli (beyaz), diğeri koyu renkli (siyah) olmak üzere tasarlanmış sekiz kare uzunluğunda ve sekiz kare genişliğinde toplam 64 (8x8) kareden oluşur. Her iki rakibin de 2 kale, 2 fil, 1 vezir, 2 at, 8 piyon ve 1 şah olmak üzere toplamda 16 taşı vardır. Oyunda rakiplerin amacı, karşı tarafın şahını oyun kuralları içerisinde engellenemeyecek biçimde “tehdit altında” tutmaktır (Altınay, 2009). Bunu ilk başaran taraf rakibini “mat” etmiş olur. Aynı zamanda oyuncunun kendi şahını tehdit halinde bırakmasına, hamle yapmasına izin verilmez. Şahı mat olan oyuncu müsabakayı kaybeder. Oyuncuların her ikisinin Mat olmadığı durumlarda da maç berabere (draw) olarak biter (Csató, 2017). Tahta, iki ordunun birbirlerinin kralını ele geçirmek için savaştığı bir savaş alanını temsil eder. Bir oyuncunun ordusu, o oyuncuya en yakın iki sırada oyuna başlayan 16 parçadan oluşur. Altı farklı satranç taşı vardır: şah, kale, fil, vezir, at ve piyon; parçalar görünüşe ve hareket etme biçimlerine göre ayırt edilir. Açık renkli (beyaz) taşların sahibi ilk hamleyi yapar ve oyuncular dönüşümlü hamleler yaparak oyuna devam eder.



Şekil 1: Bir Satranç Taşı Setinde, Yer Alan Parçalar.

2.1.1 Tarihten Günümüze Satranç Sporu

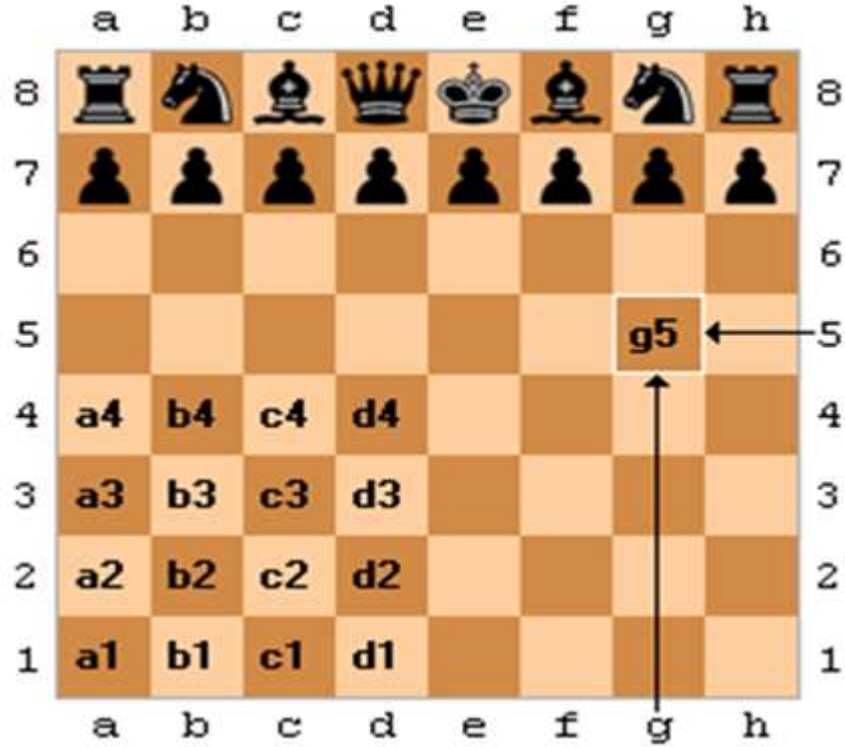
Satranç, 1500 yıl önce Hindistan'da ortaya çıktığına inanılan şansa şans tanımayan akıl ve mantığa dayalı, en önemli zekâ ve strateji oyunlarından biridir (Golombek, 1976). Altıncı yüzyılda “chaturanga” olarak isimlendirilen oyun, istisnaları dışında günümüz modern satrancına benzer olduğu söylenir (Hooper ve Whyld, 1992). Yıllar içerisinde oyundaki fillerin ve vezirin hareket kabiliyeti değişikliğe uğramış ve bazı yeni kurallar getirilmiştir. Örneğin; şu an vezir olarak bilinen “fırzan” ilk zamanlarda tek seferde yalnızca bir kare çapraz hareket edebilirmiş (Murray, 1913). Yine de modern satrancın temel unsurları olan 8x8’lik bir tahtada rakip şahı mat etme amacı hep var olmuştur. Chaturanga, 11. yüzyılda Perslere “chatrang” ismiyle geçmiş ve ilk kayıtlı oyunlara bu dönemde rastlanmıştır (Yalom, 2004). Satranç Perslerden Arap dünyasına, Arap dünyasından da Güneydoğu Asya, Çin ve Japonya’ya yayıldığı iddia edilmiştir (Eales, 1985). Burada sırasıyla Çin ve Japon satrancı olarak adlandırılan xiangqi ve shogi oyunlarına dönüşmüştür (Needham, 1986). Bunun yanı sıra kelimenin orijinalinin Farsça’dan Arapça’ya geçtiği düşünülmektedir (Pagnotti ve Russell, 2012). Daha sonra satranç İran bölgesine, oradan Araplara, Endülüslüler aracılığıyla da İspanya üzerinden Avrupa’ya sıçramıştır (Murray, 1913). Avrupa ve Arap yarımadasındaki kitaplardan sonra, İspanyol Lucena’nın ilk yazılı satranç kitabında satrancın o dönemdeki yeni kuralları yer almıştır (Remus, 2003). Hatta oyunun içerisinde lucena (köprü) konumu olduğu ileri sürülmüştür (Sunnucks, 1970). Avrupa’da 12. yüzyıldan itibaren önemli değişikliklere uğrayan satranç, günümüz modern halini almıştır (Murray, 1913). Bu dönemde “Ruy Lopez de Segura” ve “Andre Danican Philidor” temel satranç teorilerinin, açılışların ve oyun sonlarının temelini atmışlardır (Golombek, 1977).

Bilimsel yayınların çoğu, satrancın Hindistan'da, Uzak Doğu ile Avrupa arasında köprü kuran eski ipek yolunun yakınlarında, MS 600 dolaylarında ortaya çıktığı konusunda ortak görüştedir (Altınay, 2009). Oyun, sonraki birkaç yüz yıl boyunca İranlı tacirler ve Kuzey Afrika'da hüküm süren Morolar ile Avrupa'ya taşındıkça bugün ki halini almıştır (Golombek, 1976). Ancak öne atılan bu iddiaların dışında, satrancın ortaya çıkmasıyla ilgili gelişmeleri Hermes'e (İdris Peygamber) kadar dayandıran savlar da bulunmaktadır (Forbes, 1860). Tüm bunların haricinde satrancın Rusya, Yunanistan, Mısır, İrlanda gibi pek çok ülkeden ve hatta tarihin ilk yerleşim yerlerinden olan Mezopotamya yöresinden çıktığını belirten düşünceler de vardır (Macdonell, 1898). Aynı zamanda bir kısım tarafından kabul gören bir diğer bakış açısı ise satrancın İran'da ortaya çıkıp daha sonra Hindistan'a varmış olmasıdır (Altınay, 2009; Altungök, 2014). Yukarıdaki bilgiler göz önüne alındığında satrancın geçmişi üzerine yapılan çalışmaların henüz tamamlanmadığı ve iddiaların henüz kesinlik kazanmadığı söylenebilir (Forbes, 1860).

İlk resmi dünya satranç şampiyonu Prag doğumlu ABD'li oyuncu Wilhelm Steinitz'dir. Steinitz aynı zamanda, satrancı sistematik ve konumsal oynayan oyuncuların atası olarak kabul edilir (Russell, 2012). Steinitz'in teorisinin başlama noktası "Satrançta konumun özelliklerine uygun bir plan yaparak oynamak'tır. "Konumun Özellikleri" konusundaki görüş ve çalışmaları, modern satranç stratejisinin temelleri olmuştur (Altungök, 2014). Satranç taşları ve satranç tahtasının tasarım ve biçim yönünden Türk Medeniyetlerinde önemli bir yer alan balbal, çadır, kümbet ve at sembolü gibi yapıların bu olayda aracılık ettiği düşünülmektedir. Moğolistan'daki Göktürk Dönemi Anıt Mezarlığı olan 'Şatırçulu' adını almaktadır. Türkçe olan Şatra, Şatır, Şıdıra, Şatıra ve Şator gibi kelimeler de satranç anlamına gelmektedir (Altungök, 2014). Satrancın kuralları ve taşların dizilişleri yıllar içinde çeşitli varyasyonlar göstermiş olsa da 19. yüzyıl sonlarında bugünkü haline ulaşmıştır (Murray, 1913). 1850'lerden itibaren güçlü sporcuların katıldığı satranç turnuvaları düzenlenmeye başlanmıştır. Dünya satranç şampiyonluk karşılaşmasının ilk maçı, zamanın iki güçlü sporcusu olan Steinitz ve Zukertort arasında 1886 yılında New York'da oynanmıştır. Maçı 10 galibiyet, 5 yenilgi ve 5 beraberlik ile W. Steinitz kazanmıştır (Golombek, 1976). Böylece Steinitz dünya tarihinde bu ünvanı elde eden ilk satranç sporcusu olmayı başarmıştır. Kurumsal yapının dışında yapılan satranç karşılaşmalarını organizasyon komitesi altında birleştirmek için Paris'te kurul toplanmış ve Dünya Satranç Federasyonu (FIDE) 20 Temmuz 1924'te kurulmuştur (Golombek, 1976).

2.1.2. Satrançta Taşların Konumu

Satranç tahtası sağ alt köşe (h1 karesi) beyaz olacak şekilde konulur.



(<https://www.chess.com/article/view/how-to-train-your-brain>)

Şekil 2: Satranç Tahtasında Taşların İlk konumu ve Karelerin İsimlendirilişi.

Şekil 2’de satranç masasındaki taşların başlangıç konumu verilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere, Beyaz taşlar da siyah taşların karşı tarafına aynı şekilde yerleştirilir. Satranç tahtasında yatay düzlemde harfler, dikey düzlemde rakamlar bulunur. Karelerin isimlendirilmesi bu harf ve rakamların kombinasyonundan oluşur. Örneğin, yatay düzlemdeki ‘e’ harfi ile dikey düzlemde bulunan 7 rakamının kesiştiği kare ‘e7’ karesidir. Oyuna her zaman beyaz taşlarla oynayan oyuncu başlar ve her oyuncu sırasıyla hamlesini yapar. Hamle, her taşın belirli kurallar dahilinde hareket ettirilmesidir. Amaç, rakibi mat etmektir, yani karşı tarafın şahını ele geçirmektir (Boulé ve Zilic, 2002).

2.1.3. Satrançta Derecelendirme (Reyting) Sistemi

Satrançta derecelendirme sistemi; oyuncuların diğer oyunculara karşı performanslarına dayalı olarak oyun gücünü belirlemek için kullanılan bir sistemdir (Fan ve diğerleri, 2013). ABD Satranç Federasyonu veya İngiliz Satranç Federasyonu gibi kuruluşlar tarafından kullanılır. Sistemlerin çoğu, bir turnuvadan sonra reytingleri yeniden hesaplamak için kullanılır. Bu sistemleri, Chess.com, Lichess ve Internet Chess Club gibi popüler çevrimiçi satranç siteleri de uygular. Hemen hemen tüm sistemlerde daha yüksek bir puan daha güçlü bir oyuncuyu gösterir. Genel olarak oyuncuların reytingleri, beklenenden daha iyi

performans gösterirlerse yükselir ve beklenenden daha kötü performans gösterirlerse düşer (Hooper, 1992). Değişikliğin büyüklüğü rakiplerinin derecesine bağlıdır. Elo derecelendirme sistemi şu anda en yaygın kullanılanıdır (Berg, 2020).

Dünya Satranç Federasyonu'nun FIDE (Fédération Internationale des Échecs) belirlediği satranç turnuvalarında sporcuların performanslarını belirlemek için oluşturulan puanlama sistemine, "Elo" adı verilir. Elo rayting sistemi satranç gibi "sıfır toplamı oyunlarda" oyuncuların göreceli puanlarını hesaplamak için kullanılan bir sistemdir (Sakti ve diğerleri, 2022). İsmi yaratıcısı olan Macar-Amerikan fizik profesörü ve satranç oyuncusu olan Arpad Elo'dan alır. Elo sistemi ayrıca Amerikan futbolu, baseball masa tenisi, masa oyunları ve e-sport gibi oyunlarda da kullanılır (Van, 2016). Bu derecelendirme sisteminde puan olarak birbirine yakın iki oyuncu mücadele ediyorsa kazanan tarafın aldığı Elo puanı nispeten az olmakla beraber eğer kendi Elo puanından çok daha yüksek bir puanlı oyuncuyu yenmişse kazandığı Elo puanı da bir o kadar yüksek olacaktır (Sleeuwaert, 2020). Aynı şekilde kendinden çok daha düşük reytingli bir oyuncuya kaybeden sporcunun da kaybı, bir o kadar fazla olacaktır. Elo derecelendirme sistemi, FIDE tarafından 1970 yılında resmi kuvvet hesaplama yöntemi olarak kabul edilmiştir (Tjokrodinata ve diğerleri, 2022). Ülkemizde ise bu sistemin yanı sıra "UKD" (Ulusal Kademe Derecesi) sistemi de kullanılmaktadır. UKD, Türkiye çapındaki puanı gösteren ulusal kuvvet derecesidir; ELO ise dünya çapındaki puanı gösteren sistemdir. UKD; Ulusal Kuvvet Derecesi olan ve oyuncuların UKD hesaplamalarına dâhil olan maçlarda sergiledikleri başarıya göre ya da Türkiye satranç federasyonunun resmi sayfasındaki satranç akademisinde yer alan adımları başarıyla bitirerek kazandıkları dört basamaklı bir puantaj sistemidir (Türkiye Satranç Federasyonu, 2021).

1. İlk uygulanan yöntem "UKD'siz" sporculara "Geçici Kuvvet Derecesi (GKD)" tanımlanmasıdır. Geçici Kuvvet Derecesi UKD'siz sporcuların sadece o turnuva için değerlendirilmeye alınacak ulusal kuvvet değerleridir.

- Yarışmadaki UKD'li sporcuların UKD ortalaması alınır.

- UKD' siz sporcular bu ortalamadan 300 puan eksik hesaplanarak genel kuvvet dereceleri belirlenir.

2. UKD'siz sporcuların (GKD sahibi) o turnuvadaki performansları hesaplanır.

- Toplamda 7 oyunu başarıyla tamamlayan ve 1000 puan barajını geçen sporcuların yeni UKD puanları sisteme aktarılır.

- Toplamda 7 oyunu tamamlamayan ve 1000 puanın altında kalan sporcuların ise bilgileri arşivde saklanır ve gereksinimleri yerine getirdiklerinde UKD sahibi olurlar (TSF, 2021).

2.1.4. Satrancın Eğitimdeki Yeri

Eğitimde, bir problemin nasıl çözüleceğini öğrenmek, probleme çözüm bulmaktan daha önemlidir. Bir problemle karşılaşmak, sorunu değerlendirmek ve belki de önceki deneyimlerle kalıplar veya benzerlikler bulmaya çalışmak zihinsel öğrenme için kıymetli bir bilişsel antrenman yöntemidir. Tıpkı matematik örüntülerinin incelenmesinde olduğu gibi, satrançta da örüntü tanıma ve problem çözme önemlidir (Vaci, 2017). Benzer örüntüleri ve kalıpları tanıyarak sorunu çözmek için başka seçenekler geliştirmek ve yaratıcı bir süreci içerebilecek genel bir strateji formüle etmek satranç ile geliştirilebilecek özelliklerdir (Horgan, 1990). Yetenekli bir satranç oyuncusu çok sayıda ilgili şema elde eder; böylece en iyi alternatiflerin ortaya çıkmasını mümkün kılar. Bu alternatifleri değerlendirmek için karar ağacı analizi olarak bilinen bir hesaplama sürecini kullanabilir. Burada satranç oyuncusu veya problem çözücü, sadece değerlendirilen çözümlere dayanarak gelecek olasılıkları hesaplar (Hanushek, 2012). Satranç, eğitimin temel unsurları olan analitik düşünme becerileri, yargılama, planlama ve sabır gibi olguları, oyun yolu ile sınıf ortamında kazandırma imkânı sunar (Hanushek, 2012). Çünkü gençlerin ve özellikle çocukların oyuna yönelik güdülenme düzeyleri çoğunlukla yüksektir ve bu nedenle satranç oynarken öğrencilerin odaklanma ve konsantre olma gibi öğrenme sürecinin önemli bileşenleri gizil olarak desteklenmiş olur. Sayısal, uzamsal, zamansal ve kombinatoryal yönleri birleştiren satranç; karmaşıklık ve basitlik, taktik ve strateji arasındaki dengeyi sağlamada oldukça önemlidir (Barrett ve Fish, 2011). Bu nedenle pek çok araştırmacı satrancın eğitim için ideal bir oyun olduğunu düşünmektedir (Vaci, 2017). Çalışmalar; satrancın eğitime olumlu aktarımlar sağladığını, akademik başarıyı, özellikle problem çözme stratejilerini, hafızayı, odaklanmayı, IQ testlerinin puanını, eleştirel düşünmeyi ve yaratıcılığı, mekânsal-görsel gücü ve kalıpları tanıma yeteneğini geliştirdiğini vurgulamaktadır (Dauvergne, 2000; Gobet, 2006; Barrett ve Fish, 2011). Örneğin; 1960'larda psikolog olan Adrian de Groot, satrancın bir eğitim aracı olarak kullanılmasıyla çok ilgilenmeye başlamıştır. Rusya'daki satranç oyuncularının düşünme davranışlarını incelemiştir. Özellikle satrançta çok yetenekli ve deneyimli olanlar ile oyuna yeni başlayanlar arasında önemli bir yaklaşım farkı olduğunu belirtmiştir (Barrett ve Fish, 2011). Adrian de Groot, satrançtaki büyük ustaların başarılarının nedenini onların iyi organize olma ve somut oyun çizgilerini ezberleme yeteneklerinden kaynaklandığını düşünürken gerçekte durumun bilişsel antrenmana bağlı gelişen zihinsel hatıralar ve temaları doğru sezmek olduğunu görmüştür. Büyük ustaların satranç tahtasındaki taşların birbiriyle olan konfigürasyonuna ve taşların oluşturduğu temalara oldukça hakim oldukları görülmüştür. Büyük ustalar, tahta üzerinde bir konum gördüğünde beyninde o konum için en iyi senaryo ve

tema canlandığı için yeni başlayan oyunculara göre en iyi hamleyi yapabildiklerini gözlemlemiştir. Yani zihinsel antrenmandan dolayı beynin prefrontal bölgesini geliştirdikleri için haritalar sayesinde sezgi ve hesaplama özellikleri oldukça gelişmiştir. En iyi satranç oyuncularının, genellikle, hamlenin doğru olduğu konusunda keskin bir hisse veya sezgiye sahip olduğunu gözlemlemiştir. Bu his ve sezginin, eğitimde yararlı bir araç olabileceği savunulmuştur. Sezgi, eğitim açısından genellikle küçümsenir, ancak bir sorunu çözme adımları kolayca belirgin olmadığında hem problem çözmede hem de gerçek yaşam uygulamalarında çok yararlı bir araç olabilir (Chassy, 2015). Eğitimde satranç; konsantrasyon, problem tanımlama, problem çözme, planlama stratejileri, yaratıcılık ve berrak düşünme gibi becerileri pekiştirmek için bir öğretim stratejisi olarak kullanılabilir (Storey, 2000). Örneğin; ABD’de bir ortaokulda 30 haftalık satranç eğitimi programının matematik sınıflarında bilişsel yetenekler üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, satranç eğitimi ile matematik yeterlilik test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlemlenmiştir. Ayrıca, satranç öğretimi ile yılsonu notları arasında pozitif bir korelasyon görülmüştür. Bu çalışma, satranç öğretiminin bilişsel becerileri öğrenmeyi kolaylaştırdığına ve matematik öğrenimine olumlu katkı sağladığını göstermiştir (Dauvergne, 2000). Bu bağlamda, eğitimde satranç öğretiminin yaygınlaştırılmasını sağlayacak çalışmaların yapılması; gelecek nesillerin yetenek kombinasyonu açısından birçok alanda başarı sağlanmasına yardımcı olabilir (Horgan,1990).

2.2. Beynin Yapısal Fonksiyonu ve Satranç İlişkisi



(<https://www.chess.com/article/view/how-to-train-your-brain>)

“ Satranç tahtası insan zihninin cimnastik salonudur.”

Pascal

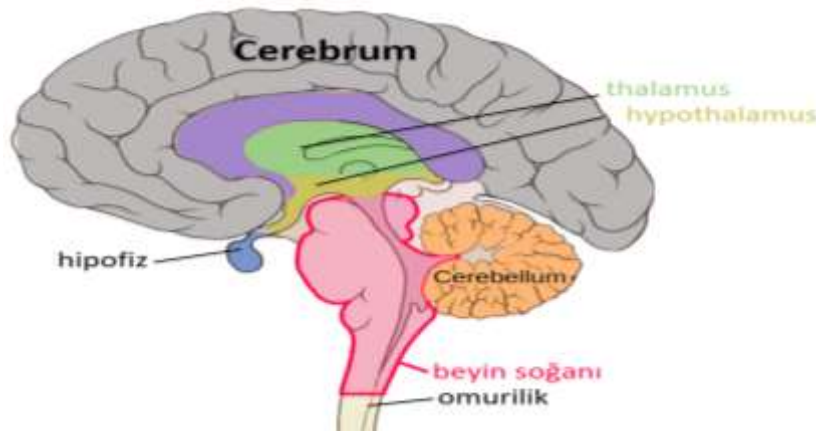
Satranç üzerine yapılan çalışmalar beyne atıfta bulunmadıkça eksik kalacaktır.

(Zuo ve Xing, 2014).

Satranç, karmaşık zihinsel süreçleri kapsayan ve günlük hayatta pratik yansımaları olan çok boyutlu bir oyundur. Satranç oyununda olduğu gibi günlük yaşamda da karşılaşılan durumlar değerlendirilir, gerekli hesaplamalar yapılarak problemlerin çözümü için odaklanılır ve mümkün olduğunca doğru kararlar alınması hedeflenir. Satranç yalnızca bir zekâ oyunu değil, aynı zamanda zihinsel cimnastiğin ve beyin fırtınasının en somut halidir (Grabner, 2014). Vücudun en önemli merkezi olan beyne hitap eder; onun daha sağlıklı ve akıcı biçimde fonksiyonunu sürdürmesinde önemli bir rol oynar. 1950'lerde ve 1960'larda Amerikalı büyük usta Bobby Fischer tarafından popüler hale gelen bu zihin oyunu, bugün dünyanın her yerinde genç ve yaşlı insanlar tarafından yaygın olarak oynanıyor. Satranç sporunun zihinsel gelişime fayda sağladığının kanıtı olarak literatürde birçok bilimsel çalışma vardır (Schneider ve diğerleri, 1993; Bilalic ve diğerleri, 2006). Fakat hem zihinsel gücün kanıtı olarak hem de ilham verici zihinleri anmak adına karmaşık matematiksel işlemleri inanılmaz hızda yapabilme yeteneği sayesinde "dünyanın en hızlı insan hesap makinesi" unvanını kazanan Neelakantha Bhanu Prakash örneğini verebiliriz. Beş yaşında, bir kamyonun çarpması sonucu kafatasını kıran ve birden fazla ameliyat olması gereken Bhanu'nun iyileşmesi için seksen beş dikiş, birden fazla ameliyat ve uzun süreli koma gerekti. Doktorlar ailesine, kazanın Bhanu'da bilişsel bozulmaya neden olabileceğini söyledi ve beynini aktif tutmak için bir çözüm olarak satranç oynamasını, matematik problemleri çözmesini ve bulmaca çözmesini istediler. Bu zihin oyunları onun iyileşmesine ve zihnini aktif tutmasına yardımcı oldu. Satranç oynamanın sadece beyni geliştirmekle kalmadığı, aynı zamanda fiziksel güç kaybına neden olan kazalarda, bireylerin ince motor becerilerinin gelişimine de yardımcı olduğu ortaya çıktı (Bilalic ve diğerleri, 2007). İnsan beyninin ayrıntılı bir şekilde anlaşılması, insan deneyimini, davranışını ve bilişsel becerilerin işleyişini anlamamıza yardımcı olur (Lesh ve diğerleri, 2013). Beyin, vücudun tüm fonksiyonlarını kontrol eden, dış dünyadan gelen bilgileri yorumlayan, ruhun ve zihnin özünü bünyesinde barındıran, yetişkinlerde yaklaşık olarak 1300-1400 gram olan inanılmaz bir organdır (Zuo ve Xing, 2014). Yeni doğanlarda yaklaşık 350-400 gram olan beyin, hücre boyutu ve bağlantıların sayısı arttıkça gelişir. Beynin % 78'i sudan, % 10'u yağdan ve % 8'i de proteinden oluşur (Yang ve diğerleri, 2019). Kişiden kişiye beyin ağırlığı değişebilmektedir. Fakat yapılan araştırmalarda insan beyninin işlevi ile ağırlığı arasında ilişki görülmemiştir (Mesulam, 2004; Yıldırım ve Şimşek 2003). Örneğin, Albert Einstein'ın beyninin ortalamanın altında bir ağırlığa sahip olduğu, ölümünden sonra yapılan incelemelerle belirlenmiştir. Bu incelemeler, Einstein'ın beynini otopsi sırasında alan

ve inceleyen nöropatolog Thomas Stoltz Harvey tarafından yapılmıştır (Diamond ve diğerleri, 1985; Witelson ve diğerleri, 1999). Einstein'ın beyninin belirli bölgelerinde daha yoğun bir sinir hücresi bağlantısı ve farklı yapısal özellikler gösterdiği de bu çalışmalarla ortaya konulmuştur (Falk ve diğerleri, 2013). Bu durum, beynin yapısal ağırlığından ziyade bağlantı yoğunluğunun ve organizasyonun bilişsel yetenekler üzerinde daha belirleyici olabileceğini göstermektedir (Anderson, 1999).

Sonsuz bir evren niteliğinde olan beyni araştırmacılar farklı bölümlerde incelemiştir. Bu araştırmaların sentezi olarak beyni, temelde üç ana bölümde; beyincik, beyin ve beyin sapı olarak inceleyebiliriz (Korkmaz ve Mahiroğlu, 2007).



<https://sarkac.org/2023/01/beyin-nedir-nasil-calisir/beynin-bolumleri-commons/>

Şekil 3: Beynin Üç Ana Bölümü: Beyin (Cerebrum), Beyincik (Cerebellum) ve Beyin Sapı (Brainstem)

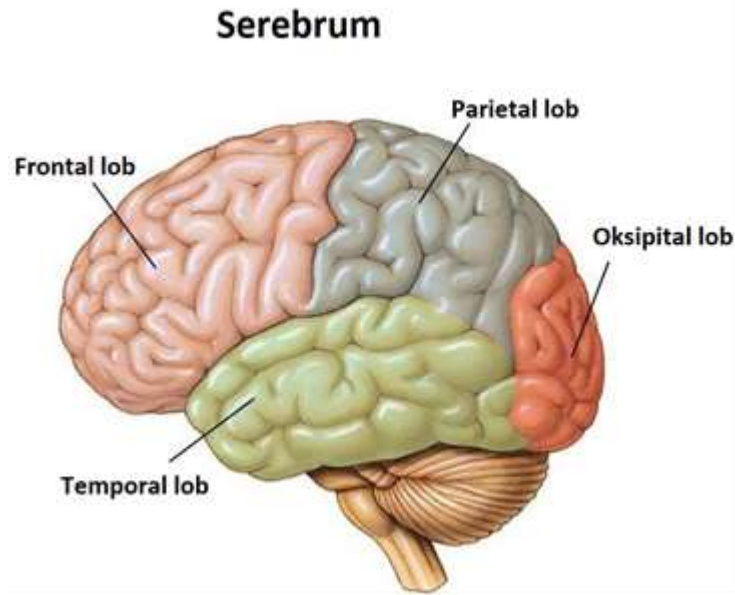
Ön Beyin

Serebrum: Serebral korteks olarak da bilinen bu bölge, insan beyninin en büyük kısmıdır ve aynı zamanda eylemde bulunma, düşünme gibi yüksek yoğunluk gerektiren beyin işlevlerinin gerçekleştiği alandır. Bu bölgede konuşabilme, duygular, hassas hareket kontrolü gibi işlevlerin yanı sıra, dokunma, görme ve işitsel algılar da gerçekleşir. Ayrıca, denge ve koordinasyon gibi temel motor beceriler de bu bölgenin işlevselliği kapsamında değerlendirilir (Liebetanz, 2002).

Beyincik (Cerebellum): Serebrumun altında bulunur. İşlevi, kas hareketlerini koordinasyonlu hale getirmek ve duruşu koruyabilmekle birlikte dengeyi sağlamaktır (Buckner ve diğerleri, 1999)

Beyin Sapı: Serebrum ve serebellum, omuriliğe bağlanan bir röle merkezi görevi üstlenir. Bu sistem, solunum, nabız, vücut ısısı, uyanma ve uyku döngüleri, sindirim, hapsirme, kusma, öksürme ve yutma gibi birçok otomatik işlevi düzenler (Madi, 2011).

İnsan beyni dört ana lobdan oluşur: oksipital lob, ön lob, parietal lob ve temporal lob.



