



**GELENEKSEL VE REAKSİYON TEMELLİ HIIT'İN NÖRAL
BAĞLANTISALLIK VE BİLİŞSEL YANITLAR ÜZERİNE AKUT
ETKİSİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ**

Musab ÇAĞIN

**DOKTORA TEZİ
ANTRENÖRLÜK EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI
ANTRENMAN VE HAREKET BİLİMLERİ PROGRAMI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2025

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Musab ÇAĞIN

16/06/2025

GELENEKSEL VE REAKSİYON TEMELLİ HIIT'İN NÖRAL BAĞLANTISALLIK VE BİLİŞSEL YANITLAR ÜZERİNE AKUT ETKİSİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK

İNCELENMESİ

(Doktora Tezi)

Musab ÇAĞIN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2025

ÖZET

Bu araştırmanın amacı; geleneksel ve reaksiyon temelli HIIT (Yüksek Yoğunluklu İnterval Antrenman) metotlarının nöral bağlantısallık ve bilişsel yanıtlar üzerine akut etkisinin karşılaştırmalı olarak incelenmesidir. Araştırmaya elit düzeyde faaliyet gösteren atıcılık, badminton, basketbol, cimmastik, futbol, korumalı futbol, karate, taekwondo, tenis, yüzme ve voleybol branşlarından 3'er kişi olmak üzere toplam 33 (17 kadın, 16 erkek) sporcu dahil edildi. Araştırmaya dahil edilen sporcuların yaş ortalamaları 21.4 ± 1.8 yıl, spor öz geçmiş ortalamaları ise 9.4 ± 2.9 yıl olarak tespit edildi. Sporcular geleneksel HIIT (11), reaksiyon temelli HIIT (11) ve kontrol gruplarına (11) eşit ve randomize bir şekilde dağıtıldı. Sporcuların ilk olarak 2 dakikalık gözler açık dinlenme durumu EEG kayıtları alındı. Dinlenme kayıtlarının hemen akabinde 10 görselden oluşan Stroop Testi (%50 uyumlu) bilgisayar ortamında uygulandı ve eş zamanlı olarak EEG kayıtları alındı. Sporculara 5 dakikalık hafif koşu ile ısınma ve açma germe hareketleri uygulandı. Isınma sürecinin sonunda ise sporculara gruplarına göre 10 dakikalık HIIT uygulandı. HIIT'in tamamlanmasının hemen akabinde algılanan zorluğun tespiti için Borg Skalası uygulandı. Son olarak tüm grupların EEG ile eş zamanlı olan Stroop son testleri alınarak ölçüm süreci tamamlandı. Araştırmaya ait tüm ölçümler Gazi Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Güreş Salonunda 23.1°C (± 0.17) ortam sıcaklığında gerçekleştirildi. Sporculardan elde edilen veriler R ve SPSS istatistik