(<https://noroblog.net>)

Şekil 4: Beynin Ana Lobları

Parietal Lob: Beynin arka ve üst kısımlarında yer alan, görme, dokunma, uzamsal yönelim ve beden farkındalığı gibi duyuların yanı sıra karmaşık davranışların kontrol mekanizması olarak işlev gören bu bölgeler, görsel-uzaysal işleme, dil anlama, inşa etme yeteneği ve öz-farkındalık gibi süreçlerle ilişkilidir (Fuster,1997)

Oksipital Lob: Beynin arka bölgesinde konumlanır ve görsel tanıma, görsel dikkat, uzamsal analiz (3 boyutlu bir dünyada hareket etme) ve beden dilinin görsel algısı gibi görsel işlememizle bağlantılı bir bölgedir (Fuster,1997).

Temporal Lob: Kulaklara yakın bir bölgede konumlanarak, işitsel uyarıların algılama ve konuşulanları anlama ile bağlantılı bir bölgedir (Zimmerman ve diğerleri, 2018).

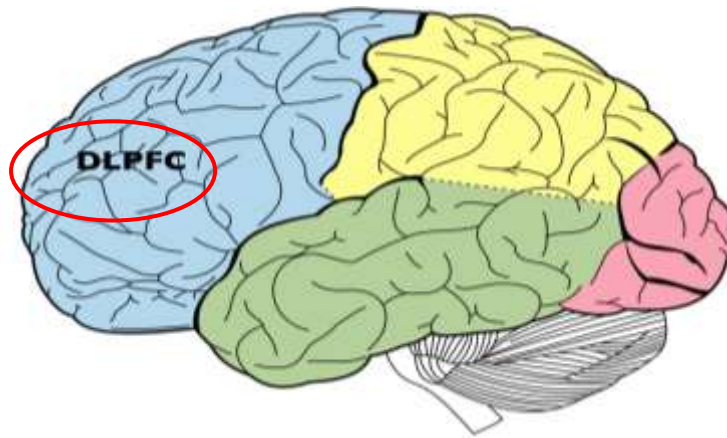
Frontal Lob: Frontal korteks, premotor korteksi ve motor korteksin parçaları olan birincil motor korteksi içerir. Frontal korteksin ön kısmı prefrontal korteks ile kaplıdır ve beynimizin akıl yürütme, organize etme, planlama, konuşma, hareket etme, problem çözme ile ilişkilidir (Schieber, 2001).

Frontal korteksin arka kısmı, motor korteks ve premotor korteks oluşturur, bu bölgeler hareketlerin gerçekleşmesinden sorumludur. Motor kontrolle ilgili olan bu bölümler, hareketlerin planlanması ve uygulanmasında önemli bir rol oynar. Öte yandan, prefrontal korteks olarak adlandırılan ön kısımlar, düşüncelerin olgunlaştırılması, kişilik ve davranışların düzenlenmesinde kritik bir rol oynar (Schieber, 2001; McGee, 2004).

Prefrontal Korteks: Prefrontal korteks yapısı gereği üç fonksiyonel-anatomik bölgeden oluşur. Bu bölgeler; dorsolateral prefrontal korteks (arka ve yan bölüm), orbitofrontal korteks, medial frontal (anterior singulat) korteks olarak adlandırılır (Morrill ve diğerleri, 2015).

Dorsolateral prefrontal korteks adıyla anılan bölge, başlatma, planlama, sıralama (sürdürme, durdurma, yer değiştirme) ve aynı zamanda davranışları denetleme ile ilgili olan bazı yürütücü işlevlerde; orbitofrontal korteks bölgesi; dürtü ve duyguların düzenlenmesinde; medial frontal korteks (anterior singulat), dikkat, bellek, motivasyon gibi süreçlerde görev üstlenmektedir (Grace ve diğerleri, 1999; Belene, 2007) .

Dorsolateral Prefrontal Korteks: Dorsolateral prefrontal korteks bölgesinin en önemli görevi yürütücü işlevselliği ile ilgili olmaktadır. Yürütücü işlevler örnekleri ise; amaç belirlemek, amaca yönelik planlama yapmak, amaca yönelik planları uygulamak ve aynı zamanda bu planlamaların gerçekleşebilmesi adına etkili ve yeterli bir performans sergileyebilme gibi önemli bilişsel becerilerdir. Aynı zamanda dorsolateral prefrontal korteks bölgesi dışsal ve içsel bilgilerin işlenmesi, problem çözebilme, soyutlama, problem çözme, planlama ve davranışın yürütülmesi tüm bunların değerlendirilmesi süreçleriyle de ilgilenir (Lesh, 2013; Lezak, 1983).



<https://brainstimulationclinic.squarespace.com/dlpfc/>.

Şekil 5: Dorsolateral Prefrontal Korteks Alanı.

2.3. Nörogörüntüleme ve Nöromodülasyon: Beyin İncelemelerindeki İki Farklı Yaklaşım

Beyin araştırmalarında kullanılan teknikler arasında nörogörüntüleme ve nöromodülasyon, beyin aktivitesini anlama ve bu aktiviteyi düzenleme amacını taşıyan iki farklı yaklaşımı temsil eder (Kaya ve diğerleri, 2017). Her iki yöntem de önemli bilimsel ilerlemelere katkı sağlamakla birlikte, farklı amaçlara hizmet eder ve çeşitli alanlarda kullanılır.

Nörogörüntüleme yöntemlerinin amacı, beyin aktivitesini inceleyerek beyindeki mevcut durum hakkında detaylı bilgi sağlamaktır. Bu yöntemlerle beynin anatomik ve fonksiyonel özellikleri haritalanır (Yoshida, 2020). Beyin görüntüleme teknikleri arasında Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme (fMRI), Pozitron Emisyon Tomografi (PET),

Optik Görüntüleme ve Elektroensefalografi (EEG) gibi farklı kaydetme teknikleri bulunmaktadır (Aldemir, 2019). Bu teknikler, beynin belirli bölgelerindeki kan akışı, metabolizma veya aktivite değişikliklerini ölçerek, hangi bölgelerin hangi görevlerle ilişkilendirilebileceğini anlamamıza yardımcı olur (Hausdorff ve diğerleri, 2000). Örneğin, PET, kişiye radyoaktif madde enjekte edilerek beyindeki kan akışını kaydeder (Demir, 2015). fMRI ise, beyindeki kan akışına bağlı olarak kandaki oksijen seviyesindeki değişiklikleri ölçer (Önder, 2016). Optik Görüntüleme yönteminde, beyne kızılötesi ışık verilerek, şıgın oksijenli kandan geçişi ve aktif nöronlarla karşılaşmasıyla beyindeki bölgelerin hangi görevlerle meşgul olduğu çıkarılır. EEG yöntemi ise beynin elektriksel aktivitesini ölçer. Bu yöntemlerden bazıları cerrahi işlem gerektirdiğinden ve bazıları maliyetli veya gerçek zamanlı uygulamalar için uygun olmadığından kullanım alanları sınırlıdır. Ancak, EEG yöntemi, PET veya fMRI'dan çok daha büyük bir zamansal çözünürlüğe (saniye yerine milisaniye hassasiyet) sahip olduğundan ve duygusal uyaranlara verilen tepkilerin hızlıca algılanmasını sağladığından, duygularla ilgili beyin dinamiklerini araştırmada yaygın olarak kullanılmaktadır (Murugappan ve diğerleri, 2010).

Nöromodülasyon tekniklerinin amacı ise beyin aktivitesini etkilemek ve düzenlemektir. Bu tekniklerde genellikle elektrik akımı veya manyetik alan kullanılarak belirli beyin bölgelerine doğrudan veya dolaylı olarak müdahale edilir. Örnek olarak; Transkraniyal Manyetik Stimülasyon (TMS), Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonu (tDAS) ve Derin Beyin Stimülasyonu (DBS) gibi nöromodülasyon teknikleri, nöronal aktiviteyi değiştirerek özellikle nöropsikiyatrik bozuklukların tedavisinde ve nöroplastisitenin yönetilmesinde kullanılmaktadır (Nitsche ve Paulus, 2000; Lozano ve Lipsman, 2013). TMS, manyetik alanlar kullanarak beyne kısa süreli elektriksel uyarılar yaratırken (George ve Aston-Jones, 2010), tDAS, düşük yoğunluklu doğru akım uygulayarak beyin hücrelerinin uyarılabilirliğini artırır (Nitsche ve Paulus, 2000). TMS ve tDAS noninvaziv uygulamalara dayalı iken, DBS cerrahi olarak beyin derinliklerine yerleştirilen elektrotlar aracılığıyla modülasyon sağlayan invaziv bir yöntemdir (Lozano ve Lipsman, 2013). Bu tekniklerin her biri nöromodülasyonun farklı yönlerini temsil eder ve çeşitli klinik ihtiyaçlara yanıt verir. Hangi tekniğin kullanılacağı hastanın durumuna, tedavinin amaçlarına ve uzmanın tercihlerine bağlı olarak değişir. TMS, depresyon ve anksiyete gibi duygu durum bozukluklarında yaygın olarak kullanılırken (George ve Aston-Jones, 2010), tDAS yöntemi genellikle motor öğrenme, rehabilitasyon, kronik ağrı tedavisi ve bilişsel performans gelişimi gibi durumlarda tercih edilmektedir (Nitsche ve Paulus, 2000). DBS ise Parkinson hastalığı ve distoni gibi hareket bozukluklarında etkili bir tedavi yöntemi olarak kullanılır (Lozano ve

Lipsman, 2013). Nörogörüntüleme ve nöromodülasyon, beyin araştırmalarında birbirini tamamlayıcı perspektifler sunar; nörogörüntüleme, beyin yapısı, fonksiyonları ve hastalığın teşhisi hakkında ayrıntılı bilgi sağlarken (Fox ve Raichle, 2007), nöromodülasyon bu bilgileri klinik uygulamalarla birleştirerek çeşitli nörolojik ve psikiyatrik durumların tedavi edilmesine olanak tanır (George ve Aston-Jones, 2010). Bu iki alanın entegrasyonu, hem beyin ve sinir sisteminin karmaşıklığını daha iyi anlamamıza hem de özgün tedavi yöntemleri ve psikofizyolojik gelişim açısından önemli adımlar atmamıza yardımcı olmaktadır (Logothetis, 2008).

2.4. Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonu (tDAS)

Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonu, beyin aktivitesini değiştirmek için düşük seviyede doğru akımın kullanıldığı bir beyin uyarım yöntemidir. Bu teknik, beyin üzerindeki belirli bölgelere anot (pozitif) ve katot (negatif) elektrotlarının yerleştirilmesiyle, düşük oranda doğrudan elektiriksel akım verilerek gerçekleştirilir (Bikson ve diğerleri, 2016). Anot elektrodundan verilen elektiriksel akım, nöronal aktiviteyi artırırken, katot elektrodundan verilen elektiriksel akım nöronal aktiviteyi inhibe eder (Nitsche ve Paulus, 2000). Bu uygulama, genellikle 5-30 dakika süreyle, 1-2 miliamper (mA) oranında değişmektedir (Iyer ve diğerleri, 2005). Akım yoğunluğu, elektrotun fiziksel boyutuna göre değişmektedir; standart bir ölçüme göre yoğunluğun 1 mA için elektrot boyutunun 35 cm² olduğu kabul edilir (Nitsche ve Paulus, 2000). Elektrot büyüklüğü artmasıyla birlikte uygulanan akım gücünün azalır; bu nedenle genellikle 5x5 veya 7x7 cm²'lik elektrotlar tercih edilmektedir (Fregni ve diğerleri, 2005; Iyer ve diğerleri, 2005). Çeşitli araştırmalar, tDAS'ın uygulamasının; nörolojik ve motor rehabilitasyon, motor korteks uyarılabilirliğine bağlı beceri öğrenimi dikkat, hafıza, öğrenme, koordinasyon gibi birçok bilişsel ve motor beceriler üzerinde olumlu etkiler gösterebileceğini öne sürmektedir (Nitsche ve Paulus, 2000; Kuo ve Nitsche, 2012; Brasil-Neto, 2012; Brunoni ve diğerleri, 2012; Feng ve diğerleri, 2013; Bikson ve diğerleri, 2016). Ancak, bu tekniklerin uzun vadeli güvenilirliği ve etkinliği konusunda elbette ki daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bilgilerden hareketle tDAS tekniğinin spor bilimleri alanında çalışılmasının artması; bu tekniğin performans artışı, öğrenme hızı ve rehabilitasyon süreçlerindeki potansiyel rolünü anlamak için oldukça önemli bir adımdır (Nitsche ve diğerleri, 2007). Mevcut çalışmada, satranç sporcularına uygulanan tDAS, sporcuların performansını ve zihinsel odaklarını geliştirmede potansiyel bir strateji sunmaktadır.

2.4.1. Spor Araştırmalarında Transkraniyal Doğru Akım Stimölasyonu (tDAS)

Elektriksel stimölasyon uygulamalarının, 19. yüzyılın başlarında Luigi Galvani ve Alessandro Volta'nın elektrik akımının fizyolojik etkileri üzerindeki çalışmaları ile başladığı kabul edilmektedir (Lippold ve Redfearn, 1964). Bu çalışmada Galvani, kurbağa bacakları üzerinde yaptığı deneylerle, elektrik akımının kas hareketlerini tetikleyebileceğini gözlemleyerek nörofizyoloji alanına önemli bir katkı sağlamıştır (Galvani, 1792). Elektriksel stimölasyon uygulamaları, özellikle tDAS, 1960'lı yıllarda modern anlamda gelişmeye başlamıştır. Bu dönemde yapılan çalışmalar genellikle, elektrik akımının beyin fonksiyonel yapısı üzerindeki etkilerini anlamada büyük adımlar atmış ve bu teknolojinin terapötik katkılarını ortaya koymuştur (Kandel ve diğerleri, 2000). Modern uygulamaların başladığı bu yıllarda Lippold ve Redfearn (1964), prefrontal kortekse uygulanan anodal tDAS'ın beyin aktivitesini ve sinirsel bağlantıları iyileştirebileceğini gösteren ilk çalışmalardan birini gerçekleştirmiştir. Bu öncü çalışma, tDAS'ın beyindeki nörotransmitter sistemleri modüle ederek ruh halini iyileştirdiğini; dolayısıyla bu tekniğin nörofizyolojik süreçler üzerinde olumlu etkiler yaratabileceğini, depresyon ve anksiyete gibi bozuklukların tedavisinde etkili olabilecek bir yöntem olduğunu göstermiştir (Lippold ve Redfearn, 1964). 1980'li yıllarda ise elektriksel stimölasyon, özellikle tDAS ve TMS alanında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu dönemde yapılan çalışmalar, bu tekniklerin çeşitli nörolojik ve motor işlevler üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Örneğin, Merton ve Morton (1980), motor kortekse uygulanan manyetik stimölasyonun kas aktivitesini artırma potansiyelini inceleyip olumlu sonuçlar elde etmişlerdir. Böylece bu, noninvaziv beyin stimölasyonunun motor işlevlerin değerlendirilmesi ve geliştirilmesinde kullanılabileceğine dair önemli bulgular sunulmuştur (Merton ve Morton, 1980). Bu dönemde yapılan başka bir çalışmada Barker ve diğerleri, (1985), hızlı ve güçlü manyetik alan darbeleri üretebilen bir TMS cihazı kullanarak, motor korteksi uyarabilmiş ve bu uyarım sonucunda periferik kaslarda kasılmalar gözlemiştir. Ayrıca bu uyarımın neden olduğu kas aktivitesi, yüzeyel elektromiyografi (EMG) kullanılarak kaydedilmiştir. Çalışmanın bulguları, TMS'nin motor işlevlerin değerlendirilmesi ve motor nöron yollarının haritalanmasında önemli bir yere sahip olduğunu ortaya koymuş ve noninvaziv nöromodölasyon tekniklerinin ilerleyen yıllarda yaygın olarak kullanılmasının önünü açmıştır (Barker ve diğerleri, 1985). 2000'li yıllardan itibaren tDAS, nörobilim ve klinik araştırmalar açısından büyük bir ivme kazanmış ve çeşitli nörolojik bozuklukların tedavisinde kullanımı yaygınlaşmıştır. Örneğin tDAS; inme rehabilitasyonu (Hummel ve diğerleri, 2006), kronik ağrı (Fregni ve diğerleri, 2007), parkinson hastalığı (Wu ve diğerleri, 2008) ve majör depresif bozukluk (Brunoni ve diğerleri, 2009) gibi bir çok serebral rahatsızlığın tedavisinde

kullanılmış ve genel olarak olumlu sonuçlara ulaşılmıştır. Bu çalışmalar, tDAS'ın güvenli ve etkili bir nöromodülasyon tekniği olarak klinik pratiğe girmesinde önemli bir rol oynamıştır (Fregni ve diğerleri, 2007). 2000'li yılların başında yapılan ilk önemli çalışmalardan biri, Nitsche ve Paulus, (2000) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, daha önce genellikle hayvan deneylerinde kullanılan (Creutzfeld ve diğerleri, 1962; Eccles ve diğerleri, 1962; Bindman ve diğerleri, 1964; Purpura ve McMurtry, 1965; Artola ve diğerleri, 1990; Malenka ve Nicoll, 1999), elektriksel stimülasyon tekniğinin, insan motor korteksine uygulanmasıyla birlikte motor öğrenme ve beceri performansını artırabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bu bulgular, özellikle motor becerilerin öğrenilmesi veya mevcut becerilerin iyileştirilmesi gereken spor dallarında tDAS'ın potansiyel faydalarını ortaya koymaktadır. Bu potansiyel güce binayen, günümüzde tDAS, nörobilim ve spor bilimlerinin kesişim noktasında yenilikçi bir araç olarak dikkat çekmektedir. Ayrıca; motor öğrenme (Reis ve diğerleri, 2009), dayanıklılık ve kuvvet performansı (Angius ve diğerleri, 2016; Lattari ve diğerleri, 2018;), bilişsel beceriler (Jones ve diğerleri, 2015; Bjekić ve diğerleri, 2023) ve otonom sinir sistemi modülasyonu (Machado ve diğerleri, 2021; Burkhardt ve diğerleri, 2023) gibi farklı spor performans bileşenlerinde de önemli bilgi ve iyileştirmeler sunmaktadır. Son yıllarda psikofizyoloji biliminin de gelişimiyle beraber özellikle, tDAS'ın KAHD üzerindeki etkilerini inceleyen araştırmalar artmış, bu teknolojinin stres yönetimi, odaklanma ve otonom sinir sistemi aktivitesinin düzenlenmesiyle ilgili değerli bulgular literatüre kazandırılmıştır (Pinto ve diğerleri, 2023; Messina ve diğerleri, 2024). Satranç sporcuları üzerine yaptığımız tDAS çalışması da dahil olmak üzere, KAHD ile tDAS arasındaki etkileşimin otonom sinir sistemi aktivitesini düzenlemedeki rolüne güncel bir yaklaşım olarak son yıllarda bu alanda yapılmış bazı çalışmaları örnek gösterilebilir.

Moreira ve diğerleri (2021) tarafından yapılan çalışmaya göre, profesyonel futbolcuların sol dorsolateral prefrontal korteksine (DLPFK) uygulanan adonal tDAS'ın, parasempatik otonom belirteçleri artırmada olumlu bir etkiye sahip olduğu, futbolcuların zihinsel ve duygusal sağlığını desteklediği ortaya konmuştur. Sağlıklı erişkinler üzerine yapılan başka bir çalışmada benzer şekilde sol DLPFK'ye uygulanan anodal tDAS'ın deney grubunda KAH'da azalmaya KAHD'de ise artmaya neden olduğu ve sempatovagal dengeyi modüle ettiği gözlemlenmiştir. Çalışmanın kontrol grubunda ise bu etkilerin gözlenmediği bildirilmiştir (Gu ve diğerleri, 2022). Bu örnek çalışmalar tDAS'ın, ilerki araştırmalar için otonom bozukluklarda, kardiyovasküler hastalıklarda veya bilişsel performans gelişimi için sporcularda uygulanabilecek klinik bir temel oluşturduğunu göstermektedir (Gu ve diğerleri, 2022). Son olarak; Messina ve diğerleri, (2024), tarafından yapılan çalışmada, noninvaziv

beyin stimölasyonu (NİBS) teknikleri ile otonom sinir sistemi arasındaki ilişkiyi temel alan çalışmalar sistematik olarak değerdendirilmiştir. Mevcut literatürün kapsamlı bir incelemesiyle, transkraniyal manyetik stimölasyon (TMS), tDAS ve transkraniyal elektriksel stimölasyon (tES) dahil olmak üzere çeşitli NİBS modalitelerinin otonom fonksiyon üzerindeki etkileri incelenerek, NİBS'in KAHD, bilişsel performans gelişimi ve sempatik-parasempatik denge gibi fizyolojik süreçleri etkileyen otonom aktiviteyi modüle etme potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir (Messina ve diğerleri, 2024). Sonuç olarak incelenen makalelerde, NİBS'in otonom hastalıklar için olası terapötik faydaları da dahil olmak üzere beyin stimölasyon teknikleri ve otonom düzenleme arasında önemli bir korelasyon bulunmuştur. Satranç sporcuları üzerine uygulanan tDAS'ın, KAHD'ye etkilerini inceleyen mevcut çalışma, beyin stimölasyon teknikleri ve otonom düzenleme arasındaki karmaşık etkileşime ilişkin artan bilgi birikimine katkıda bulunarak; otonomik modölasyon ve bilişsel performans ilişkisi için gelecek araştırmalar ile klinik müdahalelerin önünü açabilecek potansiyeldedir.

2.5. Kalp Atım Hızı Değışkenliğı (KAHD)

Kalp atım hızı; kalbin dakikadaki atış (kasılma) sayısı olarak tanımlanır. Kalp, kanın dolaşım sistemi içindeki sirkölasyonunun oluşmasını sağlayan fizyolojik bir görev görürken; Kalp atım hızı değışikliği (KAHD), kalp ve beyin arasındaki sinyallerin uyumunu yansıtır bir parametre niteliğindedir (Günay ve diğerleri, 2006). KAHD, otonom sinir sisteminin iki kolu arasında devam eden etkileşimle ilişkili olan RR aralıklarındaki kalp atım hızı değışikliklerini yansıtır (Task Force, 1996). Sağlıklı bir kalbin salınımları doğrusal olmayıp karmaşık seyreder (Zhang, 2007). Bu atımlar, bireyin fiziksel veya mental stres algısına da bağılı olarak yaş, cinsiyet (Halko ve Sääksvuori, 2017), kişilik (Zohar ve diğerleri, 2013), egzersiz (Sandercock ve Brodie, 2006) veya hastalık durumu gibi bireyin sahip olduğu özelliklere göre değışiklik göstermektedir. Doğrusal olmayan bu sistem, belirsiz içsel ve çevresel koşullarla başa çıkma imkânı sağlayarak ardışık kalp atımları arasındaki dalgalanmayı göstereren otonom sinir sistemi (OSS) hakkında bilgi verir (Bechke ve diğerleri, 2020).

2.5.1. Otonom Sinir Sistemi (OSS):Otonom sinir sistemi (OSS), beyin sapı yoluyla omuriliğe ve organlara giden bütünleşik refleksler tarafından düzenlenir (Eapen ve diğerleri, 2017). Otonom işlevler arasında solunumun kontrolü, kardiyak düzenleme ve istemsiz (öksürme, yutkunma vs.) eylemler bulunur (Ortiz ve diğerleri, 2021). Beyin sapının üzerinde yer alan hipotalamus, otonomik işlevler için bir entegratör görevi görür ve limbik sistemden otonomik düzenleyici girdiler alır, böylece vücut homeostazisini sağlar ve korur (Rasmus ve

diğerleri, 2019). OSS, beyin sapı, hipotalamus ve serebral korteks seviyesindeki entegrasyon merkezlerinin yanı sıra sempatik ve parasempatik efferent (duyu sinirleri) sistemlerden oluşur (Oh ve diğerleri, 2015). "Hızlı yanıt" sistemi olarak bilinen sempatik sinir sistemi (SSS), yüksek aktivite, heyecan, stres gibi durumlarda baskındır ve uyarılması KAH'ın artmasına neden olur. "Rahat tepki" sistemi olarak bilinen parasempatik sinir sistemi (PSS), sessiz ve gevşeme durumlarında baskındır ve KAH'daki azalmayla ilişkilidir. Sağlıklı bireylerde iki sistem, fizyolojik otonomik fonksiyondaki düzenleyici dengeyi korumak için birlikte çalışır ve vücudun farklı koşullara uyum sağlamasına yardımcı olur (Shaffer ve Ginsberg, 2017).

2.5.2 KAHD Ölçümleri: KAHD, sempatik ve parasempatik sinir sisteminin sinerjistik etkisinin neden olduğu kardiyovasküler aktivitedeki değişiklikleri yansıtan sinyaller aracılığıyla ölçülür (Acharya ve diğerleri, 2006; Shaffer ve Ginsberg, 2017). Merkezi otonomik ağın bir parçası olarak kabul edilen prefrontal korteks, amigdala ve medulla oblongata (omurilik soğanı) gibi belirli beyin bölgeleri, karar verme, tehdit tepkisi ve duygusal işleme süreçlerinde önemli roller oynar (Silvani ve diğerleri, 2016; Valenza ve diğerleri, 2019). Bu bağlamda, kalp atım hızı değişkenliği (KAHD) serisi, beyin-kalp etkileşiminin bir temsili olarak düşünülür ve bu ölçüm KAHD metrikleri ile gerçekleştirilir (Candia-Rivera ve diğerleri, 2022). KAHD, OSS dalgalanmalarının potansiyel bir göstergesi olarak kabul edilir ve bunu ölçmek için kullanılan ana yöntem, ardışık kalp atışları arasındaki zaman aralıklarındaki (interbeat interval, IBI) değişkenliği ölçmektir (Cohen, 1989). 1981'de Akselrod ve diğerleri, KAHD'nın güç spektral analizini tanıtmıştır. Bu analiz, farklı frekans bantlarındaki gücün değerlendirilmesine olanak tanır. Daha sonra, hem zaman hem de frekans değişkenlerini aynı anda yakalamak için zaman-frekans alanı ölçümleri yapılmıştır (Cohen, 1989). Aynı on yılda, Goldberger ve West (1987), KAHD sinyalinin yalnızca düzenli bir periyodik osilatörün ürünü olmadığını, aksine deterministik bir kaosu (temelde bir yapıya sahip görünüşte rastgele bir olaylar dizisi) özelliklerini sergilediğini belirtmişlerdir (Denton, 1990; Bigger, 1996). Bu nedenle, KAHD'deki kaotik dalgalanmaların karmaşık doğrusal olmayan dinamik davranışlarını yakalamak için yeni analitik yaklaşımlar önerilmiştir (Lombardi, 1996; Huikuri, Mäkikallio, ve Perkiömäki, 2003; Suri, 2006). O zamandan bu yana, KAHD araştırmalarının evrimi, KAHD'yi ölçmek ve güvenilir bir şekilde değerlendirmek için yeni ve daha güvenilir endekslerin veya yaklaşımların ortaya çıkmasıyla ilişkilendirilmiştir. Bu, KAHD'yi, matematiksel ve hesaplamalı gelişmelere büyük ölçüde bağlı, hızla gelişen bir alan haline getirmiştir (Voss ve diğerleri, 2009).

2.6. KAHD Parametreleri

KAHD metrikleri; zaman alanı, frekans alanı ve doğrusal olmayan ölçümler olarak gruplanır (Agelink ve diğerleri, 2002). KAHD'yi etkileyen birçok sistem ve olgunun varlığı nedeniyle, KAHD farklı zaman ve frekanslarda incelenir. Bu nedenle, kardiyak aktivite kayıtlarının süresi doğal olarak değişkenlik gösterir (Shaffer ve Ginsberg, 2017). Bu bağlamda veriler, amaca uygun süre seçilerek kısa süreli (5 dk.), ultra kısa süreli (< 5 dk.) ve uzun süreli (> 24 saat) ölçümler olarak gerçekleştirilir. Örneğin, 5 dakika veya daha kısa süreli kayıtlar, yüksek frekanslı KAHD'yi etkili bir şekilde yakalayabilirken, düşük frekanslı bileşenleri güvenilir bir şekilde değerlendirmek için en az 24 saatlik uzun süreli kayıtlara ihtiyaç vardır (Shaffer ve Ginsberg, 2017). Uzun vadeli kayıtlar, daha çeşitli durumlardaki değişiklikleri yakaladığından (sirkadiyen ritimler, uyku döngüleri, metabolizma ve vücut ısısı ile hormonal sistemlerdeki değişiklikler gibi) sistemin genel durumunu daha iyi yansıtır (Baek ve diğerleri, 2015; Castaldo ve diğerleri, 2019).

2.6.1. Zaman-Alanı Ölçümleri: Zaman alanı indeksleri, kısa ve uzun izleme süreleri (<1 dakika ile > 24 saat arasında değişebilen) boyunca gözlemlenen KAHD'yi ölçer. Bu indeksler, ardışık normal-zaman aralıklarının istatistiksel analizine dayanır. Zaman alanı indeksleri, Tablo 1'deki gibidir.

Tablo 1.

KAHD Zaman Alanı Ölçümleri (Shaffer ve Ginsberg, 2017)

Parametre	Birim	Tanım
SDNN	ms	NN aralıklarının standart sapması
SDRR	ms	RR aralıklarının standart sapması
SDANN	ms	24 saatlik KAHD kaydının her 5 dakikalık bölümü için ortalama NN aralıklarının standart sapması
SDNN indeksi (SDNNI)	ms	24 saatlik KAHD kaydının her 5 dakikalık bölümü için tüm NN aralıklarının standart sapmalarının ortalaması
pNN50	%	50 ms'den fazla farklılık gösteren ardışık RR aralıklarının yüzdesi
HR Maks - HR Min	bpm	Her solunum döngüsü sırasında en yüksek ve en düşük kalp hızları arasındaki ortalama fark
r-MSSD	ms	Ardışık RR aralığı farklarının ortalama karekökü
KAH üçgen indeksi		RR aralığı histogramının yoğunluğunun yüksekliğine bölünmesiyle elde edilen integral
TINN	ms	RR aralığı histogramının taban çizgisi genişliği

Atımlar arası aralık, ardışık kalp atımları arasındaki zaman aralığı; NN aralıkları, artefaktların kaldırıldığı atımlar arası aralıklar; RR aralıkları, ardışık tüm kalp atımları arasındaki aralıklar.

SDNN: SDNN (Standart Sapma of NN intervals), KAHD analizinde hayati bir parametredir. Bu terim, Normal-to-Normal (NN) aralıklarının standart sapmasını ifade eder. NN aralıkları ise, ardışık normal kalp atışları arasındaki süreleri temsil eder. Dolayısıyla, SDNN, kalp atım hızının zaman içindeki değişkenliğini ölçmek için önemlidir (Malik ve Bandyopadhyay, 2015). Yüksek SDNN değerleri genellikle sağlıklı bir sinir sistemi ve yüksek KAHD ile ilişkilendirilir. Bu durum, stres seviyelerinin düşük olduğunu ve adaptasyon yeteneğinin yüksek olduğunu gösterebilir. Diğer yandan, düşük SDNN değerleri, sinir sistemindeki düzensizlikleri veya artan stresi işaret edebilmektedir (Shaffer ve Ginsberg, 2017). Araştırmacılar, bu parametrenin klinik ve araştırma bağlamlarında sinir sistemi aktivitesinin değerlendirilmesinde önemli olduğunu vurgulamışlardır (Camm ve diğerleri, 1996; Laborde ve diğerleri, 2017). SDNN, biyolojik geri bildirim oturumları sırasında izlenen daha kısa sürelerle göre 24 saat boyunca hesaplandığında daha doğru sonuçlar verir. Bu nedenle, uzun süreli koroner arter hastalığı (KAHD) kayıtları için "altın standard" olarak kabul edilir. Daha uzun kayıt süreleri, kardiyak reaksiyonlar hakkında veri sağlamak için daha geniş bir çevresel uyarı aralığına izin verir (Camm ve diğerleri, 1996).

SDRR: SDRR, tüm sinüs atımlarının standart sapmasını ifade etmekte olup tanıma anormal veya yanlış atımlar da dahil edilir ve ms cinsinden gösterilir. SDNN'de olduğu gibi, SDRR da bu aralıkların zamanla nasıl değiştiğini ölçer ve 24 saat üzerinden ölçüldüğünde daha doğru sonuçlar verir. Uzun süreli ölçümlerde, kardiyovasküler sistemin çeşitli çevresel uyaranlara ve iş yüklerine tepkisi daha iyi analiz edilir ve böylece anormal atımlar, kalp fonksiyon bozukluğunu veya KAH gibi görünen dalgalanmayı yansıtabilir (Shaffer ve diğerleri, 2014).

SDANN: SDANN, (Standard Deviation of the Average of NN intervals in all 5-minute segments) Tüm 5 Dakikalık Segmentlerdeki NN Aralıklarının Ortalama Standart Sapması olarak ifade edilir. SDANN, kalp atım değişkenliğinin uzun vadeli paternlerini değerlendirmede kullanılan bir araçtır ve kardiyovasküler sağlığın izlenmesinde önemli bir rol oynar. Tipik olarak, 24 saatlik bir kayıt süresince 5 dakikalık segmentler halinde hesaplanır. Bu ölçüm, bireylerin günlük yaşamlarının ve aktivitelerinin kalp atım hızı üzerindeki etkilerini anlamak için değerli bilgiler sağlar (Kamath ve diğerleri, 2012).

SDNN İndeksi (SDNNI): SDNNI, (Standard Deviation of the NN intervals of normal beats), bir gün boyunca kaydedilen kalp atışlarının değişkenliğini ölçen bir zaman alanı ölçümüdür. Bu ölçüm, 24 saatlik bir süreyi 5 dakikalık segmentlere böler ve her bir segmentteki normal kalp atışları arasındaki farklılıkların standart sapmasını hesaplar. Bu hesaplamaların ortalaması, SDNNI değerini oluşturur (Otzenberger ve diğerleri, 1998).

SDNNI, anormal kalp atışları veya aritmi tespit edilen dönemleri dikkate almaz yalnızca normal durumdaki KAHD etkilerine odaklanır. Aynı zamanda, KAHD'nin gün içindeki genel seyrini gösterir ve very low frequency (VLF) gücü ile ilişkilendirilir (Otzenberger ve diğerleri, 1998). Bu nedenle, SDNN' nin değerlendirilmesi, bireyin sinir sistemi aktivitesi ve kalp sağlığı hakkında önemli bilgiler sağlar ve KAHD'nin stabilitesini değerlendirmek için kullanılır.

NN50-pNN50: NN50, ardışık kalp atışları arasında 50 milisaniyeden fazla farklılık gösteren durumların sayısını temsil eder. pNN50 ise NN50'nin toplam NN sayısına oranını ifade eder. Bu metrik RMSSD ve HF gücü ile yani parasempatik sinir sistemi aktivitesiyle ilişkilendirilir (Umetani ve diğerleri, 1998). Ayrıca biyolojik geri bildirim gibi kısa örneklerde kullanıldığında, pNN50 kısa süreli SDNN ölçümlerinden daha güvenilir bir gösterge olarak değerlendirilebilmektedir (Otzenberger ve diğerleri, 1998).

r-MSSD: r-MSSD (root mean square of successive differences), normal kalp atışları arasındaki ardışık farkların ortalama karekökünü ifade eder. Bu parametre, kalp atışları arasındaki her ardışık zaman farkının milisaniye cinsinden hesaplanmasıyla elde edilen Kalp Atım Hızı Değişkenliği (KAHD) parametresidir (Shaffer ve Ginsberg, 2017). r-MSSD, KAHD'deki atımdan atıma varyansı yansıtarak kalp atım hızı dinamiklerinin daha hassas bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanır. Özellikle, bu ölçüm vagal sinir aktivitesinin kalp atım hızı üzerindeki etkilerini belirlemek için kullanılır (Laborde ve diğerleri, 2017). Vagal sinir sistemi, kalp atışlarını yavaşlatan ve kalp atım hızını düzenleyen bir parçasıdır. Bu nedenle, r-MSSD, vagal aracılı değişiklikleri tahmin etmek için önemli bir zaman alanı ölçüsü olarak kabul edilir (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996). Yüksek r-MSSD değerleri, vagal tonusun yüksek olduğunu ve dolayısıyla parasempatik sinir sisteminin kalp üzerindeki düzenleyici etkisinin güçlü olduğunu gösterir. Düşük r-MSSD değerleri ise, vagal tonusun düşük olduğunu ve kalp atım hızının daha düzensiz olabileceğini işaret eder (Tarvainen ve diğerleri, 2014). r-MSSD, klinik ve araştırma alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır çünkü basit hesaplama yöntemi ve yüksek duyarlılığı sayesinde, özellikle stres, kardiyovasküler sağlık, otonom sinir sistemi disfonksiyonları ve egzersiz fizyolojisi gibi alanlarda önemli bilgiler sağlar (Shaffer ve Ginsberg, 2017). Ayrıca, r-MSSD'nin dinamik doğası, hem kısa süreli hem de uzun süreli kalp atım hızı değişkenliği değerlendirmelerinde kullanılabilir, bu da onun geniş bir uygulama yelpazesine sahip olduğunu göstermektedir (Laborde ve diğerleri, 2017).

HR Maks – HR Min: Her solunum döngüsü sırasında en yüksek ve en düşük kalp atım hızları arasındaki ortalama fark, vagus sinir trafiğinden bağımsız olarak solunum hızının etkilerine karşı hassas bir ölçüdür. Bu fark, HR Max - HR Min olarak ifade edilir ve en az 2 dakikalık bir ölçüm süresi gerektirir. HR Max - HR Min, doğrudan vagal tonu indekslemek yerine ritmik sinüs aritmisini (RSA) yansıtır. RSA, kalp atım hızının solunum ritmiyle ilişkili olarak değişkenlik göstermesini ifade eder. Bu değişkenlik, vagal sinir aktivitesinin kalp atım hızı üzerindeki etkilerini yansıtır ve bu nedenle kalp sağlığının bir göstergesi olarak kabul edilir (Otzenberger ve diğerleri, 1998).

2.6.2. Frekans Alanı Ölçümleri: Frekans alanında yapılan ölçümler, KAHD analizinde önemli bir rol oynar. Bu ölçümler, kalp atışları arasındaki zaman aralıklarının belirli frekans bölgelerine ayrılması ve bu bölgelerin aktivitesinin incelenmesi yoluyla gerçekleştirilir (Hill ve Siebenbrock, 2009). Avrupa Kardiyoloji Derneği ve Kuzey Amerika Pacing ve Elektrofizyoloji Derneği (1996), KAH salınımlarını ultra düşük frekans (ULF - ≤ 0.003 Hz), çok düşük frekans (VLF-0.0033–0.04 Hz), düşük frekans LF (Low Frequency- 0.04–0.15 Hz) ve yüksek frekans HF (High Frequency-0.15-0,40 Hz) olmak üzere 4 bant olarak ayırmaktadır (Shaffer ve Ginsberg, 2017). LF bandı sempatik ve vagal etkiler arasındaki bir karışımı yansıtırken, HF bandı vagal etkinin göreceli katkısı hakkında bilgi taşır (Laborde ve diğerleri, 2017). LF/HF oranı, gücün fraksiyonel dağılımını tahmin eder ve kardiyak sempatik dengenin vekil bir ölçüsü olarak alınır (Montano ve diğerleri, 1994). Bu oranın yüksek olması, daha çok sempatik aktivitenin varlığını veya stresin arttığını gösterebilir.

Frekans alanındaki bu ölçümler, otonom sinir sistemi dengesini değerlendirmek, stres düzeylerini anlamak ve bilişsel durumları incelemek ve adaptasyon kapasiteleri hakkında değerli bilgiler sunar. Frekans alanı ölçümlerinde kullanılan KAHD parametreleri aşağıdaki tabloda görülebilir.

Tablo 2.*KAHD Frekans Alanı Ölçümleri (Shaffer ve Ginsberg, 2017)*

Parametre	Birim	Tanım
ULF gücü	ms ²	Ultra düşük frekans bandının mutlak gücü ($\leq 0,003$ Hz)
VLF gücü	ms ²	Çok düşük frekans bandının mutlak gücü (0.0033–0.04 Hz)
LF tepe noktası	Hz	Düşük frekans bandının tepe frekansı (0,04–0,15 Hz)
LF gücü	ms ²	Düşük frekans bandının mutlak gücü (0,04–0,15 Hz)
LF gücü	nu	Normal birimlerde düşük frekans bandının (0.04-0.15 Hz) göreceli gücü
LF gücü	%	Düşük frekans bandının bağıl gücü (0,04–0,15 Hz)
HF tepe noktası	Hz	Yüksek frekans bandının tepe frekansı (0,15–0,4 Hz)
HF gücü	ms ²	Yüksek frekans bandının mutlak gücü (0,15–0,4 Hz)
HF gücü	nu	Normal birimlerde yüksek frekans bandının (0,15–0,4 Hz) nispi gücü
HF gücü	%	Yüksek frekans bandının bağıl gücü (0,15–0,4 Hz)
LF/HF	%	LF'nin HF gücüne oranı

2.6.3. Doğrusal Olmayan Ölçümler: KAHD, geleneksel olarak doğrusal analiz yöntemleri kullanılarak incelenmiş ve otonom sinir sisteminin aktivitesini değerlendirmek için önemli bir ölçüm aracı olmuştur. Ancak, doğrusal olmayan analiz yöntemleri, KAHD'nin karmaşık ve non-lineer ilişkilerini daha iyi anlamak amacıyla geliştirilen bir yöntem olmuştur (Lombardi, 1996; Huikuri ve diğerleri, 2003; Suri, 2006). Bu yönüyle doğrusal olmayan analizler, KAHD'yi sadece istatistiksel varyasyonlarla değil aynı zamanda, zaman içindeki örüntüler ve yapılarla da ilişkilendirerek daha kapsamlı bir perspektif sunmaktadır. Non-lineer analiz yöntemleri, KAHD'nin ölçülmesi ve yorumlanması konusunda geleneksel sınırlamaları aşarak, kalp fonksiyonlarının karmaşıklığına daha yakından bakma fırsatı sunmaktadır (Shaffer ve Ginsberg, 2017).

Tablo 3.*KAHD Doğrusal Olmayan Ölçümler (Shaffer ve Ginsberg, 2017)*

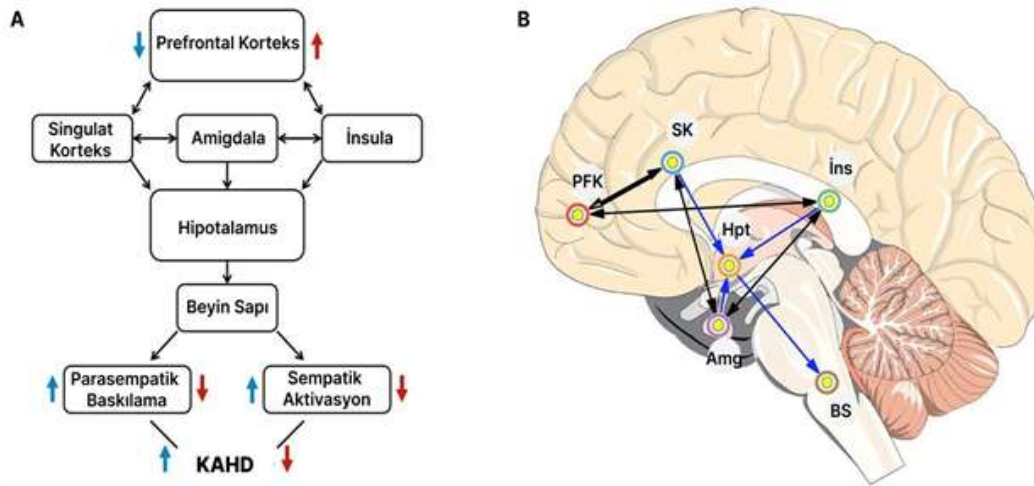
Parametre	Birim	Tanım
S	ms	Toplam KAHD'ı temsil eden elipsin alanı
SD1	ms	Poincare grafiği, özdeşlik çizgisine dik olan standart sapma
SD2	ms	Poincare grafiği, özdeşlik çizgisi boyunca standart sapma
SD1/SD2	%	SD1' in SD2' ye oranı
ApEn		Bir zaman serisinin düzenliliğini ve karmaşıklığını ölçen yaklaşık entropi
SampEn		Bir zaman serisinin düzenliliğini ve karmaşıklığını ölçen örnek entropi
DFA $\alpha 1$		Kısa vadeli dalgalanmaları tanımlayan trendden arındırılmış dalgalanma analizi
DFA $\alpha 2$		Uzun vadeli dalgalanmaları tanımlayan trendden arındırılmış dalgalanma analizi
D₂		Bir sistem dinamiği modeli oluşturmak için gereken minimum değişken sayısını tahmin eden korelasyon boyutu

2.7. Bilişsel Görevlerde Kardiyak Aktivite

Bilişsel işlevsellik, otonom (Thayer ve Lane, 2009; Thayer ve diğerleri, 2010) ve kardiyovasküler (O'donnell ve diğerleri, 2012) işlev bozukluklarından etkilenmektedir. Sempatik ve parasempatik girdiler arasındaki dinamik etkileşimden kaynaklanan, kalbin otonom kontrol indeksi olarak kabul edilen KAHD, bilişsel işleyişin umut verici fizyolojik korelasyonudur (Malik, 1996; Thayer ve Lane, 2000; Reyes del Paso ve diğerleri, 2013). Bu bakış açısıyla, kardiyak vagal ton sıklıkla bilişsel ve duygusal kontrol ile ilişkilendirilmiştir (Porges, 1995; Hansen ve diğerleri, 2003; Duschek ve diğerleri, 2009). Örneğin; KAHD'nin frekans alanı metriklerinden olan düşük frekanslar (LF; 0.04-0.15 Hz), sempatik ve vagal etkiler arasındaki bir karışımı yansıtır ve otonom sinir sisteminin hem sempatik hem de parasempatik dallarından etkilenen kardiyak çıkışın bir belirteci olarak kabul edilir (Malik, 1996; Laborde ve diğerleri, 2017). Yüksek frekanslar (HF; 0.15–0,40 Hz) ise kardiyak parasempatik ton indeksine karşılık gelir ve (Reyes del Paso ve diğerleri, 2013) bireyin değişen çevresel taleplere başarılı bir şekilde adapte olması için gereklidir (Porges, 1995; Thayer ve Lane, 2000, 2009; Reyes Del Paso ve diğerleri, 2009). Vagal kontroldeki bir

azalma (yani, HF-KAHD'nin azalması), değişen taleplere esnek bir şekilde yanıt verme yeteneğinin eksikliğini gösterebilir, böylece bireylerin uygun yanıtlar üretme ve uygun olmayanları engelleme yeteneğini sınırlayabilir. Özellikle, yoğun dinlenme durumunda KAHD, yürütücü beyin bölgelerinde artan aktivite ile ilişkili görünürken (Thayer ve diğerleri, 2012), daha düşük dinlenme durumundaki KAHD, hipoaktif prefrontal düzenleme yani bilişsel esneklik eksikliği, duygusal düzenleme zorlukları veya dikkat eksikliği gibi durumlarla ilişkilendirilir (Thayer ve Sternberg, 2006; Park ve Thayer, 2014). Sonuç olarak, kalbin vagal kontrolü, organizmanın çevresel taleplere hızlı ve esnek bir şekilde yanıt vermesine izin veren kendi kendini düzenleyen nöral devrelerin etkili işleyişıyle ilişkilidir (Thayer ve Lane, 2000; Thayer ve Friedman, 2004; Thayer ve diğerleri, 2012). Bu bağlamda, bilişsel işlevsellik ile otonom ve kardiyovasküler işlev bozuklukları arasındaki kompleks ilişkilerin anlaşılması, kalbin otonom kontrol indeksi olarak kabul edilen KAHD'nin kritik bir öneme sahip olduğunu göstermektedir.

Bilişsel işlevsellik ile otonom sinir sisteminin işleyişı arasındaki bağlantıyı daha açıklayıcı ve kuramsal bir çerçevede sunmak için yakın zamanda Thayer ve arkadaşları, Nöroviseral Entegrasyon Modelini öne sürmüşlerdir (Thayer ve diğerleri, 2009; Thayer ve Lane, 2009). Model, işlevsel düzeyde hedefe yönelik davranış, uyarlanabilirlik ve sağlık için iç düzenleyici sistemi oluşturan bir sinir ağını ana hatlarıyla sunarken (Thayer ve diğerleri, 2009), yapısal düzeyde de, merkezi sinir sisteminin fonksiyonel birimlerini temsil eden merkezi otonom ağda, periferik bilginin otonom sinir sistemi tarafından nasıl entegre edildiğini açıklar (Thayer ve diğerleri, 2009). Tanıtılan aę, bilgi işlemcisi olarak hizmet veren, beyindeki daha yüksek dereceli çift yönlü geri besleme döngülerinden ve yollarından oluşur. Beyin sapındaki prefrontal korteks, singulat korteks, insula, amigdala, hipotalamus ve çekirdekler, yani soliter yolun çekirdeği, belirsiz çekirdek ve dorsal vagal motor çekirdeği gibi yapıları içerir (Thayer ve diğerleri, 2009).



Şekil 6: Nörovisseral Entegrasyon Modelinin Basitleştirilmiş Tasviri

A) Nörovisseral entegrasyon modelinin basitleştirilmiş tasviri. (B) Nörovisseral entegrasyon modeli ile ilgili beyin bölgeleri. PF: prefrontal korteks; SK: singulat korteks; Hpt: hipotalamus; İns, insula; Amg: amigdala; BS: beyin sapı (Thayer ve diğerleri, 2009).

Model, kendi kendini düzenlemede yer alan beyin bölgelerinin vagus siniri aracılığıyla kardiyak otonom aktivitede yer aldığını ve prefrontal korteksin parasempatik aktiviteyi baskılayarak sempatik devreleri aktive etmek için hareket eden limbik aktiviteyi düzenlediğini de öne sürer (Ellis ve Thayer, 2010). Yani bu anlayışa göre; bilişsel süreçleri ilgilendiren prefrontal korteksin hiper-aktivasyonu, otonom regülasyonla ilgili çıktılara sahip olduğu bilinen amigdalanın sempati-eksitör (sempatik etkiyi uyaran) devresini inhibe eder (Thayer, 2020). Bu durumda parasempatik baskılamayı azaltarak kalp atış hızında bir azalma ile sonuçlanır. Ayrıca, nörovisseral model, artan prefrontal aktivasyon nedeniyle parasempatik ton ile bilişsel görev ve performans arasında pozitif bir ilişki öngörmektedir (Ellis ve Thayer, 2010). Buna örnek olarak, dinlenme KAHD'si ile aktif inhibitör prefrontal-subkortikal devreler arasında bir ilişkinin varlığını doğrulamıştır (Thayer ve Lane, 2000, 2009; Sakaki ve diğerleri, 2016). Bu bilgiler ışığında, bir bilişsel görev sırasında prefrontal modülasyonun göreceli zihinsel yükü azaltması ve parasempatik aktivite üzerindeki bilişsel stresle ilişkili inhibitör etkinin hafifletilmesinin yanı sıra performans artışına neden olması beklenebilir.

2.8. Spor Araştırmalarında Kalp Atım Hızı Değişkenliğinin (KAHD) Önemi

Kalp atım hızı değişkenliğinin altında yatan fizyolojik mekanizma, beyin ve vücut arasındaki karmaşık etkileşimleri yansıtmaktadır. Karmaşık ve sürekli değişen bir kalp atım hızı, ani çevresel ve psikolojik zorluklara etkili bir şekilde uyum sağlayabilen sağlıklı düzenleyici sistemlerin bir göstergesidir (McCarty ve Shaffer, 2015). Kısa süreli KAHD ölçümleri otonom sinir sisteminin kardiyak düzenleyici etkileriyle birlikte kardiyovasküler ve solunum aktiviteleri arasındaki dinamik etkileşimi yansıtırken, uzun süreli KAHD değerleri

ise sirkadiyen ritimler, uyku döngüleri, metabolizma ve hormonal sistemlerdeki değişiklikler gibi düşük frekanslı bedensel dalgalanmaları yansıtır. Bu nedenle, KAHD'daki değişimler, yalnızca kardiyovasküler sağlık sonuçları (Ranpuria ve diğerleri, 2008) ve bir dizi vasküler hastalık ile değil aynı zamanda farklı zihinsel ve bilişsel göstergelerle de ilişkilidir (Ziemssen ve Siepmann, 2019). KAHD, kolay toplanabilirliği, klinik önemi ve psikofizyolojik yapılar ile psikopatolojik bozukluklar arasındaki ilişkiler nedeniyle spor, sağlık ve klinik psikoloji alanlarındaki araştırmalara yaygın olarak konu olmaktadır (Taylor, 2010; Shaffer ve diğerleri, 2014). Bu bağlamda KAHD, spor bilimlerinde sporcuların performansını izlemek, antrenman yükünü değerlendirmek ve toparlanma süreçlerini optimize etmek için önemli bir psikofizyolojik araç karşımıza çıkmaktadır. Örneğin; Saboul ve arkadaşları (2016), antrenman uygulamalarında KAHD kullanarak antrenman yükünün nicelleştirilmesi üzerine bir pilot çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, KAHD izlemenin antrenman stresi ve toparlanma arasındaki dengeyi anlamaya yardımcı olduğu ve nihayetinde performansın optimize edilmesine ve sürantrenenin önlenmesine katkı sağladığı tespit edilmiştir (Saboul ve diğerleri, 2016). Ancak, KAHD'nin sadece fiziksel performansla değil, aynı zamanda bilişsel süreçlerle de ilişkili olduğunu gösteren bulgular, çalışmamızın sonuçları da dahil olmak üzere, literatürde mevcuttur (Coolidge ve Wynn, 2005; Laborde ve diğerleri, 2015; Bahameish ve Stockman, 2024). Bilişsel süreçlerin (örneğin, dikkat, hafıza, problem çözme yetenekleri) performans üzerindeki etkileri düşünüldüğünde, bu işlevlerin bozulduğu durumlarda, karar verme süreçlerinin de olumsuz etkilendiği ve buna bağlı olarak KAHD değerlerinin azaldığı sonucu gözlemlenmiştir (Hansen ve diğerleri, 2003). Öte yandan yüksek KAHD'nin genellikle daha iyi sportif performansla ilişkilendirildiği ve bu durumda sporcuların, stresle daha iyi bir şekilde başa çıkabildiğini böylece sportif performanlarına daha iyi odaklandıkları da bulgular arasındadır (Plews ve diğerleri, 2012). Bu bilgiler değerlendirildiğinde, sporcular için optimal performansın sadece fiziksel hazırlıkla değil, aynı zamanda zihinsel süreçlerle de yakından ilişkili olduğu ayrıca, spor performansı değerlendirme ve geliştirme aşamasında KAHD'nin bu iki alan arasındaki bağlantıda önemli bir rol oynadığı görülmektedir. Bu nedenle sporcuların bilişsel ve fiziksel sağlıklarının dengede tutulması için ilgili tüm eğitimcilerin KAHD verilerini dikkate alarak, daha etkili ve bütüncül bir yaklaşım benimseyebilmeleri önem arz etmektedir.

3.BÖLÜM

YÖNTEM

3.1. Araştırma Modeli

Çalışmanın deneysel deseni 2 (koşul: tDAS müdahalesi var ve tDAS müdahalesi yok) x 3 (kalp atım hızı değişkenliği: uygulama öncesi, esnası ve sonrası) iki yönlü tam tekrarlı grup-içi (within subject design) desendir. Araştırmanın bağımlı değişkeni kalp atım hızı değişkenliği metrikleri; bağımsız değişkeni ise satranç sporcularına uygulanan nöromodülasyon tekniğidir. Çalışmanın deseni Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4.

Deneysel Desen (N=50)

Koşul	Seviye	Müşabaka Öncesi	Müşabaka Esnası	Müşabaka Sonrası
tDAS +	U≈E	KAHD	KAHD + tDAS +	KAHD
tDAS -	U≈E	KAHD	KAHD + tDAS -	KAHD

U/E= UKD ve ELO puanları ile seviyelerine göre eşleştirilmiş

**= Katılımcılar kendi içlerinde hem deney hem de kontrol grubunu oluşturur.*

3.2. Araştırma Etiği

Bu çalışma, doktora tezi kapsamında Bursa Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu tarafından **2023-13/20** numaralı etik kurul kararıyla onaylandı. Yürütülen doktora tez çalışması, İnsan Hakları Helsinki Deklarasyonu'na uygun olarak gerçekleştirildi. Ayrıca bu araştırma, TDK-2022-775 proje numarasıyla Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Birimi tarafından finansal olarak desteklenerek yürütüldü.

3.3. Katılımcılar

Bu araştırmanın evrenini Türkiye genelindeki aktif satranç sporcuları oluşturmaktadır. Araştırmanın örneklem grubunu; Bursa İlinde 18-30 (*Yaş Ortalaması* 21.76 *Ss*= 2.17), yaşları arasında, aktif olarak satranç oynayan 18 kadın (*Yaş Ort.* 21.61 *Ss*= 1.71) ve 32 erkek (*Yaş Ortalaması* 21.84 *Ss*=2.41) toplam 50 satranç sporcusu oluşturmaktadır. Yeterli örneklem büyüklüğünü hesaplamak için G*Power 3.1 yazılımı kullanılmıştır. Güç = β Hata olasılığı = α 0.05, Etki Büyüklüğü $np^2 = f$ 0.30 kabul edilerek örneklem büyüklüğü $n = 60$ olarak hesaplanmış ve örneklem büyüklüğü istatistiksel gücün %80'inden fazlasını sağlamaya yeterli bulunmuştur (Weir, 2006). Katılımcılara; çalışmanın herhangi bir bölümünde bir gerekçe belirtmeksizin kendi istekleri doğrultusunda çalışmadan ayrılabilme hakkı tanınmıştır.

3.3.1. Katılımcıların Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri:

- ✓ 18-30 yaş arasında olmak, en az 5 yıldır aktif olarak satranç oynuyor olmak.

3.3.2. Katılımcıların Çalışmadan Dışlanma Kriterleri

- ✓ Son 2 yıl içerisinde yapılan turnuvalardan ihraç olmak.
- ✓ Bilişsel ve fiziki performansı etkileyecek sağlık problemine sahip olmak.
- ✓ Kardiyovasküler bir rahatsızlığa sahip olmak.
- ✓ Son 6 ay içerisinde zihinsel ve fiziksel performansı etkileyecek ilaç kullanmış olmak.

3.4. Veri Toplama Araçları

Araştırmada katılımcıların demografik bilgilerini belirlemek amacıyla araştırmacı tarafından hazırlanan Kişisel Bilgi Formu, kaygı düzeyini belirlemek amacıyla, Durumluk Kaygı Ölçeği ve katılımcıların otonom sinir sistemi hakkındaki verileri değerlendirmek amacıyla KAHD ölçümleri kullanılmıştır.

3.4.1. Kişisel Bilgi Formu: Araştırmacılar tarafından hazırlanan “Kişisel Bilgi Formu” UKD-ELO puanları, yaş, cinsiyet, boy, kilo, öğrenim durumu, deneyim yılı, sporcunun branştaki başarıları, haftalık ve günlük antrenman saatlerini içeren sorulardan oluşmaktadır.

3.4.2. Durumluk-Sürekli Kaygı Ölçeği (State-Trait Anxiety Inventory): Ölçek, Speilberger ve diğerleri (1970) tarafından durumluk ve sürekli kaygıyı değerlendirmek amacıyla geliştirilmiştir (Şeyhoğlu, 2005). Türkçeye uyarlanması ise Öner ve Le Compte (1983) tarafından gerçekleştirilmiştir (Büyüköztürk, 1997). Bu ölçek, 14 yaş ve üzeri bireylere yönelik olarak tasarlanmış olup sürekli ve durumluk kaygı olmak üzere iki alt ölçekten oluşmaktadır. Sırasıyla *durumluk kaygı*, bir tehlikenin veya istenmeyen bir durumun ortaya çıkmasıyla ilişkilendirilen kaygıyı temsil ederken, sürekli kaygı ise nesnel bir neden olmaksızın devam eden, uzun süreli ve şiddetli kaygıyı ifade etmektedir (Gökçe ve Dünder, 2008). Ölçeğin güvenirlik değerleri, farklı çalışmalarda değişmekle birlikte genellikle .83 ile .87 arasında (Civan ve diğerleri, 2012; Aksu ve Hocaoglu, 2004) ve test-tekrar test güvenirliği .71 ile .86 arasında bulunmaktadır. Maddeler arasındaki güvenirlik .34 ile .72 arasında değişmektedir. Toplam puan değeri 20 ile 80 arasında değişmekte olup, yüksek puan yüksek kaygı seviyesini, düşük puan ise düşük kaygı seviyesini ifade etmektedir. Ölçek, "hiç", "biraz", "çok" ve "tamamen" gibi dört derecelik bir Likert tipi ölçekte yer almaktadır (Kara ve Acet, 2012). Yanıtlar, kaygı durumunu yansıtan ifadelerde "tamamen katılıyorum"dan "hiç katılmıyorum" a doğru puanlanmıştır. Durumluk Kaygı Ölçeği, iki tür ifade içermektedir: doğrudan ifadeler olumsuz duyguları, tersine dönmüş ifadeler ise olumlu duyguları ifade

etmektedir. Bu ölçekteki tersine dönmüş ifadelerin belirlenmesi konusunda 1, 2, 5, 8, 10, 11, 15, 16, 19 ve 20. maddeler dikkate alınmaktadır. Son olarak, ölçek kullanılarak elde edilen puan, doğrudan ifadeler için elde edilen toplam ağırlık puanından, ters ifadelerin toplam ağırlık puanı çıkarılarak hesaplanır. Bu sayıya, önceden saptanmış ve değişmeyen bir değer eklenir. Elde edilen değer, bireyin kaygı puanını temsil etmektedir. Durumluk Kaygı Ölçeği için bu değişmeyen değer genellikle 50 olarak belirlenmiştir (Büyüköztürk, 1997), böylece yüksek puan yüksek kaygıyı, düşük puan ise düşük kaygıyı göstermektedir. Ölçek, bu araştırmada yer alan satranç sporcularının müsabaka öncesi kaygı durumunu değerlendirmek amacıyla her iki oturumda da kullanılmıştır (Aksu ve Hocaoglu, 2004).

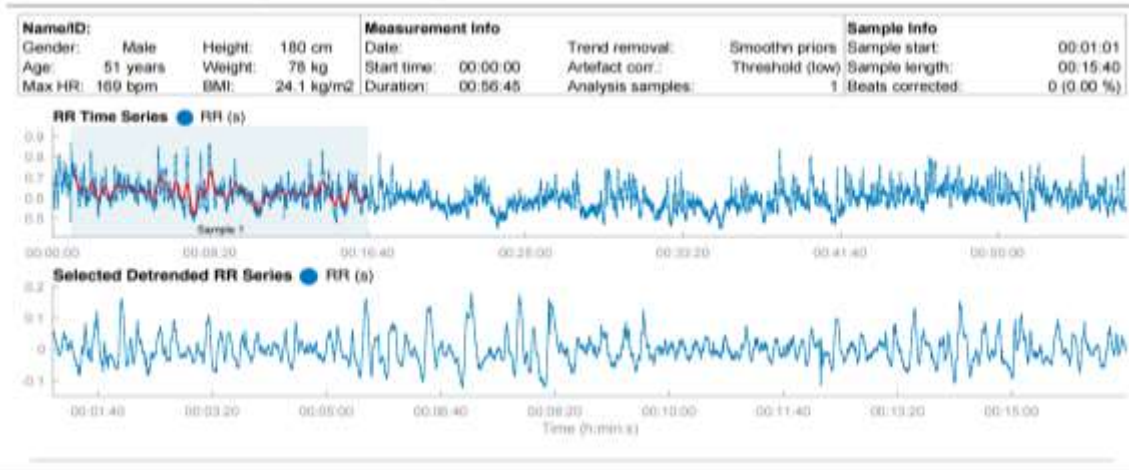
3.4.3. Kalp Atım Hızı Değişkenliği (KAHD): Katılımcıların KAHD verileri, satranç müsabakaları boyunca kaydedildi ve bu müsabakalar katılımcıların sirkadiyen ritimleri göz önünde bulundurularak öğlen 12.00-15.00 saatleri arasında gerçekleştirildi. KAHD verileri, Polar V2 monitör (bkz. Şekil 7) ve Polar H10 transmitter göğüs bandı (bkz. Şekil 8) kullanılarak müsabaka öncesi, 15 dakika müsabaka esnası (müsabaka süresi) ve müsabaka sonrası 15 dakika süreyle kaydedildi. Polar V2 monitörü, bio-geribildirim etkisi yaratmaması açısından katılımcıların göremeyeceği şekilde konumlandırıldı. Kaydedilen veriler, PolarFlow yazılımı aracılığıyla bilgisayara aktarıldı ve Kubios Premium HRV yazılımı ile müsabaka öncesi 15 dakika müsabaka esnası 15 dakika müsabaka sonrası 15 dakika olarak standart bir zaman aralığında ayrı ayrı değerlendirildi (bkz. Şekil 9)



Şekil 7: Polar V2 Monitör



Şekil 8: Polar H10 Göğüs Bandı



Şekil 9: *Kubios Premium HRV Yazılım Örneği*

3.5. Satranç Performansı

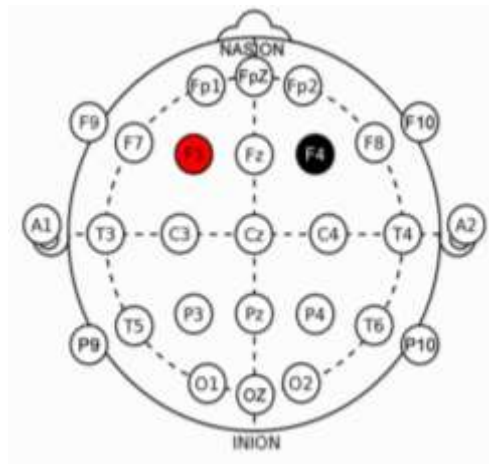
Satranç müsabakası öncesi, homojen gruplar oluşturabilmek amacıyla sporcular, UKD ve ELO puanlarına göre manuel olarak eşleştirildi. Müsabakalar, 15 dakika + 5 saniye eklemeli tempo ile oynatıldı. Eklemeli tempo; hamlesini yapıp, saatine basan her sporcunun süresinin üzerine otomatik olarak +5 saniye eklenmesidir. Müsabakalarda zaman olarak (Schach Queen E410) turnuva satranç saati kullanıldı. Maç esnasında kullanılan saatler, siyah taşlarla oynayan oyuncuların sağında yer aldı. Siyah taşlarla oynayan oyuncunun saate basıp beyazların hamle yapmasıyla oyun başladı. Müsabakaya katılan sporcuların üzerinde herhangi bir dijital ve elektronik cihaz (cep telefonu, tablet vs.) bulundurmalarına izin verilmemiş olup maçlar araştırmacının gözetiminde resmi satranç kuralları uygulanarak gerçekleştirildi. Deney ortamını gerektiği şekilde ciddiye almayan ve uluslararası maç kurallarına uymayan katılımcıların deneyi iptal edildi. Deneyler, Bursa Uludağ Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi- [Elit Performans Psikolojisi \(PePLaB\) Araştırma Laboratuvarında](#) gerçekleştirildi (Şekil 10).



Şekil 10: Bursa Uludağ Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi- Elit Performans Psikolojisi (PePLaB) Araştırma Laboratuvarı

3.6. Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonu (tDAS) Uygulama Prosedürü

tDAS, kortikal aktiviteyi değiştirmek ve nöropsikiyatrik bozuklukları tedavi etmek için kafa derisi üzerine uygulanan elektrik akımlarını kullanan yüksek güvenlik ve tolere edilebilirliğe sahip, noninvaziv nöromodülasyon uygulamasıdır (Fregni ve diğerleri, 2021).



Şekil 11: 10–20 EEG Sistemi



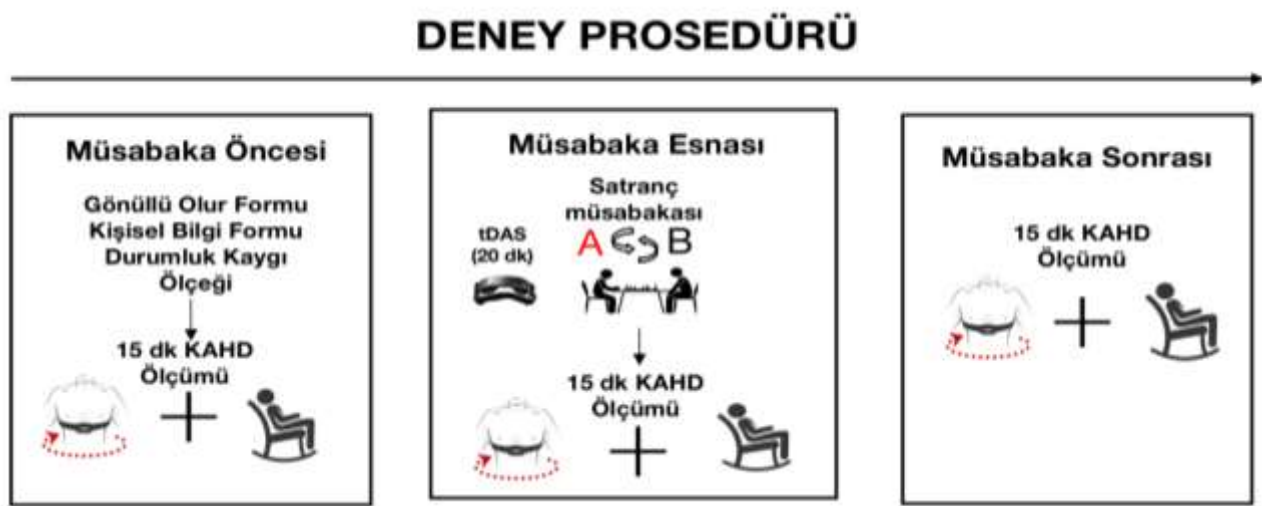
Şekil 12: *Elektrot Alanı*

tDAS uygulaması başlamadan önce katılımcılar olası risk ve yan etkiler konusunda detaylı olarak bilgilendirildi. tDAS elektrotları uluslararası 10–20 EEG sistemi izlenerek Dorsolateral Prefrontal Korteks (DLPFK) alanını temsil eden F3 ve F4'e yerleştirildi (Jurcak ve diğerleri, 2007). Bu sistem, tüm kortikal yüzeyi örneklemek için kafatası üzerinde eşit aralıklarla 20 elektrot yerleştirmek üzere tasarlanan bir sistemdir. DLPFK alanını temsil eden F3 ve F4' elektrot konumu, ortak bir referans olarak dünya çapında yaygın olarak kabul edilen, tekrarlanabilir bir konumdur. Bu çalışmada tDAS uygulama süreci, iki kişilik rakiplerden her ikisine de uygulanacak şekilde iki oturumda gerçekleşti. Prefrontal Kortekse verilen manyetik uyarım, 2 mA' akımla müsabaka esnasında 20 dakika süreyle uygulandı.

3.7. DeneySEL Prosedür

Öncelikle, araştırmaya katılmayı kabul eden sporculara deney süreci hakkında laboratuvar ortamında detaylı bilgi verildi. Bilgilendirme sonrasında sporcuların, birbirlerine olabildiğince denk gruplar halinde eşleşebilmeleri için katılımcıların UKD ve ELO puanlarına göre manuel eşleştirmeler yapıldı. Bu eşleştirme işleminden sonra katılımcılara uygun gün ve saat belirlendi. 2'li gruplar halinde eşleşen (rakip A ve rakip B) her katılımcı için deney prosedürü iki oturumda gerçekleştirildi ve deneyler her katılımcı grubu için bir önceki oturumla aynı saatte ve aynı yerde (Bursa Uludağ Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Araştırma Laboratuvarı) gerçekleştirildi. Uygulama başlamadan önce katılımcılar sırasıyla Kişisel Bilgi Formu, Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu ve Durumluk Kaygı Ölçeğini cevaplandırdı. Bu işlemler bittikten sonra Polar H10 göğüs bandı iki katılımcıya da takıldı. Polar V2 aracılığıyla katılımcıların KAHD verileri müsabaka öncesi 15 dakika, müsabaka sırası (maç süresi) ve müsabaka sonrasında 15 dakika boyunca kaydedildi. Müsabaka

esnasında rakiplerden birine 20 dakika boyunca 2 mA tDAS uygulanarak veri kaydı devam etti. tDAS uygulaması LİFTİD Nöromodülasyon cihazı aracılığıyla yapıldı. Deneylerin 2. oturumunda ise yine aynı rakiplere Polar H10 göğüs bandı takıldı ve Polar V2 aracılığıyla KAHD veri kaydı başlatıldı. İlk 15 dakikadan sonra ilk oturumda tDAS uygulanmayan rakibe bu uygulama yapılarak müsabaka gerçekleştirildi (bkz. Şekil 13). Müsabaka sonrasında kaydedilen veriler Polar Flow aracılığıyla bilgisayar ortamına aktarıldı. Aktarılan veriler Kubios HRV yazılımı ile müsabaka öncesi esnası ve sonrası olarak 15 dakikalık periyodlara bölündü. Bu işlemler sonrasında veriler analiz edilmek üzere SPSS programına aktarıldı.



Şekil 13: Deney Prosedürü

3.8. Vücut Kitle İndeksi

Katılımcıların vücut kitle indeksleri $\text{kilo}/(\text{metre})^2$ formülü kullanılarak hesaplandı.

3.9. Verilerin Analizi

Çalışma sonucunda elde edilen verilerin analizinde, Sosyal Bilimler için İstatistik Programı (SPSS) Windows 29.0 (Chicago, IL, USA) programı kullanıldı. Tanımlayıcı istatistikler aritmetik ortalama (Ao) ve standart sapma (Ss) olarak ifade edildi. Verilerin normalliğinin doğrulanması için örneklem büyüklüğünden dolayı Shapiro Wilk testi kullanıldı ve her bir veri seti ayrı ayrı analiz edilerek verilerin normal dağılım gösterdiği ($p > .05$) tespit edildi. Veri analizinde, gruplar arasındaki varyans eşitliğini test etmek amacıyla Levene testi kullanılmıştır. Levene testi, farklı grupların veri setleri arasında varyansların eşit olup olmadığını belirlemeye yönelik istatistiksel bir yöntemdir (Azizi, Ghasemi ve Ardalan, 2022).

Satranç müsabakası esnasında katılımcılardan elde edilen verilerin karşılaştırılmasında grup-içi tasarım (within-subject design) yöntemi kullanıldı. Satranç müsabakası esnasında tDAS uygulanan ve tDAS uygulanmayan 2 farklı koşul sırasında KAHD verileri 3 farklı

zamanda (satranç performansı öncesi, esnası, sonrası) ölçüldü. Katılımcıların satranç müsabakası esnasında tDAS uygulanan ve tDAS uygulanmayan 2 farklı koşuldaki KAHD verileri için 2 (koşul; tDAS+, tDAS-) x 3 (zaman; satranç performansı öncesi, esnası, sonrası) varyans analizi (ANOVA) yapıldı. İkili karşılaştırmalarda ise Bonferroni düzeltmesi uygulandı. KAHD ve tDAS (+/-) uygulamaları arasındaki KAHD değerlerinin ikili karşılaştırılması eşleştirilmiş iki örneklem *t* testi (*paired samples t-test*) analizi ile yapıldı. Etki büyüklüğünü (EB) hesaplamak için tekrarlı ölçümler ANOVA'nın kısmi eta-kare (η_p^2)'si kullanıldı. Ayrıca eşleştirilmiş iki örneklem *t* testi analizlerinde etki büyüklüğünü (EB) belirlemek için Cohen's *d* değeri kullanıldı. Cohen genel bir öneri olmak üzere; *d* değerinin 0,2'den küçük olması durumunda, etki büyüklüğünün zayıf, 0.5 olması durumunda orta ve 0,8'den büyük olması durumunda ise kuvvetli olarak tanımlanabileceğini söylemektedir. EB'yi yorumlamak için Hopkins'in ölçütleri uygulandı. Çalışmada istatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edildi. Son olarak, SPSS 29.0 paket programı karma ANOVA sonuç tabloları etkileşim etkilerinin hepsini vermediği için, farklılıkların kaynağını yorumlayabilmek adına araştırmacı tarafından "syntax" aracılığı ile komutlar (örneğin; Şekil 14) ayrı ayrı girilerek hangi koşullarda hangi zamanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu hesaplandı ve sonuçlar figürler halinde aşağıda verildi.

```

1
2 DATASET ACTIVATE DataSet1.
3 GLM L_BEF_SDNN L_DURING_SDNN L_AFT_SDNN BEF_SDNN DURING_SDNN AFT_SDNN
4 /WSFACTOR=koşul 2 Polynomial hrv 3 Repeated
5 /METHOD=SSTYPE(3)
6 /PLOT=PROFILE(hrv*koşul) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
7 /EMMEANS=TABLES(koşul*hrv) COMPARE(koşul)
8 /EMMEANS=TABLES(koşul) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
9 /EMMEANS=TABLES(koşul*hrv)
10 /PRINT=DESCRIPTIVE ETASQ OPOWER HOMOGENEITY
11 /CRITERIA=ALPHA(.05)
12 /WSDESIGN=koşul hrv koşul*hrv.
13

```

Şekil 14: SPSS 29.0 Paket Programında Syntax Komut Girişi Örnek

4.BÖLÜM

BULGULAR

4.1. Katılımcılara Ait Tanımlayıcı Bilgiler

Tablo 5’te, çalışmaya katılan tüm (N=50) katılımcıların cinsiyet (kadın, erkek) faktörüne göre yaş ortalaması, boy, kilo bilgileri ve satranç deneyimlerini gösteren UKD ve ELO puanlarına ilişkin tanımlayıcı bilgiler verildi.

Tablo 5.

Katılımcıların Tanımlayıcı Özellikleri

Cinsiyet	N	Değişken	$\bar{x}$	Ss	Minimum	Maksimum
Kadın	18	Yaş (yıl)	21.61	1.71	19.00	24.00
	18	Boy (cm)	163.55	5.63	151.00	174.00
	18	Kilo (kg)	53.72	4.36	50.00	65.00
	18	VKI (kg/m ²)	20.10	1.47	18.40	23.00
	2	UKD	1424.50	320.31	1198.00	1651.00
	1	ELO	1451.00	1451.00	1451.00	1451.00
Erkek	32	Yaş (yıl)	21.84	2.41	18.00	29.00
	32	Boy (cm)	179.65	5.60	169.00	195.00
	32	Kilo (kg)	75.12	6.95	63.00	87.00
	32	VKI (kg/m ²)	23.22	1.93	18.40	27.00
	13	UKD	1412.69	262.83	1000.00	1812.00
	11	ELO	1513.54	290.15	1122.00	1513.54
Genel	50	Yaş (yıl)	21.76	2.17	18.00	29.00
	50	Boy (cm)	173.86	9.58	151.00	195.00
	50	Kilo (kg)	67.42	12.03	50.00	87.00
	50	VKI (kg/m ²)	22.09	2.32	18.40	27.00
	15	UKD	1414.26	257.99	1000.00	1812.00
	12	ELO	1508.33	277.24	1122.00	1900.00

$\bar{x}$ = Aritmetik Ortalama; Ss= Standart Sapma; cm=santimetre; kg=kilogram; VKI=Vücut Kitle İndeksi; kg/m²=ağırlık bölü uzunluğun karesi, UKD= Ulusal Kuvvet Derecesi; ELO= Uluslararası Kuvvet Derecesi

Çalışmada yer alan katılımcıların genel yaş ortalaması 21.76 (Ss= 2.17), kadın katılımcıların yaş ortalaması 21.61 (Ss= 1.71) ve erkek katılımcıların yaş ortalaması 21.84 (Ss=2.41)’dir. Katılımcıların genel boy ortalaması 173.86 (Ss= 9.58), kadın katılımcıların boy ortalaması 163.55 (Ss= 5.63) ve erkek katılımcıların boy ortalaması 179.65 (Ss=5.60)’dir. Çalışmada yer alan katılımcıların genel kilo ortalaması 67.42 (Ss= 12.03), kadın katılımcıların kilo ortalaması 53.72 (Ss= 4.36) ve erkek katılımcıların kilo ortalaması 75.12 (Ss=6.95)’dir. Katılımcıların genel vücut kilo indeksi ortalaması 22.09 (Ss= 2.32), kadın katılımcıların vücut

kilo indeksi ortalaması 20.10 ($Ss= 1.47$) ve erkek katılımcıların vücut kilo indeksi ortalaması 23.22 ($Ss=1.93$)’dir. Katılımcıların genel UKD ortalaması 1414.26 ($Ss= 257.99$), kadın katılımcıların UKD ortalamaları 1424.50 ($Ss= 320.31$) ve erkek katılımcıların UKD ortalamaları 1412.69 ($Ss=262.83$)’dür. Katılımcıların ELO değerlerine bakıldığında genel ortalama 1508.33 ($Ss= 277.24$)’iken Erkek katılımcıların ELO puan ortalamaları 1513.54 ($Ss= 290.15$)’dir. Fakat tabloda da belirtildiği üzere, Kadın katılımcılardan ELO puanına sahip yalnızca bir kişi olduğundan ortalama değer değil bireysel değer (1451.00) verilmiştir.

Tablo 6.

Koşula Göre Durumluk Kaygı Ölçeği Tanımlayıcı İstatistikleri

Cinsiyet	N	Değişken	Koşul	$\bar{x}$	Ss	Minimum	Maksimum
Kadın	18	Durumluk Kaygı Ölçeği	tDAS +	32.05	6.29	20.00	43.00
			tDAS -	32.27	5.87	22.00	50.00
Erkek	32		tDAS +	32.96	8.55	20.00	60.00
			tDAS -	31.62	7,37	20.00	51.00
Genel	50		tDAS +	32.64	7.75	20.00	60.00
			tDAS -	31.86	6.82	20.00	51.00

Çalışmada yer alan katılımcıların genel durumluk kaygı puan ortalamaları tDAS+ koşulda 32.64 ($Ss= 7.75$), tDAS- koşulda durumluk kaygı puan ortalamaları 31.86 ($Ss= 6.82$)’dir. Çalışmada yer alan kadın katılımcıların durumluk kaygı puan ortalamaları tDAS+ koşulda 32.05 ($Ss=6.29$), tDAS- koşulda 32.27 ($Ss= 5.87$)’dir. Çalışmada yer alan erkek katılımcıların durumluk kaygı puan ortalamaları tDAS+ koşulda 32.96 ($Ss=8.55$), tDAS- koşulda 31.62 ($Ss=7,37$)’dir. tDAS+ ve tDAS- koşulda yapılan satranç müsabakası öncesi katılımcıların duygu durumlarının kontrol edilmesi için katılımcılara durumluk kaygı ölçeği uygulanmıştır. Ölçekten elde edilen verilere göre eşleştirilmiş iki örneklem t testi sonucunda istatistiksel olarak herhangi bir anlamlılık tespit edilmemiştir ($t_s < 1$, $p_s > .5$).

Tablo 7.*Koşula Göre Harcanan Kalori Miktarı Tanımlayıcı İstatistikleri*

Cinsiyet	N	Değişken	Koşul	$\bar{x}$	Ss	Minimum	Maksimum
Kadın	18	KCAL	tDAS +	84,72	34,20	50,00	177,00
			tDAS -	94,55	41,90	51,00	175,00
Erkek	32		tDAS +	110,34	64,98	47,00	297,00
			tDAS -	101,22	55,16	55,00	260,00
Genel	50		tDAS +	101.12	56.85	47.00	297.00
			tDAS -	98.77	50.34	51.00	260.00

HKM= Harcanan Kalori Miktarı, kcal= kalori,

Çalışmada yer alan katılımcıların genel kcal ortalaması tDAS+ koşulda 101.12 (Ss=56.85), tDAS- koşulda 98.77 (Ss=50.34)'dür. Çalışmada yer alan kadın katılımcıların kcal ortalamaları tDAS+ koşulda 84,72 (Ss=34,20), tDAS- koşulda 94,55 (Ss=41,90)'dır. Çalışmada yer alan erkek katılımcıların kcal ortalamaları tDAS+ koşulda 110,34 (Ss=64,98), tDAS- koşulda 101,22 (Ss=55,16)'dır. Katılımcıların tDAS+ ve tDAS- koşulda yapılan satranç müsabakası öncesi harcadıkları kalori miktarı Polar V2 aracılığıyla kaydedilmiştir. Elde edilen verilere göre eşleştirilmiş iki örneklem *t* testi sonucunda istatistiksel olarak herhangi bir anlamlılık tespit edilmemiştir ($t_s < 1$, $p_s > .5$).

4.2. Transkraniyel Doğru Akım Stimülasyonu ile Kalp Atım Hızı Değişkenliği İlişkisi

Araştırmanın bu bölümünde, katılımcıların 2 farklı koşulda (tDAS+, tDAS-) sergiledikleri müsabaka ortamından elde edilen KAHD verilerine ilişkin tekrarlayan ölçümlerde Varyans Analizi (ANOVA) sonuçları verilmiştir.

Tablo 8.

Farklı Koşullardaki Satranç Müsabakalarına Ait Ortalama Kalp Atım Hızı (KAH) Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları.

Parametre					
Ort. KAH	$\bar{x}$	<i>F</i>	<i>p</i>	η_p^2	power
Koşul Ana Etki	16.803	.145	.705	.003	.066
KAH Ana Etki	74.395	1.361	.259	.027	.251
Koşul*KAH Etkileşimi	2.840	.235	.767	.005	0.84

Not: Ort. KAH: Ortalama Kalp Atım Hızı, Koşul; aynı katılımcıların tDAS uygulanan ve uygulanmayan birbirinden bağımsız iki farklı durumu içerir.

Çalışmaya katılan sporcuların, tDAS uygulanan ve uygulanmayan iki farklı koşulda KAH ortalama değerleri, tekrarlı ölçümlerde varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Buna göre katılımcıların Koşul ana etkisi Post hoc Bonferroni ikili karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir $F(1,49) = 145, p = .705, \eta_p^2 = .003, power = .066$. KAH ana etkisi ortalamalarına bakıldığında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir $F(2,98) = 1.161, p = .259, \eta_p^2 = .027, power = .251$. Son olarak katılımcıların Koşul*KAH etkileşimine bakıldığında benzer sonuçlar gözlenerek istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir $F(2,98) = 235, p = .767, \eta_p^2 = .005, power = .084$.

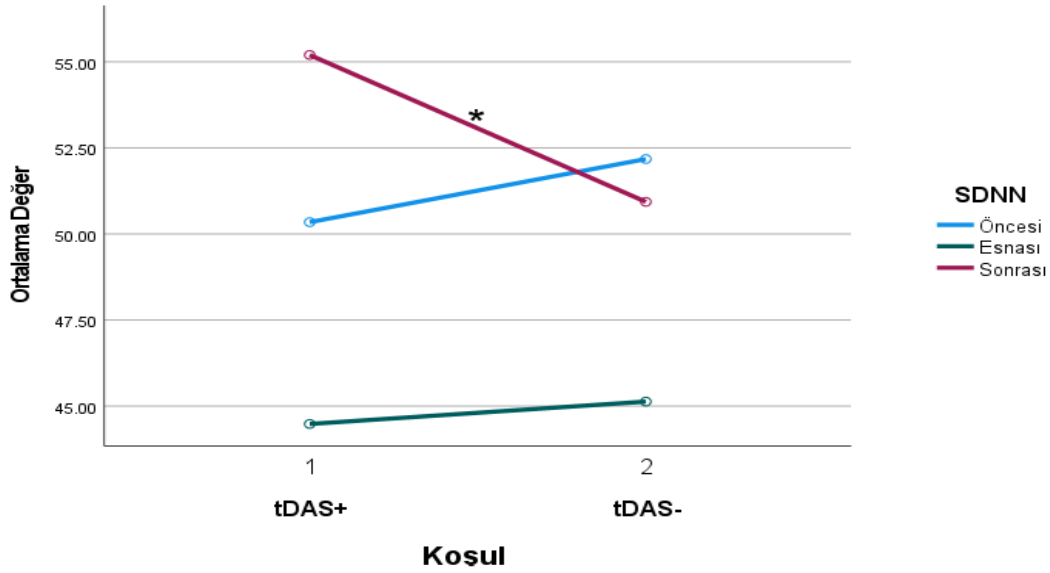
Tablo 9.

Farklı Koşullardaki Satranç Müsabakalarına Ait Ortalama SDNN Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları

<i>Parametre</i>					
SDNN	$\bar{x}$	<i>F</i>	<i>p</i>	η_p^2	<i>power</i>
Koşul Ana Etki	23.312	.159	.692	.004	.068
SDNN Ana Etki	1710.839	16.849	.001***	.282	1.000
Koşul*SDNN Etkileşimi	243.997	5.570	.006**	.115	.828

Not: **= $p < .01$, ***= $p < .001$, SDNN= NN aralıklarının standart sapması

Çalışmaya katılan sporcuların tDAS uygulanan ve uygulanmayan iki farklı koşuldaki müsabaka öncesi, esnası ve sonrası SDNN değerlerinin ortalamalarının karşılaştırılmasında; Koşul ana etkisinde istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmemiştir $F(1,43) = .159, p = .692, \eta_p^2 = .004, power = .068$. Ancak, katılımcıların SDNN ana etkisi değerlerine bakıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir $F(2,86) = 16.849, p = .001, \eta_p^2 = .282, power = 1.00$. Son olarak, Koşul*SDNN etkileşimi değerleri ortalamalarında da istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir $F(2, 86) = 5.570, p = .006, \eta_p^2 = .115, power = .828$.



Şekil 15: Satranç Müsabakası Öncesi, Esnası ve Sonrası Ortalama SDNN Değerlerinin tDAS + ve tDAS- koşullarına göre Karşılaştırılması.

Şekil 15'e göre katılımcıların 2 koşul (tDAS+, tDAS-) x 3 (zaman) SDNN değerlerinin karşılaştırılmasında, Bonferroni düzeltmeli eşleştirilmiş iki örneklem *t* testi analizine bakıldığında, sadece satranç müsabakası sonrası tDAS+ koşul lehine ($t_{48}=2.59$, $p<.01$) istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir. Fakat satranç müsabakası öncesi ve esnasında elde edilen SDNN değerlerine ilişkin yapılan karşılaştırma sonucunda istatistiksel olarak herhangi bir anlamlılık tespit edilememiştir ($t_s < 1$, $p_s > .5$).

Tablo 10.

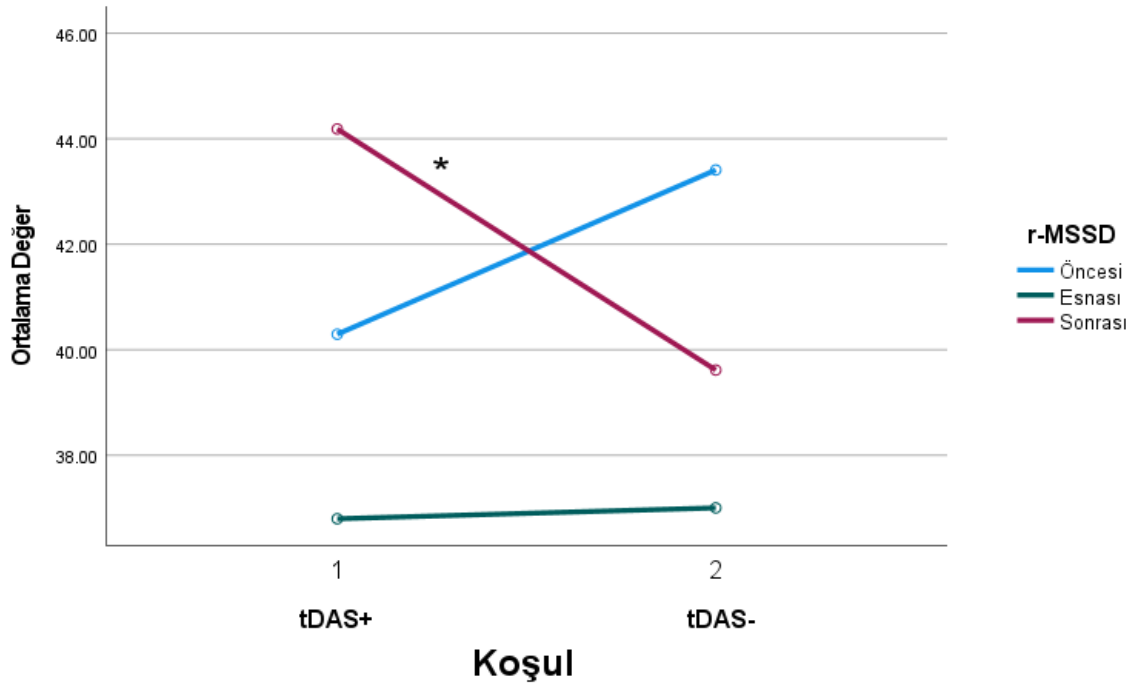
Farklı Koşullardaki Satranç Müsabakalarına Ait Ortalama r-MSSD Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları

Parametre					
r-MSSD	$\bar{x}$	<i>F</i>	<i>p</i>	η_p^2	power
Koşul Ana Etki	11.198	.061	.807	.001	.057
r-MSSD Ana Etki	757.653	4.788	.012**	.102	.762
Koşul*r-MSSD Etkileşimi	380.707	5.788	.007**	.121	.813

Not: **= $p < .01$, r-MSSD= Ardışık RR aralığı farklarının ortalama karekökü.

r-MSSD verilerine ilişkin Varyans Analizi (ANOVA) sonuçlarına bakıldığında; Koşul ana etkisine göre ortalama değerlerde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmazken $F(1,42) = .061$, $p = .807$, $\eta_p^2 = .001$, power = .057; r-MSSD ana etki ortalamalarında anlamlı fark bulunmuştur $F(2,84) = 4.788$, $p = .012$, $\eta_p^2 = .102$, power = .762. Bu sonucun yanı sıra Koşul*

r-MSSD etkileşimine bakıldığında da farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir $F(2, 84) = 5.788, p = .007, \eta_p^2 = .121, power = .813$.



Şekil 16: Satranç Müsabakası Öncesi, Esnası ve Sonrası Ortalama r-MSSD Değerlerinin tDAS+ ve tDAS- Koşullarına Göre Karşılaştırılması.

Şekil 16'ya göre çalışmaya katılan katılımcıları tDAS uygulamasının olduğu ve olmadığı koşullarda satranç müsabakası öncesi, esnası ve sonrası ortalama r-MSSD değerlerinin karşılaştırılmasına Bonferroni düzeltilmeli eşleştirilmiş iki örneklem t testi analizine bakıldığında, sadece satranç müsabakası sonrası tDAS uygulamasının olduğu koşul lehine ($t_{46} = 2.55, p < .01$) istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir. Satranç müsabakası öncesi ve esnasında elde edilen r-MSSD değerlerine ilişkin yapılan karşılaştırma sonucunda istatistiksel olarak herhangi bir anlamlılık tespit edilememiştir ($t_s < 1, p_s > .5$).

Tablo 11.

Farklı Koşullardaki Satranç Müsabakalarına Ait Ortalama LF Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları

<i>Parametreler</i>					
LF	$\bar{X}$	F	p	η_p^2	power
Koşul Ana Etki	21.685	.215	.645	.005	.074
LF Ana Etki	598.797	7.352	.001***	.138	.912
Koşul* LF Etkileşimi	116.040	3.175	.047*	.065	.589

Not: LF= Normal birimlerde düşük frekans bandının (0,04-0,15 Hz) göreceli gücü

Araştırmaya dahil edilen satranç sporcularının KAHD verilerine göre, frekans alanı eksenini metriklerinden LF ortalamalarına bakıldığında Koşul ana etkisine göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmezken $F(1,46) = .215$, $p = .645$, $\eta_p^2 = .005$, $power = .074$; LF ana etki ortalamalarında $F(2,92) = 7.352$, $p = .001$, $\eta_p^2 = .138$, $power = .922$ ve Koşul*LF etkileşimi ortalamalarında anlamlı farklılık görülmektedir $F(2,92) = 3.175$, $p = .047$, $\eta_p^2 = .065$, $power = .589$. Ancak satranç müsabakası öncesi ve esnasında elde edilen LF değerlerine ilişkin yapılan ikili karşılaştırma sonucunda istatistiksel olarak herhangi bir anlamlılık tespit edilememiştir ($ts < 1$, $ps > .5$).

Tablo 12.

Farklı Koşullardaki Satranç Müsabakalarına Ait Ortalama HF Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları

<i>Parametre</i>					
HF	$\bar{x}$	<i>F</i>	<i>p</i>	η_p^2	<i>power</i>
Koşul Ana Etki	48.812	.501	.483	.011	.107
HF Ana Etki	590.206	7.107	.001***	.136	.912
Koşul*HF Etkileşimi	107.820	2.980	.057↓	.062	.559

Not: HF= Normal birimlerde yüksek frekans bandının (0,15–0,4 Hz) nispi gücü

Katılımcıların KAHD verilerine göre, frekans alanı eksenini metriklerinden olan HF ortalamalarına bakıldığında benzer şekilde Koşul ana etkisine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmezken $F(1, 45) = .501$, $p = .483$, $\eta_p^2 = .011$, $power = .107$; HF ana etki ortalamalarında anlamlı fark tespit edilmiştir $F(2,90) = 7.107$, $p = .001$, $\eta_p^2 = .136$, $power = .912$; Koşul*HF etkileşimine bakıldığında ise istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur; fakat anlamlı olmaya doğru bir trend vardır $F(2, 90) = 2.980$, $p = .057$, $\eta_p^2 = .062$, $power = .559$. HF değerlerine ilişkin yapılan ikili karşılaştırma sonucunda ise istatistiksel olarak herhangi bir anlamlılık tespit edilememiştir ($ts < 1$, $ps > .5$).

Tablo 13.

Farklı Koşullardaki Satranç Müsabakalarına Ait Ortalama LF/HF Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları

<i>Parametre</i>					
LF/HF	$\bar{x}$	<i>F</i>	<i>p</i>	η_p^2	<i>power</i>
Koşul Ana Etki	0,92	.037	.848	.001	.054
LF/HF Ana Etki	4.850	3.266	.047*	.077	.583
Koşul*LF/HF Etkileşimi	2,741	2.530	.097	.061	.445

Frekans alanı eksenli metriklerinden son olarak LF/HF ortalamalarına bakıldığında Koşul ana etkisine göre anlamlı farklılık görülmezken $F(1, 39) = .037$, $p = .848$, $\eta_p^2 = .001$, $power = .054$. LF/HF ana etki ortalamalarında sınırda anlamlı farklılık tespit edilmiştir $F(2, 78) = 3.266$, $p = .047$, $\eta_p^2 = .077$, $power = .583$. Koşul*LF/HF etkileşiminde ise anlamlı farklılık görülmemiştir $F(2, 78) = 2.530$, $p = .097$, $\eta_p^2 = .061$, $power = .445$.

Tablo 14.

Farklı Koşullardaki Satranç Müsabakalarına Ait Ortalama SD1 Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları

<i>Parametre</i>					
SD1	$\bar{x}$	F	p	η_p^2	power
Koşul Ana Etki	83.859	.779	.383	.019	.138
SD1 Ana Etki	591.646	6.815	.003**	.143	.879
Koşul*SD1 Etkileşimi	121.806	2.496	.101	.057	.433

Katılımcıların tDAS uygulanan ve uygulanmayan iki farklı koşulda değerlendirilen SD1 değerlerine göre; Koşul ana etkisinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır $F(1, 41) = .779$, $p = .383$, $\eta_p^2 = .019$, $power = .138$. Fakat SD1 ana etki ortalamalarına bakıldığında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir $F(2, 82) = 6.815$, $p = .003$, $\eta_p^2 = .143$, $power = .879$. Koşul*SD1 etkileşiminde ise anlamlı farklılık tespit edilmemiştir $F(2, 82) = 2.496$, $p = .101$, $\eta_p^2 = .057$, $power = .433$.

Tablo 15.

Farklı Koşullardaki Satranç Müsabakalarına Ait Ortalama SD2 Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları

<i>Parametre</i>					
SD2	$\bar{x}$	F	p	η_p^2	power
Koşul Ana Etki	115.637	.697	.409	.017	.129
SD2 Ana Etki	10707.793	18.114	.001***	.312	1.000
Koşul*SD2 Etkileşimi	12.867	.258	.766	.006	.089

Katılımcıların SD2 verilerine ilişkin varyans analizi sonuçlarına bakıldığında Koşul ana etkisine göre anlamlı farklılık tespit edilmemiştir $F(1, 40) = .697$, $p = .409$, $\eta_p^2 = .017$, $power = .129$. Fakat SD2 ana etki ortalamalarına göre istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir $F(2, 80) = 18.114$, $p = .001$, $\eta_p^2 = .312$, $power = 1.000$. Koşul*SD2 etkileşim ortalamalarına göre bakıldığında ise anlamlı farklılık tespit edilmemiştir $F(2, 80) = .258$, $p = .766$, $\eta_p^2 = .006$, $power = .089$. Satranç müsabakası öncesi ve esnasında elde edilen SD2

değerlerine ilişkin yapılan ikili karşılaştırma sonucunda istatistiksel olarak herhangi bir anlamlılık tespit edilememiştir ($t_s < 1$, $p_s > .5$).

Tablo 16.

Farklı Koşullardaki Satranç Müsabakalarına Ait Ortalama SD1/SD2 Değerlerine İlişkin ANOVA Sonuçları

<i>Parametre</i>					
SD1/SD2	$\bar{x}$	F	p	η_p^2	power
Koşul Ana Etki	.139	.382	.539	.008	.093
SD1/SD2 Ana Etki	.885	4.332	.017*	.084	.727
Koşul*SD1/SD2 Etkileşimi	.700	6.509	.003**	.122	.876

Araştırmaya katılan satranç sporcularının tDAS uygulanan ve uygulanmayan iki farklı koşuldaki SD1/SD2 ortalamalarına göre, Koşul ana etkisi için istatistiksel olarak anlamlı sonuç bulunmazken $F(1, 47) = .382$, $p = .539$, $\eta_p^2 = .008$, $power = .093$. SD1/SD2 ana etki ortalamalarında anlamlı sonuç bulunmuştur. $F(2, 94) = 4.332$, $p = .017$, $\eta_p^2 = .084$, $power = .727$. Ayrıca son olarak Koşul*SD1/SD2 etkileşimine bakıldığında da anlamlı farklılık tespit edilmiştir $F(2, 94) = 6.509$, $p = .003$, $\eta_p^2 = .122$, $power = .876$.

Ancak satranç müsabakası öncesi ve esnasında elde edilen SD1/SD2 değerlerine ilişkin yapılan ikili karşılaştırma sonucunda istatistiksel olarak herhangi bir anlamlılık tespit edilmemiştir ($t_s < 1$, $p_s > .5$).

Satranç sporcularının KAHD parametreleri Koşul ana etkisi, Zaman ana etkisi ve Koşul*Zaman etkileşimleri Tablo 17' değerlendirilmiştir.

Tablo 17.

Farklı Koşullardaki Satranç Müsabakalarına Ait KAHD Parametreleri Karşılaştırma Tablosu

Parametreler	Birim	Msbk. Öncesi (15 dakika)	Msbk. Esnası (15 dakika)	Msbk. Sonrası (15 dakika)	tDAS* KAHD			
		$\bar{x} \pm Ss$	$\bar{x} \pm Ss$	$\bar{x} \pm Ss$	F	p	η_p^2	power
tDAS/Ort. KAH	ms	83.00 $\pm$ 10.55	83.70 $\pm$ 11.24	81.98 $\pm$ 9.21	.235	.767	.005	.084
Ort. KAH	ms	82.74 $\pm$ 10.53	82.86 $\pm$ 9.80	81.66 $\pm$ 10.22				
tDAS/SDNN	ms	50.34 $\pm$ 15.99	44.48 $\pm$ 15.66	55.20 $\pm$ 15.35	5.570	.006*	.115	.828
SDNN	ms	52.17 $\pm$ 16.49	45.13 $\pm$ 11.58	50.93 $\pm$ 13.29				
tDAS /r-MSSD	ms	40.29 $\pm$ 16.97	36.79 $\pm$ 17.00	4.18 $\pm$ 16.67	5.788	.007*	.127	.813
r_MSSD	ms	43.40 $\pm$ 16.31	37.00 $\pm$ 14.25	39.61 $\pm$ 13.25				
tDAS/LF _{nu}	ms ²	72.42 $\pm$ 11.14	67.39 $\pm$ 13.30	72.83 $\pm$ 10.85	3.175	.047	.065	.589
LF _{nu}	ms ²	70.52 $\pm$ 10.34	69.72 $\pm$ 13.85	74.06 $\pm$ 8.43				
tDAS/HF _{nu}	ms ²	28.41 $\pm$ 11.43	33.39 $\pm$ 13.67	28.09 $\pm$ 11.61	2.980	.057	.062	.559
HF _{nu}	ms ²	29.99 $\pm$ 10.31	30.93 $\pm$ 13.57	26.44 $\pm$ 8.95				

Tablo 17. Devamı

tDAS -LF/HF	ms ²	3.38 ± 1.72	2.84 ± 1.50	3.40 ± 1.71	2.530	.097	.061	.445
LF/HF	ms ²	2.96 ± 1.32	3.07 ± 1.45	3.46 ± 1.54				
tDAS/SD1	ms	28.14 ± 11.69	24.86 ± 10.04	28.20 ± 12.48	2.496	.101	.057	.433
SD1	ms	31.74 ± 13.04	25.19 ± 8.26	27.74 ± 9.16				
tDAS/SD2	ms	62.58 ± 18.23	55.23 ± 17.45	64.46 ± 20.31	.258	.766	.006	.089
SD2	ms	64.23 ± 19.24	57.57 ± 12.93	65.25 ± 16.29				
tDAS -SD1/SD2	ms	2.36 ± .64	2.31 ± .62	2.41 ± .54	6.509	.003*	122	.876
SD1/SD2	ms	2.13 ± .52	2.37 ± .47	2.45 ± .45				

Not: *= $p < .05$; †= .065. Ort. KAH= Ortalama Kalp Atım Hızı, SDNN= NN aralıklarının standart sapması, r-MSSD= Ardışık RR aralığı farklarının ortalama karekökü, LF/HF= LF'nin HF gücüne oranı, LFnu= Normal birimlerde düşük frekans bandının (0,04-0,15 Hz) göreceli gücü, HFnu= Normal birimlerde yüksek frekans bandının (0,15-0,4 Hz) nispi gücü, SD1/SD2= SD1' in SD2' ye oranı, Msbk. Müsabaka

Tablo 17'de 2 farklı koşulda (tDAS+, tDAS-) çalışmaya katılan satranç sporcularının müsabaka öncesi, esnası ve sonrası tDAS*KAHD etkileşimine bakıldığında ortalama KAH değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir ($p > .05$). Fakat tDAS*SDNN, r-MSSD ve SD1/SD2 etkileşimine bakıldığında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p < .05$).

5.BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Tartışma

Satranç, stratejik düşünce süreçleri, hafıza ve odaklanma gibi bilişsel yetenekleri içerisinde barındıran bir spor dalıdır. Bu gibi becerileri geliştirmek, performansı artırmak ve beyin fonksiyonlarını optimize etmek amacıyla çeşitli nöromodülasyon yöntemlerinin kullanımı son yıllarda artmıştır. Transkraniyal doğru akım stimülasyonu tekniği bunlardan biridir ve bu teknik; beyin aktivitesini buna bağlı olarak da kardiyak aktiviteyi modüle etme kapasitesi ile bilinmektedir. tDAS+ uygulaması nöronları ateşleyerek bilişsel ve motor aktiviteyi artırırken (Suen ve diğerleri, 2020; Wischnewski ve diğerleri, 2021; Caulfield ve diğerleri, 2022), KAHD ise; kardiyovasküler sağlığın yanı sıra bilişsel işlevsellik ve duygusal refah için önemli belirteçler sunmaktadır. Bu nedenle satranç sporcularının psikofizyolojik yanıtlarını izlemek, stratejik düşünme, odaklanma gibi kritik becerilerini nasıl iyileştirebileceğimizi anlayabilmek için KAHD takibi, alanda kilit bir öneme sahiptir. Mevcut çalışmanın amacı, satranç sporcularına müsabaka esnasında uygulanan tDAS'ın kalp atım hızı değişkenliği üzerindeki potansiyel etkilerini incelemektir. Bu açıdan bakıldığında mevcut çalışma, bilişsel becerileri geliştirmede yeni perspektifler sunarak satranç sporunun zihinsel ve fizyolojik etkileşimlerini anlamak ve sporcuların performansını artırabilmek için alana önemli katkılar sunmayı hedeflemektedir.

5.2. Tranaskranial Manyetik Uyarım ve Kalp Atım Hızı Değişkenliği İlişkisi

Bilişsel işlevsellik, hem günlük yaşamın en basit görevlerini hem de en karmaşık etkinlikleri gerçekleştirmek için esastır. Çok sayıda çalışma, yürütücü işlevler ve KAHD arasındaki ilişkiyi araştırmış ve bilişsel süreçlerin KAHD ile bağlantılı olduğunu doğrulamıştır (Hansen ve diğerleri, 2004; Mahinrad ve diğerleri, 2016; Colzato ve Steenbergen, 2017). Egzersiz, çalışan bellek görevi veya psikolojik stres gibi bilişsel ve duygusal uyarıların KAHD seviyelerini değiştirebileceği (Cottin ve diğerleri, 2004; Luque-Casado ve diğerleri, 2016); artan KAHD parametrelerinin ise kardiyovasküler fonksiyonları iyileştirebileceği deneysel çalışmalarla kanıtlanmıştır (Thayer ve diğerleri, 2010; Stapelberg ve diğerleri, 2012; Koch ve diğerleri, 2019; Jarczok ve diğerleri, 2022). Bilişsel işlevsellik, otonom (Thayer and Lane, 2009; Thayer ve diğerleri, 2010) ve kardiyovasküler (O'donnell ve diğerleri, 2012) işlev bozuklukları koşullarına bağlı olarak bu durumlardan olumsuz etkilenir. Bu yönüyle, bilişsel işleyişin umut verici bir fizyolojik korelasyonu, kalbin otonom kontrol endeksi olarak kabul edilen kalp atış hızı değişkenliğidir. KAHD, esas olarak sinoatriyal

düğüm aracılığıyla kalbe parasempatik ve sempatik girdiler arasındaki dinamik etkileşimden kaynaklanan ardışık kalp atışları (R-R aralıkları) arasındaki (ms) salınımları yansıtır (Thayer ve Lane, 2000; Reyes del Paso ve diğerleri, 2013). Kalp atış hızı değişkenlik analizi; zaman alanı, frekans alanı ve doğrusal olmayan analizler olarak üç eksenle yapılır. Zaman alanında kayıt döneminde değişkenlikten sorumlu bileşenleri ortaya çıkaran tüm R-R aralıklarının (SDNN) standart sapması (Malik, 1996); ardışık standart sapmanın kök ortalama karesi (r-MSSD) ve vagal tonu yansıtmaya gereken 50 ms (pNN50) üzerindeki ardışık düzenli sinüs RR aralıklarının yüzdesi gibi bilgiler elde edilir (Kleiger ve diğerleri, 2005; Shaffer ve diğerleri, 2014; Laborde ve diğerleri, 2017). SDNN, genel olarak otonom sinir sisteminin hem sempatik hem de parasempatik bileşenlerinin birleşik aktivitesini yansıtır. Başka bir deyişle SDNN; uzun dönemli KAHD'yi, bireyin genel stres seviyelerini ve kardiyovasküler sağlığını değerlendirir (Kleiger ve diğerleri, 2005). r-MSSD ise, vagal (parasempatik) tonun bir göstergesi olarak kabul edilir ve kalp hızındaki kısa vadeli değişiklikleri değerlendirmede kullanılır. Mevcut çalışmanın bulgularında SDNN ve r-MSSD değerlerinde istatistiksel olarak anlamlılık tespit edilmesi bu değerlerin sorumlu olduğu alanlar düşünüldüğünde oldukça kıymetlidir. Çünkü mevcut çalışmada uygulanan nöromodülasyon, stres ve baskı altındaki karar verme anlarında parasempatik sistemin aktivasyonunu sağlaması açısından sporcunun bilişsel yükünü hafifletme olanağı sağladığını göstermektedir. KAHD'nin frekans alanında ise, salınımlı bileşenler genellikle farklı spektral profillere ayrılır (Malik, 1996; Berntson ve diğerleri, 1997; Reyes del Paso ve diğerleri, 2013). Ultra düşük frekanslar (ULF; <0.0033 Hz) sadece 24 saatlik kayıtlar kullanılarak değerlendirilebilir ve sirkadiyen salınımları, vücut ısısını, metabolizmayı yansıtır (Laborde ve diğerleri, 2017). Çok düşük frekanslar (VLF; $0.0033-0.04$ Hz) uzun vadeli düzenleme mekanizmalarını, termoregülasyonu ve hormonal mekanizmaları temsil eder (Malik, 1996; Laborde ve diğerleri, 2017). Düşük frekanslar (LF; $0.04-0.15$ Hz), sempatik ve vagal etkiler arasındaki bir karışımı yansıtır ve otonom sinir sisteminin hem sempatik hem de parasempatik dallarından etkilenen kardiyak çıkışın bir belirteci olarak kabul edilir (Malik, 1996; Laborde ve diğerleri, 2017). Yüksek frekanslar (HF; $0.15-0.40$ Hz) vagal tonu yansıtır (Laborde ve diğerleri, 2017) ve kardiyak parasempatik tonun bir endeksi olarak alınabilir (Reyes del Paso ve diğerleri, 2013). Son olarak, LF/HF oranı uzun zamandır bir sempatovagal denge endeksi olarak kabul edilir. KAHD spektrumu içinde, yüksek frekans bandı parasempatik kardiyak aktiviteye karşılık gelir ve parasempatik etkiler, bireyin değişen çevresel taleplere başarılı bir şekilde adaptasyonu için esastır (Porges, 1992; Reyes Del Paso ve diğerleri, 2009). Vagal kontrolde bir azalma (HF-KAHD'nin azalması), değişen taleplere esnek bir şekilde yanıt verme yeteneğinin eksikliğini gösterebilir,

olası seçeneklerin aralığını azaltabilir ve böylece bireylerin uygun yanıtlar üretme ve uygun olmayanları engelleme yeteneğini sınırlayabilir. Bu bilgiler ışığında mevcut çalışmadan elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, HF'nin istatistiksel olarak anlamlı olması ve HF*Koşul etkileşiminin istatistiksel olarak anlamlı olmaya yakın olması, satranç sporcularına uygulanan tDAS'ın onların değişen koşullara esnek bir şekilde uyum sağlama yeteneklerine katkıda bulunduğunu ve otonom sinir sistemi ile nörobilişsel sistemlerin bir etkileşim halinde çalıştığını göstermektedir.

Transkraniyal doğru akım stimülasyonu, beyin aktivitesini modüle etme yöntemi olarak öne çıkmış ve özellikle bilişsel işlevlerde beyin ve otonom sinir sistemi arasındaki dinamik ilişkilerin anlaşılmasına yardımcı olmuştur. Noninvaziv beyin stimülasyon (NİBS) teknikleri kullanılarak bilişsel aktivitelerden sorumlu prefrontal korteks manipülasyonunun KAHD'yi modüle edebileceği beyin ve kalp bağlantısını doğruladığı bazı güncel çalışmalarla da desteklenmiştir (Nikolin ve diğerleri, 2017; Schmaußer ve diğerleri, 2022; Vanderhasselt ve Ottaviani, 2022). Mevcut çalışmada da; satranç sporcularının prefrontal korteksine uygulanan tDAS'ın KAHD değerlerine olan etkileri araştırılmış olup araştırma sonucunda; iki koşulda (tDAS+, tDAS-) yapılan satranç müsabakalarında kaydedilen KAHD değerleri; tDAS+ koşulda tDAS- koşula göre daha yüksek çıkmıştır. KAHD metriklerinden zaman alanı ekseninde olan SDNN ($t_{48}=2.59$, $p<.01$) ve r-MSSD ($t_{46}=2.55$, $p<.01$) değerleri tDAS+ koşul lehine artış göstermiştir. Bu değerlerin yüksek olması; satranç sporcularına uygulanan nöromodülasyon tekniğinin otonom sinir sistemi aktivitesini modüle ettiği, vagal aktiviteyi güçlendirdiği ve sporcuların stresle başa çıkma kapasitesitelerini artırdığı anlamı taşımaktadır. Alan yazın incelendiğinde prefrontal kortekse uygulanan tDAS'ın KAHD üzerine etkisini araştıran önceki çalışmalarla tutarlı olduğu görülmektedir (Filmer ve diğerleri, 2014; Bestmann ve diğerleri, 2015; Fertoni ve Miniussi, 2017). Örneğin; Narmashiri ve Akbari, (2023) tarafından yapılan güncel bir metanaliz çalışmasında tDAS'ın bilişsel fonksiyonlar üzerine etkileri kapsamlı olarak incelenmiştir. Sonuçlar, tDAS'ın bilişsel görev performansını etkili bir şekilde geliştirebileceğini ve bilişsel güçlenme için bu yöntemin potansiyel faydalarının olduğunu ortaya koymuştur. Daha özelde bakıldığında tDAS'ın KAHD üzerine olan etkilerini inceleyen çalışmalarda da benzer olumlu etkiler gözlemlenmiştir. Örneğin; Nikolin ve diğerlerinin (2017), yaptığı çalışmada, çalışma belleği görevleri ve transkraniyal doğru akım stimülasyonunun KAHD üzerindeki birleşik etkileri incelenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlarda; prefrontal korteks uyarılmasının, aktif tDAS grubunda HF'yi önemli ölçüde artırdığını, parasempatik dalda değişikliklere neden olduğunu sempatik dalın doğrudan tDAS'tan etkilenmediğini göstermiştir (Nikolin ve diğerleri, 2017). Bu durum, parasempatik

ve sempatik dalların farklı nöral yollar nedeniyle farklı tepkiler verdiğini ortaya koymaktadır. Mevcut çalışma bulgularında ise tDAS'ın HF'yi artırdığı $F(2,90) = 7.107, p = .001, \eta_p^2 = .136, power = .912$; Koşul*HF etkileşiminde ise farkın istatistiksel olarak anlamlı olaya doğru bir eğilim gösterdiği tespit edilmiştir $F(2, 90) = 2.980, p = .057, \eta_p^2 = .062, power = .559$. Bu sonuçlar tDAS+ koşulun prefrontal korteks aktivitesini artırdığı ve parasempatik sistemi modüle ettiği anlamı taşısa da; farkın istatistiksel olarak anlamlı olmaya yakın olmasının katılımcı sayısından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Çünkü daha büyük bir örneklem, bu tür çalışmalardaki etkileşim etkilerinin tespit edilmesini kolaylaştırarak istatistiksel gücün daha net anlaşılmasını sağlamaktadır (Schwertfeger ve diğerleri, 2023). Diğer çalışma örnekleri değerlendirildiğinde; Schmaußer ve diğerleri (2022), sahte kontrollü randomize çalışmaların bir meta-analizini yaparak; prefrontal korteks, M1 ve temporal korteksi hedefleyen tDAS ve TMS uygulamalarının KAHD'yi (r-MSSD, HF ve LF) önemli ölçüde artırdığını tespit etmişlerdir (Schmaußer ve diğerleri, 2022). Bu çalışmanın bulguları da r-MSSD ve HF değerlerinin artış göstermesi açısından mevcut çalışmanın bulgularıyla paraleldir. Carnevali ve arkadaşları (2020), tarafından yapılan başka bir çalışmada, sağlıklı erkek katılımcıların sol dorsolateral prefrontal korteksine (DLPFK) uygulanan tDAS'ın psikososyal stres tepkileri üzerindeki etkileri araştırılmış. Deney ve kontrol grubuna ayrılan katılımcıların otonom (KAHD) ve nöroendokrin (tükürük kortizol) parametreleri incelenmiştir. Sonuçlar, DLPFK üzerinde uygulanan tDAS'ın kortizol seviyeleri üzerinde doğrudan bir etkisinin olmadığını, ancak otonom sinir sistemi tepkilerini düzenleyebileceğini göstermiştir. Son olarak Razza ve arkadaşları (2024), tarafından yapılan, prefrontal tDAS'ın KAHD üzerinde doza bağlı yanıtı incelenmiş ve sonuçlar, r-MSSD ile HF'nin 1,5 mA ile karşılaştırıldığında 3.0 mA doz ile önemli ölçüde arttığını göstermiştir. Mevcut çalışmada ise, 2 mA dozla uygulanan tDAS'ın SDNN, r-MSSD, HF değerlerinde önemli artışlar gösterdiği tespit edilmiştir. SDNN, r-MSSD ve HF değerleri, parasempatik sinir sisteminin belirteçleri olarak kabul edilmektedir ve bu değerlerin modülasyonu, prefrontal korteksle yakından ilişkilidir (Makovac ve diğerleri, 2017). Prefrontal korteks, karar verme, dikkat ve duygusal düzenleme gibi üst düzey bilişsel işlevlerin merkezidir ve parasempatik sinir sisteminin aktivitesini etkileyerek kalp atım hızı değişkenliğini modüle ederken; SDNN, r-MSSD ve HF değerleri, parasempatik tonun birer göstergesi olarak, otonom sinir sisteminin denge ve adaptasyon yeteneğini yansıtmaktadır (Makovac ve diğerleri, 2017). Prefrontal korteksin, parasempatik sinir sistemi üzerindeki etkisi, stres yönetimi ve bilişsel kontrolün iyileştirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Özellikle, bu değerlerdeki artış, prefrontal korteksin daha etkin bir şekilde çalıştığını ve bireylerin değişen koşullara daha iyi uyum sağladığının bir

göstergesidir (Fertonani ve Miniussi, 2017). Yüksek SDNN ve r-MSSD değerleri, parasempatik aktivitenin arttığını ve stres yanıtlarının daha iyi yönetildiğini gösterirken, HF değerindeki artış da otonom sinir sisteminin parasempatik etkinliğinin arttığını ve bilişsel süreçlerin optimize edildiğini işaret eder (Nikolin ve diğerleri, 2017). Bu değerlerdeki artış, prefrontal korteksin sağladığı nörobilişsel modülasyonun etkili olduğunu ve parasempatik sinir sistemi ile prefrontal korteks arasındaki etkileşimin, bireylerin stresli ve değişken ortamlarda performanslarını iyileştirdiğini ortaya koyar. Dolayısıyla, SDNN, r-MSSD ve HF değerlerinde gözlemlenen artışlar, hem bireylerin parasempatik yanıtlarını hem de prefrontal korteksin bilişsel kontrol yetilerini geliştiren önemli bir gösterge olarak değerlendirilebilir (Makovac ve diğerleri, 2017). Bu nedenle de mevcut çalışma bulguları, hem nörovisseral entegrasyon modeli gibi beyin kalp etkileşimine bağlı bir kuramı doğrulamakta hem de bu alandaki çalışmalarla paralel sonuçlar sunmaktadır.

Öte yandan, bilişsel performansın yanı sıra fiziksel performansı da geliştirmek amacıyla kullanılan tDAS tekniği, kombinasyon çalışmalarıyla desteklendiğinde, sporcuların hem bilişsel hem de fiziksel olarak iyileşmelerini sağlamaktadır. Bu alanda yapılan güncel çalışmalara örnek olarak, Holgado ve diğerlerinin (2024), yaptığı metaanaliz çalışması gösterilebilir. Holgado ve diğerleri (2024), tDAS'ın fiziksel performans üzerindeki etkilerini inceleyen kapsamlı bir derleme sunmuştur. Bu çalışmada, tDAS uygulamalarının spor ve egzersiz performansını artırma potansiyelini değerlendiren mevcut literatür analiz edilmiştir. Çalışma, tDAS'ın bazı durumlarda fiziksel performansı artırdığını, özellikle dayanıklılık, güç ve hız gibi ölçütlerde gelişme sağladığını belirtmektedir. Ancak, bu etkilerin bireysel farklılıklar gösterdiği vurgulanmaktadır. Çalışmada; tDAS'ın etkinliğinin, bireyin fizyolojik özellikleri, antrenman durumu ve uygulanan tDAS protokolüne bağlı olarak değişebildiği öne sürülmüştür. Buna ek olarak, çalışmada tDAS'ın hem akut (kısa vadeli) hem de kronik (uzun vadeli) etkileri incelenmiştir. Akut etkiler, tDAS'ın hemen sonrasında gözlemlenirken, kronik etkiler daha uzun süreli uygulamalarda ortaya çıkabilmektedir. Bu bulgular, tDAS'ın spor performansını artırma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Ancak, etkilerin tutarlılığı ve uzun vadeli yararları hakkında daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Sonuç olarak, Holgado ve diğerlerinin (2024), çalışması tDAS'ın spor performansını artırma potansiyelini doğrulamakla birlikte, bu teknolojinin etik ve güvenlik boyutlarının da dikkatle ele alınması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu alanda yapılmış diğer bir güncel çalışma Gonçaves ve arkadaşlarının (2024), retrospektif çalışmasıdır. Bu kombine çalışmada, profesyonel üst düzey erkek futbolcularda maç sonrası toparlanma döneminde tDAS ve pnömatik kompresyonun kombinasyonunun etkileri incelenmiştir. Çalışmada, 2022

sezonunda sadece pnömatik kompresyon uygulanırken, 2023 sezonunda pnömatik kompresyon ile birlikte tDAS protokolü uygulanmıştır. Her iki sezonda da resmi maçlardan sonraki ikinci günde psikofizyolojik ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümler, ağrı ve uyku kalitesi anketleri, algılanan iyileşme ölçekleri ve kan örneklerinden elde edilen kreatin kinaz (CK) seviyeleri ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın bulguları, tDAS ve pnömatik kompresyon kombinasyonunun, pnömatik kompresyonun tek başına uygulanmasına kıyasla önemli iyileşmeler sağladığını göstermiştir. Maç sonrası ikinci günde algılanan iyileşme %12 oranında artmış ($p=.008$), uyku kalitesi %7,5 oranında iyileşmiş ($p=.029$) ve kas ağrısı %64 oranında azalmıştır ($p<.001$). Ayrıca, kreatin kinaz (CK) konsantrasyonu %76 oranında azalmıştır ($p=.001$). Bu bulgular, pnömatik kompresyon ile birlikte tDAS kullanımının, her iki yöntemin de etkilerini artırarak sporcuların iyileşme sürecinde daha büyük genel iyileşmelere yol açabileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, mevcut literatürde yer alan bulgular, transkraniyal doğru akım stimülasyonunun tekniğinin hem fiziksel hem de bilişsel alanlarda önemli iyileşmeler sağladığını göstermektedir. Bu bulgular, tDAS'ın, sporcuların fiziksel performanslarını artırarak daha iyi sonuçlar elde etmelerine ve aynı zamanda bilişsel işlevlerini geliştirerek daha etkili stratejiler ve kararlar alabilmelerine katkıda bulunduğunu ortaya koymaktadır. Fiziksel anlamda, tDAS'ın sporcuların dayanıklılığını, kuvvetini ve genel performansını artırdığı; bilişsel anlamda ise, dikkat, bellek ve karar verme yeteneklerinde gelişmeler sağladığı gözlemlenmiştir. Bu çok yönlü iyileşme, tDAS'ın geniş bir uygulama yelpazesi sunduğunu ve spor bilimleri ve bilişsel gelişim alanlarında değerli bir araç olarak kullanılabileceğini vurgulamaktadır. Ancak, bu alandaki çalışmaların sınırlılıkları göz önünde bulundurularak, tDAS'ın etkilerini daha net ve güvenilir bir şekilde belirlemek için daha kapsamlı ve uzun vadeli araştırmalar yapılması gerekmektedir. Özellikle, farklı spor branşlarında, geniş katılımcı gruplarıyla ve kontrol grupları kullanılarak gerçekleştirilecek çalışmalar, tDAS'ın uzun vadeli etkilerini ve optimal uygulama protokollerini belirlemeye yardımcı olacaktır. Bu tür araştırmalar, tDAS'ın sporcuların performansını ve sağlığını nasıl etkilediğinin anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

5.3. Durumluk Kaygı Düzeyi ve Transkraniyal Manyetik Uyarım İlişkisi

Araştırmaya katılan satranç sporcularının tDAS+ ve tDAS- koşulda gerçekleştirdikleri müsabakalar arasındaki durumluk kaygı düzeylerinin belirlenmesi için 1970 yılında Speilberger ve arkadaşları tarafından geliştirilen (Şeyhoğlu, 2005) ve Öner ve Le Compte (1983) tarafından Türkçeye uyarlaması yapılan (Büyüköztürk, 1997) durumluk kaygı ölçeği kullanılmıştır. Mevcut çalışmada uygulanan tDAS'ın KAHD değerlerinde artışa neden

olduğu, kaygı ve stresi inhibe ettiği tespit edilse de; ölçek sonuçlarına göre, tDAS+ ve tDAS- koşulları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > .05$). Ancak bu sonuç, tDAS+ ve tDAS- koşuldaki KAH sonuçları ile değerlendirildiğinde sonuçların, birbirini destekler nitelikte olduğu görülmektedir.

Nöromodülasyon tekniklerinin sürekli ve durumluk kaygı düzeyine etkileriyle ilgili çalışmalara bakıldığında, bu yöntemlerin majör depresif bozukluk, anksiyete gibi psikiyatrik rahatsızlıkların tedavisinde kullanıldığı ve umut vadeden bir teknik olduğu bilinmektedir (Fregni ve diğerleri, 2015; Martin ve diğerleri, 2018). Ancak bu tekniklerle beraber kullanılan ölçek uygulamalarının aynı sonuçları vermediği gözlemlenmiştir (Nishida ve diğerleri, 2019). Örneğin bazı çalışmalarda; anksiyete tedavisi için nöromodülasyon kullanılan ve kullanılmayan durumlar arasında anlamlı farklılık tespit edilse bile bu uygulamalarla beraber uygulanan ölçek puanlarında mevcut çalışma bulgularıyla paralel olarak istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlenmemiştir. Bu bulgular paralelinde örnek olarak Nishida ve arkadaşları (2019), tarafından yapılan tDAS uygulamasının durumluk kaygı üzerine etkisinin incelendiği çalışma gösterilebilir. Bu çalışmada, tDAS'ın akut etkisine ve bunun uyarılma öncesi beyin aktivitesi ile ilişkisi araştırılmıştır. Bu sorunu ele almak için, majör depresif bozukluğu olan 14 hastada ve 19 sağlıklı kontrol grubunun sol dorsolateral prefrontal korteksine anodal (+) tDAS uygulanmıştır. Bu uygulama, 1.0 mA yoğunlukta, 20 dakika boyunca ve tek bir seansta yapılmıştır. Anksiyeteyi değerlendirmek için, tDAS öncesi ve sonrası durumluk kaygı envanteri uygulanmıştır. Çalışma sonucunda anodal tDAS'ın majör depresif bozukluğu azalttığı tespit edilmiştir. Fakat durumluk kaygı envanteri sonuçlarında değerler, kontrol grubunda anlamlıyken ($\beta = -0.339$, $p = 0.004$) deney grubunda ($p = 0.61$) istatistiksel olarak anlamlılık tespit edilmemiştir. tDAS öncesi ve sonrası durumluk kaygı puanlarına bakıldığında ise iki grup arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır ($p = 0.72$). Diğer bir benzer nöromodülasyon çalışmasında; Balderston ve arkadaşları (2020), intraparietal sulkus bölgesini hedefleyen düşük frekanslı tekrarlayan transkraniyal manyetik stimülasyonun (rTMS) anksiyete ve korkuyu azaltma potansiyelini araştırmayı amaçlamıştır. Bu çalışmada, rTMS sırasında katılımcıların anksiyete seviyelerini gerçek zamanlı olarak değerlendirmek için çevrimiçi anksiyete derecelendirme sistemi kullanılmıştır. Çalışma, düşük frekanslı rTMS'nin IPS bölgesini hedef alarak korku ve anksiyete ile ilgili fizyolojik uyarılmayı azalttığını göstermiştir. Ancak, çevrimiçi anksiyete derecelendirmelerinde rTMS'nin uygulandığı ve uygulanmadığı iki farklı koşul karşılaştırmasında belirgin bir değişiklik gözlemlenmemiştir; bu da anksiyete ölçümlerinin bazı durumlarda rTMS'nin etkilerini yeterince iyi yansıtamayabileceğini düşündürmektedir (Balderston ve diğerleri, 2020).

Sonuç olarak, mevcut çalışmanın bulguları, tDAS'ın veya diğer nöromodülasyon uygulamalarının kaygı düzeyleri üzerindeki etkisinin literatürdeki diğer sonuçlarla uyumlu olduğunu ve bu tekniklerin kaygı yönetiminde her durumda aynı derecede etkili olup olmadığını değerlendirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulabileceğini göstermektedir. Nöromodülasyon uygulamalarıyla birlikte kullanılan ölçek veya çevrimiçi diğer sistemlerin sonuçlarının nöromodülasyon uygulamaları sonuçlarıyla çelişir düzeyde olmasının nedeni, ölçüm araçlarının ve uygulama protokollerinin bu tekniklerin etkilerini her zaman yeterince doğru yansıtamayabileceği gerçeğinden kaynaklı olabilir. Bu nedenle, bu tür araştırmalarda daha objektif bulgulara ulaşılması için daha fazla ölçek ve çevrimiçi değerlendirme sistemleri işe koşularak bireysel farklılıklar da gözetilerek daha fazla araştırma yapılması önerilmektedir.

5.4. Sonuç

Araştırma bulguları, satranç sporcularının prefrontal korteksine uygulanan nöromodülasyon yönteminin otonom sinir sistemi aktivitesini modüle edebildiğini göstermektedir. Bu müdahale ile bilişsel süreçlere bağlı değişen KAHD'nin arttığı yani otonom sinir sisteminin olumlu etkilendiği ortaya konmuştur. Bu sonuçların spor psikofizyolojisi ve nörofizyoloji arasındaki bağlantıyı derinleştirmeye olanak sağladığı söylenebilir. Mevcut çalışma, bu alanda yapılmış literatürdeki diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında, spesifik olarak bilişsel spor dallarının nörofizyolojik yanıtlarının anlaşılmasına yönelik yeni bir perspektif sunmaktadır. Ayrıca bu çalışmanın bulguları, transkraniyal doğru akım stimülasyonunun sadece fiziksel performansı değil, aynı zamanda sporcuların bilişsel ve duygusal yanıtlarını da etkileyebileceğini göstermektedir. Bu durum, antrenman programlarına ve mental performansı artırmaya yönelik yeni stratejilerin geliştirilmesine olanak tanımakta ve gelecekteki çalışmalar için temel oluşturmaktadır.

5.5. Çalışmanın Güçlü ve Sınırlı Yanları

Günümüzde bilişsel süreçlerin ve zihinsel yeteneklerin anlaşılması, sadece akademik alanda değil, aynı zamanda rekabetçi spor ortamlarında da büyük önem taşımaktadır. Sporcuların performanslarını artırmak ve zihinsel yeteneklerini geliştirmek adına farklı metodolojiler ve teknikler kullanılmaktadır. Bu bağlamda, tDAS gibi nöromodülasyon tekniklerinin, özellikle zihinsel performansı nasıl etkilediğini anlamak, hem akademik hem de spor alanında önemli bir araştırma konusu olduğu söylenebilir.

Bu açıdan bakıldığında, mevcut çalışmanın güçlü yanlarından biri nöromodülasyon tekniklerinin hem bilişsel süreçler hem de kardiyovasküler tepkiler üzerindeki etkilerini

inceleyerek disiplinlerarası bir yaklaşım sergilemesidir. tDAS'ın hem beyin hem de kalp üzerindeki etkilerini değerlendiren bu çalışma, psikofizyoloji alanının daha kapsamlı bir anlayış geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında, tDAS'ın özellikle prefrontal korteks aktivitesini artırmadaki rolünü vurgulayarak, bu çalışmanın sporcuların stres yoğunluğuna rağmen zihinsel dayanıklılığı sürdürebilmesine faydalı olabileceği ve nörobilimde bilişsel yeteneklerin fizyolojik temelini anlamak için bir basamak oluşturabileceği söylenebilir. tDAS'ın satranç sporcularında KAHD üzerindeki etkilerini incelemek, literatürde nadir bulunan bir çalışmadır. Bu nedenle mevcut çalışma tDAS'ın sporcuların performansını ve fizyolojik tepkilerini artırmadaki potansiyelini göstererek yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Mevcut çalışma bulguları, tDAS'ın sadece teorik olarak değil, aynı zamanda pratikte de sporcuların performansını ve stres yönetimini artırma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. tDAS'ın prefrontal korteks aktivitesini artırarak bilişsel süreçleri iyileştirmesi ve aynı zamanda KAHD üzerindeki etkilerini araştırarak stres yönetimine katkı sağlaması, bu çalışmanın çift yönlü etkisini vurgulamaktadır. Öte yandan mevcut çalışmanın sınırlıklarına bakıldığında bunlardan ilki katılımcı sayısıdır. Bu çalışmada, erkek katılımcı sayısının kadın katılımcı sayısına göre daha fazla olması verilerin homojenliği açısından bir sınırlık oluşturmaktadır. Bu nedenle gelecek araştırmalarda bu anlamda homojenliğin sağlanması satranç sporcularına uygulanan tDAS için daha ayrıntılı ve objektif veriler sunabilir. Çalışmanın diğer bir zayıf yönü; tDAS'ın sadece akut etkilerini incelemiş olup, uzun vadeli etkilerine dair herhangi bir bilgi sunmamasıdır. Bu nedenle, uzun vadeli etkilerin değerlendirilmemesi çalışmanın önemli bir sınırlığıdır. Öte yandan, çalışmanın gerçek müsabaka ortamında gerçekleştirilememiş olması; elde edilen sonuçların gerçek müsabaka koşullarındaki geçerliliğini ve uygulanabilirliğini sınırlayan bir durumdur. Son olarak bu çalışmanın yalnızca satranç branşında gerçekleştirilmiş olması, elde edilen bulguların farklı spor dallarına genellenebilirliğini sınırlamaktadır. Mevcut çalışmanın sınırlıkları, gelecekteki araştırmaların bu alanlarda derinlemesine çalışmalar yapmasını ve daha geniş bir anlayış geliştirilmesini gerekli kılmaktadır.

5.6. Öneriler

Mevcut çalışmanın bulguları, transkraniyal doğru akım stimülasyonunun satranç sporcularının kalp atım hızı değişkenliği üzerindeki etkilerini önemli ölçüde aydınlatmıştır. Ancak, elde edilen sonuçların daha geniş ve objektif bir bağlamda değerlendirilmesi ve uygulama potansiyelinin artırılması için bazı önerilerde bulunmak faydalı olacaktır. Bu

öneriler, mevcut bulguların doğruluğunu ve geçerliliğini artırmak, araştırmanın kapsamını genişletmek ve tDAS'ın etkilerini daha kapsamlı bir şekilde anlayabilmek için değerlidir.

Araştırmanın sınırlılıkları göz önünde bulundurulduğunda, gelecekteki çalışmaların daha güvenilir ve geçerli sonuçlar elde edebilmesi için bazı önemli iyileştirmeler yapılabilir. Özellikle, örneklem büyüklüğünün artırılması, çalışmaların homojenliğini ve objektifliğini sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır. Daha geniş bir örneklem, bulguların genellenebilirliğini ve araştırmanın kapsamını artırabilir. Bu, farklı bireylerin ve durumların etkilerini daha iyi değerlendirme fırsatı sunar ve bulguların daha geniş bir popülasyon için geçerli olup olmadığını test etmeye yardımcı olabilir. Öte yandan, KAHD verilerinin kayıtları sırasında veri kayıplarının önlenmesi, araştırmanın doğruluğunu artırmak için kritik bir bileşendir. Veri toplama sürecinde kullanılan ekipmanların düzenli olarak bakım ve kalibrasyonlarının yapılması, veri kaybı riskini önemli ölçüde azaltabilir. Ekipmanların sürekli olarak doğru çalıştığından emin olmak, ölçümlerin tutarlılığını ve güvenilirliğini sağlamada önemli bir adımdır. Ayrıca, veri toplama sürecinde yüksek kaliteli ve güvenilir cihazların tercih edilmesi, ölçüm doğruluğunu artırabilir ve elde edilen verilerin geçerliliğini güçlendirebilir. Bu, elde edilen sonuçların daha doğru bir şekilde yansıtılmasına yardımcı olur ve gelecek araştırmaların genel geçerliliğini artırabilir.

Araştırmanın bulguları, tDAS'ın satranç sporcularının bilişsel performanslarını geliştirebileceğini göstermiş olsa da bu tekniğin sporcularla sınırlı olmadığı, uygulama alanlarının geniş bir yelpazesi olduğu söylenebilir. Mevcut çalışma bulguları, strateji, odaklanma, karar verme gibi beceriler gerektiren tüm alanlara (yöneticilik, ordu, sağlık, eğitim vs.) genellenebilir ve böylece tDAS'ın karar verme yeteneklerini geliştirme ve dikkat süresini uzatma potansiyeli bu alanların gelişiminde de kullanılabilir. Örneğin; eğitmenler, antrenörler ve spor psikologları, sporcuların performanslarını optimize etmek amacıyla eğitim programlarına tDAS'ı dahil edebilirler; bu durum özellikle stresli koşullar altında sporcuların performanslarını artırmalarına yardımcı olabilir. Öte yandan cerrahlar, hakemler, orduda üst düzey yöneticiler bu tekniği kullanarak bilişsel becerilerinin gelişimine katkıda bulunabilirler.

Mevcut çalışmada nöronodülasyon tekniklerinin bilişsel ve fizyolojik etkilerini değerlendirmek amacıyla KAHD verileri izlenmiştir. Gelecek araştırmalarda KAHD veri kaydı gibi psikofizyolojik ölçüm yöntemlerinin kullanılması, bireylerin stres seviyelerini ve performans yanıtlarını objektif olarak ölçmeye olanak tanıyarak tDAS'ın bu alanlardaki etkilerini daha kapsamlı bir şekilde anlamaya yardımcı olabilir. Bu bağlamda, antrenörler, spor psikologları, yöneticiler, eğitimciler ve tüm paydaşlar, psikofizyolojik ölçüm

yöntemlerini eğitim programlarına dahil ederek performans geliştirme programlarını daha etkili bir şekilde tasarlayabilirler.

Gelecekteki araştırmalarda, beyin aktivitelerini daha kapsamlı bir şekilde incelemek amacıyla elektroensefalografi (EEG) yönteminin de dahil edilmesi önem arz etmektedir. EEG, beyin dalgalarını ve aktivitelerini yüksek zaman çözünürlüğü ile ölçme kapasitesine sahip bir tekniktir. Bu yöntem, mevcut çalışmada kullanılan tDAS ve KAHD verilerine ek olarak, beyin aktivitesinin etkilerini daha derinlemesine anlamaya ve analiz etmeye olanak tanıyabilir. EEG, özellikle bilişsel yük, dikkat ve zihinsel süreçlerin değerlendirilmesinde kritik bir rol oynayarak, tDAS'ın bilişsel performans üzerindeki etkilerini daha detaylı bir şekilde ortaya koyabilir.

Ayrıca, bulguların gerçek müsabaka koşullarındaki geçerliliğini daha iyi değerlendirebilmek amacıyla, gelecekteki araştırmaların gerçek müsabaka ortamında gerçekleştirilmesi tavsiye edilmektedir. Bu yaklaşım, elde edilen sonuçların pratik uygulamalarda daha doğru bir şekilde yansıtılmasına ve uygulamaların gerçek dünyadaki etkilerini daha iyi anlamaya katkı sağlayabilir. Gerçek müsabaka ortamında yapılan çalışmalar, laboratuvar koşullarından farklı olarak, daha doğal ve karmaşık stres faktörlerini içerebilir, bu da sonuçların genellenebilirliğini artırabilir. Öte yandan, tDAS'ın sadece müsabaka ortamında değil, aynı zamanda sporcuların stresli koşullar altında uzun süreli zihinsel dayanıklılıklarını artırmak için rekabet öncesi hazırlık aşamasında da kullanılmasının faydalı olabileceği önerilmektedir. Rekabet öncesi hazırlık aşamasında yapılan tDAS uygulamaları, sporcuların zihinsel dayanıklılıklarını ve stresle başa çıkma kapasitelerini geliştirebilir. Bu uygulama, sporcuların müsabakalarda daha etkili bir şekilde performans sergilemelerine yardımcı olabilir. Bu öneriler, spor bilimleri alanında uygulamalı araştırmaların çeşitlenmesini sağlayabilir ve sporcuların performansını artırma stratejilerinin daha geniş bir perspektifle ele alınmasına zemin hazırlayabilir.

KAYNAKÇA

- Acharya, U. R., Joseph, K. P., Kannathal, N., Lim, C. M., ve Suri, J. S. (2006). Heart rate variability: A review. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 44(12), 1031–1051. <https://doi.org/10.1007/s11517-006-0119-0>
- Aciego, R., Garcia, L., ve Betancort, M. (2012). The benefits of chess for the intellectual and social-emotional enrichment in schoolchildren. *The Spanish Journal of Psychology*. 15 (2), 551-559. https://doi.org/10.5209/rev_SJOP.2012.v15.n2.38866
- Africanus Leo. (1896). *The history and description of Africa*. London: The Hakluyt Society.
- Agelink, M. W., Boz, C., Ullrich, H., ve Andrich, J. (2002). Relationship between major depression and heart rate variability.: Clinical consequences and implications for antidepressive treatment. *Psychiatry research*, 113(1-2), 139-149. [https://doi.org/10.1016/S0165-1781\(02\)00225-1](https://doi.org/10.1016/S0165-1781(02)00225-1)
- Akselrod, S., Gordon, D., Ubel, F. A., Shannon, D. C., Berger, A. C., ve Cohen, R. J. (1981). Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *science*, 213(4504), 220-222. <https://doi.org/10.1126/science.6166045>
- Aksu, G. ve Hacaoğlu, Ç. (2004) Mastalji yakınmasıyla radyolojik incelemeye alınan bir grup hastada aleksitimi, anksiyete, kaygı ve depresyon düzeylerinin araştırılması. *Klinik Psikiyatri*; 7,:95-102
- Aldemir, R. (2019). *Dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu olan çocuklarda ilaçla tedavi sürecinin eeg analizleriyle değerlendirilmesi* (Yayınlanmamış doktora tezi). Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Altınay, B. (2009). *Satranç Tarihi*. İstanbul: Tarih Vakfı.
- Altınay, R. (2009). Satranç. *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* içinde (36, s. 178-181). İstanbul: Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları.
- Altungök, A. (2014). Sâsani kültür ve medeniyetinin İslâm kültür ve medeniyetine etkileri. *Tarih İncelemeleri Dergisi*, 29(2), 445-487. <https://doi.org/10.18513/egetid.69178>
- Altungök, S. (2014). *Satranç ve Kültür*. Ankara: Kültür Bakanlığı Yayınları.
- Anderson EJ, Sylvia LG, Lynch M, Sonnenberg L, Lee H, ve Nathan DM. (2014). Comparison of energy assessment methods in overweight individuals. *Journal of the*

- Academy of Nutrition and Dietetics*, 114(2), 273-278.
<https://doi.org/10.1016/j.jand.2013.07.008>
- Angius, L., Hopker, J., Marcora, S. M., & Mauger, A. R. (2015). The effect of transcranial direct current stimulation of the motor cortex on exercise-induced pain. *European Journal of Applied Physiology*, 115(11), 2311-2319. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3212-y>
- Arakaki, X., Arechavala, R. J., Choy, E. H., Bautista, J., Bliss, B., Molloy, C., ... & Kloner, R. A. (2023). The connection between heart rate variability (HRV), neurological health, and cognition: A literature review. *Frontiers in neuroscience*, 17, 1055445. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1055445>
- Atashafrouz, A. (2019). The effectiveness of chess on problem-solving, working memory, and concentration of male high school students. *Iranian Evolutionary Educational Psychology Journal*, 1(4), 249-258. <https://doi.org/10.29252/ieepj.1.4.2>
- Ates, O., Keskin, B., ve Cotuk, B. H., (2017). İş yerinde zihinsel yüklenme ve egzersizin kalp hızı değişkenliği üzerindeki etkisi. *Ulusal Spor Bilimleri Dergisi*, 1(2), 55-65
- Azizi, F., Ghasemi, R., & Ardalan, M. (2022). Two common mistakes in applying ANOVA test: guide for biological researchers. <https://doi.org/10.20944/preprints202207.0082.v1>
- Axisa, F., Dittmar, A., ve Delhomme, G. (n.d.). (2003). *Smart clothes for the monitoring in real time and conditions of physiological, emotional and sensorial reactions of human*. Proceedings of the 25th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (IEEE Cat. No.03CH37439). <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2003.1280974>
- Baek, H. J., Cho, C. H., Cho, J., ve Woo, J. M. (2015). Reliability of ultra-short-term analysis as a surrogate of standard 5-min analysis of heart rate variability. *Telemedicine and e-Health*, 21(5), 404-414. <https://doi.org/10.1089/tmj.2014.0104>
- Bahameish, M., & Stockman, T. (2024). Short-Term Effects of Heart Rate Variability Biofeedback on Working Memory. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s10484-024-09624-7>
- Balderston, N. L., Beydler, E. M., Goodwin, M., Deng, Z. D., Radman, T., Lubner, B., ... & Grillon, C. (2020). Low-frequency parietal repetitive transcranial magnetic

- stimulation reduces fear and anxiety. *Translational Psychiatry*, 10(1), 68. <https://doi.org/doi: 10.1038/s41398-020-0751-8>.
- Balıkçı, İ. (2017). *Üniversite öğrencilerinde fiziksel aktivite ve kalp atım hızı değişkenliği ile sağlıklı yaşam davranışı ve yaşam kalitesinin incelenmesi*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi) Celal Bayar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Manisa.
- Ballı, S., Sağbaş, E. A., (2017). Akıllı saat algılayıcıları ile insan hareketlerinin sınıflandırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 21(3), 980-990. <https://doi.org/10.19113/sdufbed.32689>
- Banissy, M. J., & Muggleton, N. G. (2013). Transcranial direct current stimulation in sports training: Potential approaches. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 129. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00129>
- Barker, A. T., Jalinous, R., & Freeston, I. L. (1985). Non-invasive magnetic stimulation of human motor cortex. *The Lancet*, 325(8437), 1106-1107. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(85\)92413-4](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(85)92413-4)
- Barlow, M., Woodman, T., Gorgulu, R., ve Voyzey, R. (2016). Ironie effects of performance are worse for neurotic.. *Psychology of Sport and Exercise*, 24, 27–37. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2015.12.005>
- Barnéoud, P., ve Curet, O. (1999). Beneficial effects of lysine acetylsalicylate, a soluble salt of aspirin, on motor performance in a transgenic model of amyotrophic lateral sclerosis. *Experimental Neurology*, 155(2), 243–251. <https://doi.org/10.1006/exnr.1998.6984>
- Barrett, D. C., ve Fish, W. W. (2011). Our Move: Using Chess to Improve Math Achievement for Students Who Receive Special Education Services. *International Journal of Special Education*, 26(3), 181-193.
- Barwood, M. J., Butterworth, J., Goodall, S., House, J. R., Laws, R., Nowicky, A., ve Corbett, J. (2016). The effects of direct current stimulation on exercise performance, pacing and perception in temperate and hot environments. *Brain Stimulation*, 9(6), 842–849. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2016.07.006>
- Benedict, R. H., Schretlen, D., Groninger, L., & Brandt, J. (1998). Hopkins Verbal Learning Test–Revised: Normative data and analysis of inter-form and test-retest

- reliability. *The Clinical Neuropsychologist*, 12(1), 43-55.
<https://doi.org/10.1076/clin.12.1.43.1726>
- Berg, A. (2020). Statistical analysis of the elo rating system in chess. *Chance*, 33(3), 31-38.
<https://doi.org/10.1080/09332480.2020.1820249>
- Berntson, G. G., Lozano, D. L., Chen, Y.-J., ve Cacioppo, J. T. (2004). Where to Q in PEP. *Psychophysiology*, 41(2), 333–337. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2004.00156.x>
- Berntson, G. G., Thomas Bigger Jr, J., Eckberg, D. L., Grossman, P., Kaufmann, P. G., Malik, M., ... & Van Der Molen, M. W. (1997). Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*, 34(6), 623-648.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1997.tb02140.x>
- Bestmann, S., de Berker, A. O., & Bonaiuto, J. (2015). Understanding the behavioural consequences of noninvasive brain stimulation. *Trends in cognitive sciences*, 19(1), 13-20.
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2014.10.003>
- Bigger Jr, J. T., Steinman, R. C., Rolnitzky, L. M., Fleiss, J. L., Albrecht, P., ve Cohen, R. J. (1996). Power law behavior of RR-interval variability in healthy middle-aged persons, patients with recent acute myocardial infarction, and patients with heart transplants. *Circulation*, 93(12), 2142-2151.
<https://doi.org/10.1161/01.CIR.93.12.2142>
- Bikson, M., Grossman, P., Thomas, C., Zannou, A. L., Jiang, J., Adnan, T., ... & Brunoni, A. R. (2016). Safety of transcranial direct current stimulation: evidence based update 2016. *Brain Stimulation*, 9(5), 641-661. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2016.06.004>
- Bjekić, J., Manojlović, M., & Filipović, S. R. (2023). Transcranial Electrical Stimulation for Associative Memory Enhancement: State-of-the-Art from Basic to Clinical Research. *Life*, 13(5), 1125. <https://doi.org/10.3390/life13051125>
- Bland, J. (1852). *Studies in Chess History*. London: Routledge.
- Boulé, M., ve Zilic, Z. (2002, May). An FPGA based move generator for the game of chess. In *Proceedings of the IEEE 2002 Custom Integrated Circuits Conference (Cat. No. 02CH37285)* (pp. 71-74). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CICC.2002.1012769>
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (2000). Affective reactions to acoustic stimuli. *Psychophysiology*, 37(2), 204-215. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3720204>

- Brunoni, A. R., Amadera, J., Berbel, B., Volz, M. S., Rizzerio, B. G., & Fregni, F. (2011). A systematic review on reporting and assessment of adverse effects associated with transcranial direct current stimulation. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 14(8), 1133-1145. <https://doi.org/10.1017/S1461145710001690>
- Brunoni, A. R., Fraguas Jr, R., & Fregni, F. (2009). Pharmacological and combined interventions for the acute depressive episode: focus on efficacy and tolerability. *Therapeutics and clinical risk management*, 897-910. <https://doi.org/10.2147/tcrm.s5751>
- Brunoni, A. R., Nitsche, M. A., Bolognini, N., Bikson, M., Wagner, T., Merabet, L., Edwards, D. J., Valero-Cabré, A., Rotenberg, A., Pascual-Leone, A., & Fregni, F. (2012). Clinical research with transcranial direct current stimulation (tDCS): Challenges and future directions. *Brain Stimulation*, 5(3), 175-195. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2011.03.002>
- Burgoyne A.P., Sala G., Gobet F., Macnamarac B.N., Campitelli G., ve Hambricka D.Z. (2016). The relationship between cognitive ability and chess skill:A comprehensive meta-analysis. *Intelligence*, 59,72-83. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2016.08.002>
- Burkhardt, G., Goerigk, S., Dechantsreiter, E., Bulubas, L., Soldini, A., Zwanzger, P., ... & Kumpf, U. (2023). Driving-related cognitive skills during antidepressant transcranial direct current stimulation: results in a subsample from the DepressionDC trial. *Frontiers in Psychiatry*, 14, 1255415. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2023.1255415>
- Büyüköztürk, Ş. (1997). Araştırmaya yönelik kaygı ölçeğinin geliştirilmesi. *Eğitim Yönetimi*, 3(4), 453-464
- Camm, A. J., Malik, M., Bigger, J. T., Breithardt, G., Cerutti, S., Cohen, R. J., ve Singer, D. H. (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation*, 93(5), 1043-1065. <https://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.93.5.1043>
- Candia-Rivera, D., Catrambone, V., Thayer, J. F., Gentili, C., ve Valenza, G. (2022). Cardiac sympathetic-vagal activity initiates a functional brain-body response to emotional

- arousal. *Proceedings of the National Academy of Sciences United States of America*, 119(21):2119599119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2119599119>
- Carnevali, L., Pattini, E., Sgoifo, A., & Ottaviani, C. (2020). Effects of prefrontal transcranial direct current stimulation on autonomic and neuroendocrine responses to psychosocial stress in healthy humans. *Stress*, 23(1), 26-36. <https://doi.org/10.1080/10253890.2019.1625884>
- Castaldo, R., Montesinos, L., Melillo, P., James, C., & Pecchia, L. (2019). Ultra-short term HRV features as surrogates of short term HRV: A case study on mental stress detection in real life. *BMC medical informatics and decision making*, 19(1), 1-13.
- Caulfield, K. A., Indahlastari, A., Nissim, N. R., Lopez, J. W., Fleischmann, H. H., Woods, A. J., & George, M. S. (2022). Electric field strength from prefrontal transcranial direct current stimulation determines degree of working memory response: a potential application of reverse-calculation modeling?. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*, 25(4), 578-587. <https://doi.org/10.1111/ner.13342>
- Chassy, P., & Gobet, F. (2015). Risk taking in adversarial situations: Civilization differences in chess experts. *Cognition*, 141, 36-40. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2015.04.008>
- Cohen Kadosh, R. (Ed.). (2014). *The Stimulated Brain: Cognitive Enhancement Using Non-Invasive Brain Stimulation*. Academic Press.
- Cohen, L. (1989). Time-frequency distributions-a review. *Proceedings of the IEEE*, 77(7), 941-981. <https://doi.org/10.1109/5.30749>
- Colzato, L. S., & Steenbergen, L. (2017). High vagally mediated resting-state heart rate variability is associated with superior action cascading. *Neuropsychologia*, 106, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.08.030>
- Coolidge, F. L., & Wynn, T. (2005). Working memory, its executive functions, and the emergence of modern thinking. *Cambridge archaeological journal*, 15(1), 5-26. <https://doi.org/10.1017/S0959774305000016>
- Cottin, F., Médigue, C., Leprêtre, P. M., Papelier, Y., Koralsztein, J. P., & Billat, V. (2004). Heart rate variability during exercise performed below and above ventilatory threshold. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(4), 594-600. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000121982.14718.2a>

- Csató, L. (2017). On the ranking of a Swiss system chess team tournament. *Annals of Operations Research*, 254(1-2), 17-36.
- Dauvergne, P. (2000). The case for chess as a tool to develop our children's minds. Retrieved
De Groot, A. D. (1965). *Thought and choice in chess*. Mouton.
<https://doi.org/10.4236/aasoci.2011.11003>
- De Groot, A. D. (1965). *Thought and choice in chess*. Mouton.
- Demir, M. (2015). POZİTRON EMİSYON TOMOGRAFİ (PET) FİZİĞİ. *Bulletin of Thoracic Surgery/Toraks Cerrahisi Bülteni*, 6(2).
<https://doi.org/10.5152/tcb.2015.055>
- Denton, T. A., Diamond, G. A., Helfant, R. H., Khan, S., ve Karagueuzian, H. (1990). Fascinating rhythm: a primer on chaos theory and its application to cardiology. *American heart journal*, 120(6), 1419-1440.
[https://doi.org/10.1016/0002-8703\(90\)90258-Y](https://doi.org/10.1016/0002-8703(90)90258-Y)
- Diamond, M. C., Scheibel, A. B., Murphy Jr, G. M., & Harvey, T. (1985). On the brain of a scientist: Albert Einstein. *Experimental neurology*, 88(1), 198-204.
[https://doi.org/10.1016/0014-4886\(85\)90123-2](https://doi.org/10.1016/0014-4886(85)90123-2)
- Dockery, C. A., Hueckel-Weng, R., Birbaumer, N., ve Plewnia, C. (2009). Enhancement of planning ability by transcranial direct current stimulation. *Journal of Neuroscience*, 29(22), 7271–7277 <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0065-09.2009>
- Duschek, S., Muckenthaler, M., Werner, N., ve Del Paso, G. A. R. (2009). Relationships between features of autonomic cardiovascular control and cognitive performance. *Biological psychology*, 81(2), 110-117.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2009.03.003>
- Dükancı Y. (2008). *Çocuklarda fiziksel aktivite ve sağlık ilişkili fiziksel uygunluk özelliklerinin değerlendirilmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Sıtkı Koçman Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Muğla
- Eales, R. (1985). *Chess: The History of a Game*. London: Batsford.
- Eapen, Blessen C., ve diğerleri. "Disorders of consciousness." *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics* 28.2 (2017): 245-258. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58505-1_4

- Ellis, R. J., ve Thayer, J. F. (2010). Music and autonomic nervous system (dys) function. *Music perception*, 27(4), 317-326. <https://doi.org/10.1525/mp.2010.27.4.317>
- Eryücel, M.E. (2018) *Satranç sporcularında psikolojik dayanıklılık ve düşünme stilleri arasındaki ilişki* (Yayınlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Falk, D., Lepore, F. E., & Noe, A. (2013). The cerebral cortex of Albert Einstein: a description and preliminary analysis of unpublished photographs. *Brain*, 136(4), 1304-1327. <https://doi.org/10.1093/brain/aws295>
- Fertonani, A., & Miniussi, C. (2017). Transcranial electrical stimulation: what we know and do not know about mechanisms. *The Neuroscientist*, 23(2), 109-123. <https://doi.org/10.1177/1073858416631966>
- Filmer, H. L., Dux, P. E., & Mattingley, J. B. (2014). Applications of transcranial direct current stimulation for understanding brain function. *Trends in neurosciences*, 37(12), 742-753. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2014.08.003>
- Flöel, A. (2014). *tDCS-enhanced motor and cognitive function in neurological diseases*. *NeuroImage*, 85, 934–947. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.05.098>
- Forbes, D. (1860). *The History of Chess*. Edinburgh: Adam and Charles Black.
- Fox, M. D., & Raichle, M. E. (2007). Spontaneous Fluctuations in Brain Activity Observed with Functional Magnetic Resonance Imaging. *Nature Reviews Neuroscience*, 8(9), 700-711.
- Fregni, F., & Pascual-Leone, A. (2007). Technology insight: noninvasive brain stimulation in neurology—perspectives on the therapeutic potential of rTMS and tDCS. *Nature clinical practice Neurology*, 3(7), 383-393. <https://doi.org/10.1038/ncpneuro0530>
- Fronso, S. D., Robazza, C., Bortoli, L., ve Bertollo, M. (2017). Performance optimization in sport: a psychophysiological approach. *Motriz: Revista de Educação Física*, 23. <https://doi.org/10.1590/S1980-6574201700040001>
- Fuentes-García, J. P., Pereira, T., Castro, M. A., Carvalho Santos, A., ve Villafaina, S. (2019a). Heart and brain responses to real versus simulated chess games in trained chess players: A quantitative eeg and hrv study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(24), 5021. <https://doi.org/10.3390/ijerph16245021>

- Fuentes-García, J. P., Villafaina, S., Collado-Mateo, D., de la Vega, R., Olivares, P. R., ve Clemente-Suárez, V. J. (2019b). Differences between high vs. low performance chess players in heart rate variability during chess problems. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00409>
- George, M. S., & Aston-Jones, G. (2010). Noninvasive techniques for probing neurocircuitry and treating illness: vagus nerve stimulation (VNS), transcranial magnetic stimulation (TMS) and transcranial direct current stimulation (tDCS). *Neuropsychopharmacology*, 35(1), 301-316. <https://doi.org/10.1038/npp.2009.87>
- Gobet, F. (2006). *Expertise in chess*. Cambridge University Press
- Goldberger, A. L., ve West, B. J. (1987). Applications of nonlinear dynamics to clinical cardiology. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 504, 195-213. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1987.tb48733.x>
- Goldstein, D. S., Benthó, O., Park, M. Y., & Sharabi, Y. (2011). Low-frequency power of heart rate variability is not a measure of cardiac sympathetic tone but may be a measure of modulation of cardiac autonomic outflows by baroreflexes. *Experimental physiology*, 96(12), 1255-1261. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2010.056259>
- Golombek, H. (1976). *Chess: A History*. New York: Putnam.
- Golombek, H. (1977). *Ruy Lopez and His Influence*. Oxford: Pergamon Press.
- Gonçalves, D. S., Moscaleski, L. A., da Silva, G. M., Morgans, R., Okano, A. H., & Moreira, A. (2024). The effect of combined transcranial direct current stimulation and pneumatic compression as part of a comprehensive recovery strategy in professional male top-level soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004844>
- Gorgulu, R., Cooke, A., ve Woodman, T. (2019). Anxiety and ironic errors of performance: task instruction matters. *Journal of Sport and Exercise Psychology*. 1(2), 82-95. <https://doi.org/10.1123/jsep.2018-0268>
- Gökçe, T ve DüNDAR, C.(2008). Samsun ruh ve sinir hastalıkları hastanesi'nde çalışan hekim ve hemşirelerde şiddete maruziyet sıklığı ve kaygı düzeylerine etkisi. *İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi* 15 (1), 25-28
- Gu, Z., Chen, W., Lu, Q., Dai, J., Hu, S., Xu, K., ... & Shen, Y. (2022). Anodal high-definition transcranial direct current stimulation reduces heart rate and modulates

- heart-rate variability in healthy young people: a randomized cross-controlled trial. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 9, 1070157. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.1070157>
- Günay M, Tamer K, Cicioğlu İ. (2006) *Spor Fizyolojisi ve Performans Ölçümü*. Gazi Kitabevi. Ankara.
- Hampstead, B. M., Mascaro, N., Schlaefflin, S., Bhaumik, A., Laing, J., Peltier, S., ve Martis, B. (2019). Variable symptomatic and neurophysiologic response to HD-tDCS in a case series with posttraumatic stress disorder. *International Journal of Psychophysiology*. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2019.10.017>
- Hansen, A. L., Johnsen, B. H., & Thayer, J. F. (2003). Vagal influence on working memory and attention. *International journal of psychophysiology*, 48(3), 263-274. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(03\)00073-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(03)00073-4)
- Hansen, A. L., Johnsen, B. H., Sollers, J. J., Stenvik, K., & Thayer, J. F. (2004). Heart rate variability and its relation to prefrontal cognitive function: the effects of training and detraining. *European journal of applied physiology*, 93, 263-272. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1208-0>
- Hanushek, E. A., Peterson, P. E., ve Woessmann, L. (2012). Achievement Growth: International and US State Trends in Student Performance. PEPG Report No.: 12-03. *Program on Education Policy and Governance, Harvard University*.
- Hausdorff, J. M., Lertratanakul, A., Cudkowicz, M. E., Peterson, A. L., Kaliton, D., ve Goldberger, A. L. (2000). Dynamic markers of altered gait rhythm in amyotrophic lateral sclerosis. *Journal of Applied Physiology*, 88(6), 2045–2053. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.6.2045>
- Hill, L.K., ve Siebenbrock, A. (2009). Are all measures created equal? Heart rate variability and respiration – biomed 2009. *Biomedical Sciences Instrumentation*, 45, 71–76.
- Holgado, D., Sanabria, D., Vadillo, M. A., & Román-Caballero, R. (2024). Zapping the brain to enhance sport performance? An umbrella review of the effect of transcranial direct current stimulation on physical performance. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 105821. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2024.105821>
- Hooper, D., & Whyld, K. (1992). *The Oxford Companion to Chess*. Oxford: Oxford University Press.

- Hooper, S. (1992). Cooperative learning and computer-based instruction. *Educational technology research and development*, 40(3), 21-38.
- Horgan, D. D., ve Morgan, D. (1990). Chess expertise in children. *Applied cognitive psychology*, 4(2), 109-128. <https://doi.org/10.1002/acp.2350040204>
- Hornyak, T. (2017). Smarter, not harder. *Nature* 549, 1–3. <https://doi.org/10.1038/549S1a>.
- Huang, L., Deng, Y., Zheng, X., ve Liu, Y. (2019). Transcranial direct current stimulation with halo sport enhances repeated sprint cycling and cognitive performance. *Frontiers in Physiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00118>
- Huikuri, H. V., Mäkikallio, T. H., ve Perkiömäki, J. (2003). Measurement of heart rate variability by methods based on nonlinear dynamics. *Journal of electrocardiology*, 36, 95-99. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2003.09.021>
- Hummel, F. C., Voller, B., Celnik, P., Floel, A., Giraux, P., Gerloff, C., & Cohen, L. G. (2006). Effects of brain polarization on reaction times and pinch force in chronic stroke. *BMC neuroscience*, 7, 1-10. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-7-73>
- Jurcak V, Tsuzuki D, Dan I. (2007) 10/20, 10/10, and 10/5 systems revisited: their validity as relative head-surface- based positioning systems. *Neuroimage*.; 34(4):1600–1611. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.09.024>
- Kamath, M. V., Watanabe, M., ve Upton, A. (Eds.). (2012). Heart rate variability (HRV) signal analysis: clinical applications. <https://doi.org/10.1201/b12756>
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T. M., Siegelbaum, S., Hudspeth, A. J., & Mack, S. (Eds.). (2000). *Principles of neural science* (Vol. 4, pp. 1227-1246). New York: McGraw-hill.
- Kara H.ve Acet, M.(2012). Spor yöneticilerinde durumluk kaygısının otomatik düşünceler üzerindeki etkisinin incelenmesi. *e-Journal of New World Sciences Academy*,7(4), 244-258.
- Kaya, B. (2006). *İş yerinde zihinsel yüklenme ve egzersizin kalp atım hızı değişkenliği üzerindeki etkisi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Kaya, M., Cömert, M., ve Mıshchenko, Y. (2017). Beyin bilgisayar arayüzü için dvm makine öğrenme yöntemi kullanılarak eeg verilerinden sağ ve sol el hareket düşüncelerinin tespiti, *Türk Bilim Araştırma Vakfı (TÜBAV)*, 10(3), 1-20.
- Kazemi, F., Yektayar, M., ve Abad, A. M. B. (2012). Investigation the impact of chess play on developing meta-cognitive ability and math problem-solving power of students at different levels of education. *Procedia -Social and Behavioral Sciences*, 32, 372–379. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.01.056>
- Kleiger, R. E., Stein, P. K., & Bigger Jr, J. T. (2005). Heart rate variability: measurement and clinical utility. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 10(1), 88-101. <https://doi.org/10.1111/j.1542-474X.2005.10101.x>
- Koechlin, E., ve Hyafil, A. (2007). Anterior prefrontal function and the limits of human, decision-making. *Science*, 318(5850), 594–598. <https://doi.org/10.1126/science.1142995>
- Korkmaz Ö. ve Mahiroğlu A. (2007) Beyin, bellek ve öğrenme. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 15(1), 93-104
- Laborde, S., Furley, P., & Schempp, C. (2015). The relationship between working memory, reinvestment, and heart rate variability. *Physiology & behavior*, 139, 430-436. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.11.036>
- Laborde, S., Mosley, E., & Thayer, J. F. (2017). Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research—recommendations for experiment planning, data analysis, and data reporting. *Frontiers in psychology*, 8, 213. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00213>
- Lefaucheur, J. P., Antal, A., Ayache, S. S., Benninger, D. H., Brunelin, J., Cogiamanian, F., ... & Paulus, W. (2017). Evidence-based guidelines on the therapeutic use of transcranial direct current stimulation (tDCS). *Clinical Neurophysiology*, 128(1), 56-92. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2016.10.087>
- Leone, M. J., Petroni, A., Fernandez Slezak, D., ve Sigman, M. (2012). The tell-tale heart: heart rate fluctuations index objective and subjective events during a game of chess. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00273>

- Lin, Q., Cao, Y., ve Gao, J. (2015). The impacts of a GO-game (Chinese chess) intervention on alzheimer disease in a northeast chinese population. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2015.00163>
- Lippold, O. C. J., & Redfearn, J. W. T. (1964). Mental changes resulting from the passage of small direct currents through the human brain. *The British Journal of Psychiatry*, 110(469), 768-772. <https://doi.org/10.1192/bjp.110.469.768>
- Logothetis, N. K. (2008). What We Can Do and What We Cannot Do with fMRI. *Nature*, 453(7197), 869-878. <https://doi.org/10.1038/nature06976>
- Lombardi, F., Sandrone, G., Mortara, A., Torzillo, D., La Rovere, M. T., Signorini, M. G., ... ve Malliani, A. (1996). Linear and nonlinear dynamics of heart rate variability after acute myocardial infarction with normal and reduced left ventricular ejection fraction. *The American journal of cardiology*, 77(15), 1283-1288. [https://doi.org/10.1016/S0002-9149\(96\)00193-2](https://doi.org/10.1016/S0002-9149(96)00193-2)
- Lozano, A. M., & Lipsman, N. (2013). Probing and Regulating Dysfunctional Circuits Using Deep Brain Stimulation. *Neuron*, 77(3), 406-424. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2013.01.020>
- Luque-Casado, A., Perales, J. C., Cárdenas, D., & Sanabria, D. (2016). Heart rate variability and cognitive processing: The autonomic response to task demands. *Biological psychology*, 113, 83-90. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2015.11.013>
- Macdonell, A. (1898). *History of Chess in India*. London: Longmans, Green and Co.
- Macdonell, A. A. (1898). The origin and early history of chess. *The Journal of the Royal Asiatic Society of Great Britain and Ireland*, 117-141.
- Machado, S., Travassos, B., Teixeira, D. S., Rodrigues, F., Cid, L., & Monteiro, D. (2021). Could tDCS be a potential performance-enhancing tool for acute neurocognitive modulation in eSports? A perspective review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), 3678. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073678>
- Mahinrad, S., Jukema, J. W., Van Heemst, D., Macfarlane, P. W., Clark, E. N., De Craen, A. J., & Sabayan, B. (2016). 10-Second heart rate variability and cognitive function in old age. *Neurology*, 86(12), 1120-1127. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000002499>

- Malfatto, G., Facchini, M., Bragato, R., Branzi, G., Sala, L., ve Leonetti, G. (1996). Short and long term effects of exercise training on the tonic autonomic modulation of heart rate variability after myocardial infarction. *European Heart Journal*, 17(4), 532–538. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a014905>
- Malik, M. (1996). Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use: Task force of the European Society of Cardiology and the North American Society for Pacing and Electrophysiology. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 1(2), 151-181. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.93.5.1043>
- Malik, M., & Bandyopadhyay, A. (2015). Heart rate variability: A review. *Journal of Biomedical Science and Engineering*, 8(12), 678-694.
- Mann, S. L., Selby, E. A., Bates, M. E., & Contrada, R. J. (2015). Integrating affective and cognitive correlates of heart rate variability: A structural equation modeling approach. *International Journal of Psychophysiology*, 98(1), 76-86. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2015.07.003>
- Mathy, F., FartouKAH, M., Gauvrit, N., ve Guida, A. (2016). Developmental abilities to form chunks in immediate memory and its non-relationship to span development. *Frontiers in Psychology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00201>
- McCraty, R., & Shaffer, F. (2015). Heart rate variability: new perspectives on physiological mechanisms, assessment of self-regulatory capacity, and health risk. *Global advances in health and medicine*, 4(1), 46-61. <https://doi.org/10.7453/gahmj.2014.073>
- Mekari, S., Fraser, S., Bosquet, L., & Bherer, L. (2015). The relationship between exercise intensity, cognitive performance and the effect of transcranial direct current stimulation on the dorsolateral prefrontal cortex. *Neuroscience*, 310, 243-252. https://doi.org/10.1162/imag_a_00167
- Mencarelli, L., Chiara M. B., Salvador R., Romanella S., Ruffini G., Rossi S., ve Santarnecchi E. (2020). Network mapping of connectivity alterations indisorder of consciousness: towardstargeted neuromodulation. *Journal ofClinical Medicine*, 29 (9), 828 <https://doi.org/10.3390/jcm9030828>

- Merton, P. A., & Morton, H. B. (1980). Stimulation of the cerebral cortex in the intact human subject. *Nature*, 285(5762), 227-227. <https://doi.org/10.1038/285227a0>
- Messina, G., Monda, A., Messina, A., Di Maio, G., Monda, V., Limone, P., ... & Moscatelli, F. (2024). Relationship between Non-Invasive Brain Stimulation and Autonomic Nervous System. *Biomedicines*, 12(5), 972. <https://doi.org/10.3390/biomedicines12050972>
- Moreira, A., da Silva Machado, D. G., Moscaleski, L., Bikson, M., Unal, G., Bradley, P. S., ... & Okano, A. H. (2021). Effect of tDCS on well-being and autonomic function in professional male players after official soccer matches. *Physiology & Behavior*, 233, 113351 <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2021.113351>
- Moscatelli, F., Messina, G., Valenzano, A., Monda, V., Viggiano, A., Messina, A., ve diğçerleri. (2016). Functional assessment of corticospinal system excitability in karate athletes. *PLoS One* 11:e0155998. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155998>
- Murray, H. J. R. (1913). *A History of Chess*. Oxford: Clarendon Press.
- Murugappan, M., Ramachandran, N., ve Sazali, Y. (2010). Classification of human emotion from EEG using discrete wavelet transform. *Journal of Biomedical Science and Engineering*, 03(04), 390–396. <https://doi.org/10.4236/jbise.2010.34054>
- Narmashiri, A., & Akbari, F. (2023). The Effects of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on the Cognitive Functions: A Systematic Review and Meta-analysis. *Neuropsychology Review*, 1-27. <https://doi.org/10.1007/s11065-023-09627-x>
- Needham, J. (1986). *Science and Civilisation in China: Volume 4, Physics and Physical Technology, Part 1, Physics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nikolin, S., Boonstra, T. W., Loo, C. K., & Martin, D. (2017). Combined effect of prefrontal transcranial direct current stimulation and a working memory task on heart rate variability. *PloS one*, 12(8), e0181833. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181833>
- Nishida, K., Koshikawa, Y., Morishima, Y., Yoshimura, M., Katsura, K., Ueda, S., ... & Kinoshita, T. (2019). Pre-stimulus brain activity is associated with state-anxiety changes during single-session transcranial direct current stimulation. *Frontiers in human neuroscience*, 13, 266. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00266>

- Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2000). Excitability Changes Induced in the Human Motor Cortex by Weak Transcranial Direct Current Stimulation. *The Journal of Physiology*, 527(3), 633-639. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2000.t01-1-00633.x>
- Nitsche, M.A., & Paulus, W. (2000). Excitability Changes Induced in the Human Motor Cortex by Weak Transcranial Direct Current Stimulation. *The Journal of Physiology*, 527(3), 633-639. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2000.t01-1-00633.x>
- O'Donnell, M., Teo, K., Gao, P., Anderson, C., Sleight, P., Dans, A., ... ve Yusuf, S. (2012). Cognitive impairment and risk of cardiovascular events and mortality. *European heart journal*, 33(14), 1777-1786. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehs053>
- Oh, B.-S., Yeo, Y. K., Wan, F. Y., Wen, Y., Yang, Y., ve Lin, Z. (2015). *Effects of noisy sounds on human stress using ECG signals: An empirical study*. 2015 10th International Conference on Information, Communications and Signal Processing (ICICS). <https://doi.org/10.1109/ICICS.2015.7459852>
- Okano, A. H., Fontes, E. B., Montenegro, R. A., Farinatti, P. D., Cyrino, E. S., Li, L. M., & Bikson, M. (2013). Brain stimulation modulates the autonomic nervous system, rating of perceived exertion and performance during maximal exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 47(17), 1082-1087. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091658>
- Otzenberger, H., Gronfier, C., Simon, C., Charloux, A., Ehrhart, J., Piquard, F., ve Brandenberger, G. (1998). Dynamic heart rate variability: a tool for exploring sympathovagal balance continuously during sleep in men. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 275(3), H946-H950. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.1998.275.3.H946>
- Önder, H., Arsava, E. M., Baş, D. F., Oğuz, K. K., ve Topçuoğlu, M. A. (2016). Kronik biling bozukluğu ayırıcı tanısında fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme tekniklerinin yeri.
- Pagnotti J. ve Russell III W. B. (2012). Exploring medieval European society with chess: an engaging activity for the world history classroom. *The History Teacher*, 46(1), 29-43.
- Pagnotti, C., & Russell, D. (2012). *Chess: From Ancient Persia to the Modern World*. New York: Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1080/00210860208702022>

- Park, G., ve Thayer, J. F. (2014). From the heart to the mind: cardiac vagal tone modulates top-down and bottom-up visual perception and attention to emotional stimuli. *Frontiers in psychology*, 5, 278. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00278>
- Petrides, M. (2000). The role of the mid-dorsolateral prefrontal cortex in working memory. *Experimental brain research*, 133, 44-54. <https://doi.org/10.1007/s002210000399>
- Pham, T., Lau, Z. J., Chen, S. A., & Makowski, D. (2021). Heart rate variability in psychology: A review of HRV indices and an analysis tutorial. *Sensors*, 21(12), 3998. <https://doi.org/10.3390/s21123998>
- Pinto, T. P., Inácio, J. C., de Aguiar, E., Ferreira, A. S., Sudo, F. K., Tovar-Moll, F., & Rodrigues, E. C. (2023). Prefrontal tDCS modulates autonomic responses in COVID-19 inpatients. *Brain Stimulation*, 16(2), 657-666. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2023.03.001>
- Plews, D. J., Laursen, P. B., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2012). Heart rate variability in elite triathletes, is variation in variability the key to effective training? A case comparison. *European journal of applied physiology*, 112(11), 3729-3741. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2354-4>
- Plews, D. J., Scott, B., Altini, M., Wood, M., Kilding, A. E., ve Laursen, P. B. (2017). Comparison of heart-rate-variability recording with smartphone photoplethysmography, polar h7 chest strap, and electrocardiography. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(10), 1324–1328. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0668>
- Porges, S. W. (1992). Vagal tone: a physiologic marker of stress vulnerability. *Pediatrics*, 90(3), 498-504. <https://doi.org/10.1542/peds.90.3.498>
- Porges, S. W. (1995). Cardiac vagal tone: a physiological index of stress. *Neuroscience ve Biobehavioral Reviews*, 19(2), 225-233. [https://doi.org/10.1016/0149-7634\(94\)00066-A](https://doi.org/10.1016/0149-7634(94)00066-A)
- Porges, S. W. (1995). Orienting in a defensive world: Mammalian modifications of our evolutionary heritage. A polyvagal theory. *Psychophysiology*, 32(4), 301-318. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1995.tb01213.x>

- Priori, A. (2003). Brain polarization in humans: a reappraisal of an old tool for prolonged non-invasive modulation of brain excitability. *Clinical Neurophysiology*, 114(4), 589-595. [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(02\)00437-6](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(02)00437-6)
- Ranpuria, R., Hall, M., Chan, C. T., & Unruh, M. (2008). Heart rate variability (HRV) in kidney failure: measurement and consequences of reduced HRV. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 23(2), 444-449. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfm634>
- Rasmus, A., Goral-Polrola, J., Orłowska, E., Wilkosc-Debczynska, M., & Grzywniak, C. (2019). Nonverbal communication of trauma patients in a state of minimal consciousness. *Annals of agricultural and environmental medicine*, 26(2). <https://doi.org/10.26444/aaem/91911>
- Razza, L. B., De Smet, S., Cornelis, X., Nikolin, S., Pulpulos, M. M., De Raedt, R., ... & Vanderhasselt, M. A. (2024). Dose-dependent response of prefrontal transcranial direct current stimulation on the heart rate variability: An electric field modeling study. *Psychophysiology*, 61(7), e14556. <https://doi.org/10.1111/psyp.14556>
- Reber, J., & Tranel, D. (2019). Frontal lobe syndromes. *Handbook of Clinical Neurology*, 147–164. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804281-6.00008-2>
- Remus, H. (2003). The origin of chess and the silk road. *Silk Road Journal*, 1(1), 6-9. <https://doi.org/10.20304/humanitas.930192>
- Reyes Del Paso, G. A., González, M. I., Hernández, J. A., Duschek, S., & Gutiérrez, N. (2009). Tonic blood pressure modulates the relationship between baroreceptor cardiac reflex sensitivity and cognitive performance. *Psychophysiology*, 46(5), 932-938. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2009.00832.x>
- Reyes del Paso, G. A., Langewitz, W., Mulder, L. J., Van Roon, A., & Duschek, S. (2013). The utility of low frequency heart rate variability as an index of sympathetic cardiac tone: a review with emphasis on a reanalysis of previous studies. *Psychophysiology*, 50(5), 477-487. <https://doi.org/10.1111/psyp.12027>
- Saboul, D., Balducci, P., Millet, G., Pialoux, V., & Hautier, C. (2016). A pilot study on quantification of training load: The use of HRV in training practice. *European journal of sport science*, 16(2), 172-181. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1004373>

- Sadler CM, Kami AT, Nantel J, Lommen J and Carlsen AN (2022) Transcranial Direct Current Stimulation Over Motor Areas Improves Reaction Time in Parkinson's Disease. *Front. Neurol.* 13:913517. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.913517>
- Sakaki, M., Yoo, H. J., Nga, L., Lee, T. H., Thayer, J. F., ve Mather, M. (2016). Heart rate variability is associated with amygdala functional connectivity with MPFC across younger and older adults. *Neuroimage*, 139, 44-52. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.05.076>
- Sala, G., Burgoyne, A.P., Macnamara, B.N., Hambrick, D.Z., Campitelli, G. ve Gobet, F. (2017). Checking the “Academic Selection” argument. Chess players outperform non-chess players in cognitive skills related to intelligence: A metaanalysis. *Intelligence*, 61,130-139. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2017.01.013>
- Sanguinetti, J. L., Hameroff, S., Smith, E. E., Sato, T., Daft, C. M. W., Tyler, W. J., ve Allen, J. J. B. (2020). Transcranial focused ultrasound to the right prefrontal cortex improves mood and alters functional connectivity in humans. *frontiers in human Neuroscience*, 14. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00052>
- Schieber, M. H. (2001). Constraints on somatotopic organization in the primary motor cortex. *J. Neurophysiol.* 86, 2125–2143. <https://doi.org/10.1152/jn.2001.86.5.2125>
- Schmaußer, M., Hoffmann, S., Raab, M., & Laborde, S. (2022). The effects of noninvasive brain stimulation on heart rate and heart rate variability: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Neuroscience Research*, 100(9), 1664-1694. <https://doi.org/10.1002/jnr.25062>
- Schwertfeger, J. L., Beyer, C., Hung, P., Ung, N., Madigan, C., Cortes, A. R., ... & Madhavan, S. (2023). A map of evidence using transcranial direct current stimulation (tDCS) to improve cognition in adults with traumatic brain injury (TBI). *Frontiers in neuroergonomics*, 4, 1170473. <https://doi.org/10.3389/fnrgo.2023.1170473>
- Sezgin, S. (2016). Eğitimde giyilebilir teknolojiler: fırsatlar ve eğilimler. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 40,405-418
- Shaffer, F., McCraty, R., ve Zerr, C. L. (2014). A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Frontiers in psychology*, 5, 1040. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01040>

- Shaffer, F., & Ginsberg, J. P. (2017). An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in Public Health*, 5, 258. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>
- Shaffer, F., ve Ginsberg, J. P. (2017). An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in Public Health*, 5, 258. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>
- Shinba, T., Kariya, N., Matsui, Y., Ozawa, N., Matsuda, Y., ve Yamamoto, K. (2008). Decrease in heart rate variability response to task is related to anxiety and depressiveness in normal subjects. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 62(5), 603–609. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1819.2008.01855.x>
- Silvani, A., Calandra-Buonaura, G., Dampney, R. A. L., ve Cortelli, P. (2016). Brain heart interactions: Physiology and clinical implications. *Philosophical transactions of the royal society A: Mathematical, physical and engineering sciences*, 374, 28. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0181>
- Sleeuwaert, T. (2020). Evaluation of The Current State of Football Match Outcome Prediction Models. Ghent University Master dissertation.
- Smith, E. T., Bartlett, J. C., Krawczyk, D. C., & Basak, C. (2021). Are the advantages of chess expertise on visuo-spatial working-memory capacity domain specific or domain general?. *Memory & Cognition*, 49(8), 1600-1616. <https://doi.org/10.3758/s13421-021-01184-z>
- Stone, D. B., and Tesche, C. D. (2009). Transcranial direct current stimulation modulates shifts in global/local attention. *Neuroreport* 20, 1115–1119. <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e32832e9aa2>
- Suen, P. J., Doll, S., Batistuzzo, M. C., Busatto, G., Razza, L. B., Padberg, F., ... & Brunoni, A. R. (2021). Association between tDCS computational modeling and clinical outcomes in depression: data from the ELECT-TDCS trial. *European archives of psychiatry and clinical neuroscience*, 271, 101-110. <https://doi.org/10.1007/s00406-020-01127-w>
- Sunnucks, A. (1970). *The Encyclopaedia of Chess*. New York: St. Martin's Press.
- Suri, J. S. (2006). Heart rate variability: a review. *Med. Bio. Eng.*
- Şeyhoğlu, M. (2005). *Öğretmenlerin ve yöneticilerin bilgisayar kaygı düzeyleri* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

- Taylor, C. B. (2010). Depression, heart rate related variables and cardiovascular disease. *International Journal of Psychophysiology*, 78(1), 80-88. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2010.04.006>
- Ten Haaf T, Weijs PJ. (2014). Resting energy expenditure prediction in recreational athletes of 18–35 years: confirmation of Cunningham equation and an improved weight-based alternative. *PloS one*, 9(10), e108460. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108460>
- Thayer, J. F., & Lane, R. D. (2000). A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. *Journal of affective disorders*, 61(3), 201-216. [https://doi.org/10.1016/S0165-0327\(00\)00338-4](https://doi.org/10.1016/S0165-0327(00)00338-4)
- Thayer, J. F., Åhs, F., Fredrikson, M., Sollers III, J. J., ve Wager, T. D. (2012). A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neuroscience ve Biobehavioral Reviews*, 36(2), 747-756. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.11.009>
- Thayer, J. F., ve Sternberg, E. (2006). Beyond heart rate variability: vagal regulation of allostatic systems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1088(1), 361-372. <https://doi.org/10.1196/annals.1366.014>
- Thayer, J. F., ve Lane, R. D. (2009). Claude Bernard and the heart–brain connection: Further elaboration of a model of neurovisceral integration. *Neuroscience ve Biobehavioral Reviews*, 33(2), 81-88. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2008.08.004>
- Thayer, J. F., Hansen, A. L., Saus-Rose, E., ve Johnsen, B. H. (2009). Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: the neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health. *Annals of behavioral medicine*, 37(2), 141-153. <https://doi.org/10.1007/s12160-009-9101-z>
- Thayer, J. F., Yamamoto, S. S., ve Brosschot, J. F. (2010). The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors. *International journal of cardiology*, 141(2), 122-131. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2009.09.543>
- Tjokrodinata, C., Bangun, C. R. A., Dinansyah, F., & Farmita, A. R. (2022). Gamers with different ability and the role of EAI (E-Sports ability Indonesia). *Jurnal Interaksi: Jurnal Ilmu Komunikasi*, 6(1), 52-66.

- Troubat, N., Fargeas-Gluck, M.-A., Tulppo, M., ve Dugué, B. (2008). The stress of chess players as a model to study the effects of psychological stimuli on physiological responses: an example of substrate oxidation and heart rate variability in man. *European Journal of Applied Physiology*, 105(3), 343–349. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0908-2>
- Tütüncü, Ö, (2017) *Endokrin bozukluğu olan hastalarda dinlenme enerji harcamasının belirlenmesinde indirekt kalorimetri ile diğer enerji denklemlerinin karşılaştırılması* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi).Başkent Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Umetani, K., Singer, D. H., McCraty, R., ve Atkinson, M. (1998). Twenty-four hour time domain heart rate variability and heart rate: relations to age and gender over nine decades. *Journal of the American College of Cardiology*, 31(3), 593-601. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(97\)00554-8](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(97)00554-8)
- Uysal, F.ve Tokmakçı, M .(2016 Ekim).*Kalp hızı değişkenliği ölçümlerine dayalı stres parametrelerinin değerlendirilmesi*. XVI.Tıp teknolojileri kongresi. Antalya.
- Uyulan, Ç., Ergüzel, T. T., ve Tarhan, N. (2019). Elektroensefalografî Tabanlı SinyallerİN AnalİZİnde DerİN Öğrenme Algorİtmalarının Kullanılması. *The Journal of Neurobehavioral Sciences*, 108, 108-124. <https://doi.org/10.5455/JNBS.1553607558>
- Ün, E. (2010). *Satranç eğitiminin, problem çözme yaklaşımları, karar verme ve düşünme stillerine etkisinin incelenme* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Vaci, N., ve Bilalić, M. (2017). Chess databases as a research vehicle in psychology: Modeling large data. *Behavior research methods*, 49, 1227-1240. <https://doi.org/10.3758/s13428-016-0782-5>
- Valenza, G., Sclocco, R., Duggento, A., Passamonti, L., Napadow, V., Barbieri, R., ve Toschi, N. (2019). The central autonomic network at rest: Uncovering functional MRI correlates of time-varying autonomic outflow. *NeuroImage*, 197, 383–390. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.04.075>
- Van Amelsvoort, L. G. P. M., Schouten, E. G., Maan, A. C., Swenne, C. A., ve Kok, F. J. (2000). Occupational determinants of heart rate variability. *International Archives of*

- Occupational and Environmental Health*, 73(4), 255–262.
<https://doi.org/10.1007/s004200050425>
- Van de Wiele, T. (2016). Improving the FIFA ranking system using probabilistic modeling and prediction of the UEFA EURO 2016 tournament.
- Vanderhasselt, M. A., & Ottaviani, C. (2022). Combining top-down and bottom-up interventions targeting the vagus nerve to increase resilience. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 132, 725–729.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.11.018>
- Villafaina, S., Collado-Mateo, D., Cano-Plasencia, R., Gusi, N., ve Fuentes, J. P. (2019). Electroencephalographic response of chess players in decision-making processes under time pressure. *Physiology ve Behavior*, 198, 140–143.
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.10.017>
- Voss, A., Schulz, S., Schroeder, R., Baumert, M., ve Caminal, P. (2009). Methods derived from nonlinear dynamics for analysing heart rate variability. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 367(1887), 277–296. <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0232>
- Wang, H., Yang, G., Wang, S., Zheng, X., Zhang, W., ve Li, Y. (2018). The most commonly treated acupuncture indications in the United States: a cross-sectional study. *The American Journal of Chinese Medicine*, 46(07), 1387–1419.
<https://doi.org/10.1142/S0192415X18500738>
- Weijs PJ, Kruizenga HM, van Dijk AE, van der Meij BS, Langius JA, Knol DL, van Schijndel RJS. (2008). Validation of predictive equations for resting energy expenditure in adult out patients and inpatients. *Clinical nutrition*, 27(1), 150–157.
<https://doi.org/10.1016/j.clnu.2007.09.001>
- Wischnewski, M., Mantell, K. E., & Opitz, A. (2021). Identifying regions in prefrontal cortex related to working memory improvement: A novel meta-analytic method using electric field modeling. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 130, 147–161.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.08.017>
- Witelson, S. F., Kigar, D. L., & Harvey, T. (1999). The exceptional brain of Albert Einstein. *The lancet*, 353(9170), 2149–2153. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(98\)10327-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(98)10327-6)

- Woodman, T., Barlow, M., ve Gorgulu, R. (2015). Don't miss, don't miss, d'oh! performance when anxious suffers specifically where least desired. *The Sport Psychologist*, 29(3), 213–223. <https://doi.org/10.1123/tsp.2014-0114>
- Wu, A. D., Fregni, F., Simon, D. K., Deblieck, C., & Pascual-Leone, A. (2008). Noninvasive brain stimulation for Parkinson's disease and dystonia. *Neurotherapeutics*, 5(2), 345–361. <https://doi.org/10.1016/j.nurt.2008.02.002>
- Yalom, M. (2004). *Birth of the Chess Queen*. New York: HarperCollins.
- Yoshida, E., Obata, F., Kamada, K., ve Yamaya, T. (2020). A crosshair light sharing PET detector with DOI and TOF capabilities using four-to-one coupling and single-ended readout. *IEEE Transactions on Radiation and Plasma Medical*. <https://doi.org/10.1109/TRPMS.2020.3032466>
- Zaehle, T., Sandmann, P., Thorne, J. D., Jäncke, L., ve Herrmann, C. S. (2011). Transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex modulates working memory performance: combined behavioural and electrophysiological evidence. *BMC Neuroscience*, 12(1), 2. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-12-2>
- Zhang, C., Denys, D., Voon, V., & Sun, B. (2018). Reshaping the deep brain stimulation trial for treatment-resistant depression. *Brain Stimulation: Basic, Translational, and Clinical Research in Neuromodulation*, 11(3), 628–630. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2018.01.005>
- Ziemssen, T., & Siepmann, T. (2019). The investigation of the cardiovascular and sudomotor autonomic nervous system—a review. *Frontiers in neurology*, 10, 436003. <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00053>

EKLER

Ek-1: KİŞİSEL BİLGİ FORMU

Cinsiyeti:	☐ Kadın ☐ Erkek
Yaş:	
Eğitim düzeyi:	☐ Lise ve altı ☐ Önlisans/ lisans ☐ lisans üstü
Kaç yıldır bu sporu yapıyorsunuz?	☐ 3 yıl veya daha az ☐ 3-5 yıl ☐ 5 yıl ve üzeri
Milli Sporculuk Durumunuz:	☐ Var ☐ Yok
Branştaki başarılarınız:	
Haftada kaç saat antrenman yapıyorsunuz?	Gün :
Günde kaç saat antrenman yapıyorsunuz?	Saat :
UKD Puanınız	
ELO Puanınız	

Ek-2: ETİK KURUL FORMU

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Satranç Sporcularına Müsabaka Esnasında Uygulanan Transkraniyal Manyetik Uyarımın Kalp Atım Hızı Değişkenliği Üzerine Etkisinin İncelenmesi
-----------------------	---

ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu 2011-KAEK-26
	AÇIK ADRESİ	Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı Rektörlük Binası Kat.1 Görükle Kampüsü Nilüfer/ Bursa
	TELEFON	0 224 295 00 20
	FAKS	0 224 295 00 29
	E-POSTA	uukaek@uludag.edu.tr

BAŞVURU BİLGİLERİ	SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Doç.Dr.Recep Görgülü (Proje Yürütücüsü)
	SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Bursa Uludağ Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bölümü
	YARDIMCI ARAŞTIRMACININ UNVANI/ADI/SOYADI	Doktora Öğrencisi Merve Begüm Engin
	YARDIMCI ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Bursa Uludağ Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bölümü
	DESTEKLEYİCİ	Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
	ARAŞTIRMANIN TÜRÜ	Fizik tedavi, egzersiz ve rehabilitasyon gibi tedavi programlarının etkisini incelemeye yönelik araştırma/Sporda performans değerlendirilmesiyle ilgili araştırma
	ARAŞTIRMANIN YAPILIŞ AMACI	Doktora tez çalışması
	ARAŞTIRMANIN BAŞLAMA TARİHİ/ SÜRESİ	21.06.2023 / 24 ay
	GÖNÜLLÜ/DOSYA SAYISI	60
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ ☒ ÇOK MERKEZLİ ☐ ULUSAL ☒ ULUSLARARASI ☐

DEĞERLENDİRİLEN İLGİLİ BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Dili
	GİRİŞİMSSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR İÇİN DEĞİŞİKLİK BAŞVURU FORMU	02.06.2023	Türkçe
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU	02.06.2023	Türkçe

DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı	Açıklama
	ARAŞTIRMA BÜTÇE FORMU	☒ Tarih: 02.06.2023
	ARAŞTIRICILAR İÇİN TAAHHÜTNAME FORMU	☒ Tarih: 02.06.2023
	PROSPEKTİF ÖZELLİKLİ GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMA TAAHHÜTNAMESİ	☒ Tarih: 02.06.2023
	İKU Mevzuatının okunduğuna dair taahhütname	☒ Tarih: 02.06.2023
	SONUÇ ÖZET RAPORU	☐
	DİĞER:	☒ Araştırma ilk başvuru ön yazısı (Tarih: 02.06.2023), sorumlu araştırmacı özeçmiş, tüm araştırmacılar tarafından imzalanmış Dünya Tıp Birliği Helsinki Bildirgesi, literatür

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Satranç Sporcularına Müsabaka Esnasında Uygulanan Transkraniyal Manyetik Uyarının Kalp Atım Hızı Değişkenliği Üzerine Etkisinin İncelenmesi
-----------------------	---

KARAR BİLGİLERİ	Karar No: 2023-13/20 Tarih: 13 Haziran 2023 Yukarıda başvuru bilgileri verilen araştırma başvuru dosyası ve ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelendi. 1-Araştırmanın başvurusu dosyasında belirtilen merkezde gerçekleştirilmesinin uygun olduğuna, 2- Araştırmanın yürütülmesi sırasında Etik kurul kaşesi bulunan "Onam" formlarının kullanılması ve bu formun çalışmaya katılan gönüllülere çalışma hakkında sözlü bilgi verilmesi sonrasında eksiksiz bir şekilde doldurulmasına, 3-Araştırmanın başlama tarihinin bildirilmesi ve araştırma tamamlandığında özet bir sonuç raporunun hazırlanarak kurulumuza iletilmesine, 4-Araştırma protokolünde ve başvuru formunda yapılacak tüm değişiklikler için Etik Kuruldan izin alınması gerektiğinin sorumlu araştırmacılara iletilmesine toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir.
-----------------	--

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

ÇALIŞMA ESASI	İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamalar Kılavuzu
BAŞKANIN UNVANI/ADI SOYADI	Prof.Dr.Mustafa HACIMUSTAFAOĞLU

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kuruma	Clasiet	Araştırma ile İlişki	Katılım *
Prof.Dr.Mustafa HACIMUSTAFAOĞLU Başkan	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	Bursa ÜD.Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları AD	E ☒ K ☐	E ☐ H ☒	E ☐ H ☐
Prof.Dr.ERF.BAŞAĞAN MOĞOL Başkan Yardımcısı	Anestezyoloji	Bursa ÜD.Tıp Fakültesi Anestezyoloji ve Reanimasyon AD	E ☐ K ☒	E ☐ H ☒	E ☐ H ☐
Prof.Dr.M.Şenay YILMAZ Üye	Farmakoloji	Bursa ÜD.Tıp Fakültesi Tıbbi Farmakoloji AD	E ☒ K ☐	E ☐ H ☒	E ☐ H ☐
Prof.Dr.Hüseyin ÖZKAN Üye	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	Bursa ÜD.Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları AD Yenidoğan BD	E ☐ K ☒	E ☐ H ☒	E ☐ H ☒
Prof.Dr.Hamit ARI Üye	Kardiyoloji	Bursa Yüksek İhtisas EAH Kardiyoloji Kliniği	E ☒ K ☐	E ☐ H ☒	E ☐ H ☐
Prof.Dr.Alpınan TÜRKCAN Üye	Halk Sağlığı	Bursa ÜD.Tıp Fakültesi Halk Sağlığı AD	E ☒ K ☐	E ☐ H ☒	E ☐ H ☐
Prof.Dr.Ömer ÖZ GÜL Üye	İç Hastalıkları Endokrin ve Metabolizma	BÜÜ.Tıp Fakültesi İç Hastalıkları AD Endokrinoloji ve Metabolizma BD	E ☐ K ☒	E ☐ H ☒	E ☐ H ☐
Doç.Dr.Kajhan İRİYSAL Üye	Biyokimya	Bursa Yüksek İhtisas EAH Biyokimya	E ☒ K ☐	E ☐ H ☒	E ☐ H ☒
Doç.Dr. Ergün SAĞDILIK Üye	Biyofizik	Bursa ÜD.Tıp Fakültesi Biyofizik AD	E ☒ K ☐	E ☐ H ☒	E ☐ H ☐
Doktor Öğretim Üyesi Serdar ERER KAPA Üye	Tıp Tarihi ve Etik	Bursa ÜD.Tıp Fakültesi Tıp Tarihi ve Etik AD	E ☐ K ☒	E ☐ H ☒	E ☐ H ☐
Av. Ahmet DAYRAMI	Hukuk	Bursa ÜD Hukuk Fakültesi Hukuk	E ☒ K ☐	E ☐ H ☒	E ☐ H ☐
Ayşe ŞEN Üye	Sağlık mesleği mensubu olmayan üye	Serbest Meslek	E ☐ K ☒	E ☐ H ☒	E ☐ H ☐

*Toplantıda Dışkıma

Ek-3: DURUMLUK KAYGI ÖLÇEĞİ

		HİÇ	BİRAZ	ÇOK	TAMAMIYLA
1.	Şu anda sakinim	(1)	(2)	(3)	(4)
2.	Kendimi emniyette hissediyorum	(1)	(2)	(3)	(4)
3	Su anda sinirlerim gergin	(1)	(2)	(3)	(4)
4	Pişmanlık duygusu içindeyim	(1)	(2)	(3)	(4)
5.	Şu anda huzur içindeyim	(1)	(2)	(3)	(4)
6	Şu anda hiç keyfim yok	(1)	(2)	(3)	(4)
7	Başıma geleceklerden endişe ediyorum	(1)	(2)	(3)	(4)
8.	Kendimi dinlenmiş hissediyorum	(1)	(2)	(3)	(4)
9	Şu anda kaygılıyım	(1)	(2)	(3)	(4)
10.	Kendimi rahat hissediyorum	(1)	(2)	(3)	(4)
11.	Kendime güvenim var	(1)	(2)	(3)	(4)
12	Şu anda asabım bozuk	(1)	(2)	(3)	(4)
13	Çok sinirliyim	(1)	(2)	(3)	(4)
14	Sinirlerimin çok gergin olduğunu hissediyorum	(1)	(2)	(3)	(4)
15.	Kendimi rahatlamış hissediyorum	(1)	(2)	(3)	(4)
16.	Şu anda halimden memnunum	(1)	(2)	(3)	(4)
17	Şu anda endişeliyim	(1)	(2)	(3)	(4)
18	Heyecandan kendimi şaşkına dönmüş hissediyorum	(1)	(2)	(3)	(4)
19.	Şu anda sevinçliyim	(1)	(2)	(3)	(4)
20.	Şu anda keyfim yerinde.	(1)	(2)	(3)	(4)

Ek-4: KONGRE KATILIM SERTİFİKASI

Ek-5: Tez oğaltma ve Elektronik Yayınllama İzin Formu**BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ****TEZ ÇOĞALTMA VE ELEKTRONİK YAYIMLANA İZİN FORMU**

Hazırlamış olduğum tezimin yukarıda belirttiğim hususlar dikkate alınarak, fikrî mülkiyet haklarım saklı kalmak üzere Bursa Uludağ Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı tarafından hizmete sunulmasına izin verdiğimi beyan ederim.

Tarih:

İmza:

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı	Merve Begüm ENGİN		
Bildiği Yabancı Diller	İngilizce YÖKDİL- Sağlık Bilimleri 72,25		
Eğitim Durumu	Başlama-Bitirme		Kurum Adı
Lisans	2009	2013	Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi
Yüksek Lisans	2015	2019	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Çalıştığı Kurum	Başlama-Ayrılma		Çalışılan Kurumun Adı
1.	2020	-	Iğdır Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi
Katıldığı Proje ve Toplantılar	Bursa Uludağ Üniversitesi Lisansüstü Tez Projesi (BAP-LTP) NO:775 15. ULUSAL SPOR BİLİMLERİ ÖĞRENCİ KONGRESİ-ANKARA GAZİ ÜNİVERSİTESİ 16. Uluslararası Spor ve Egzersiz Psikolojisi Kongresi-YUNANİSTAN		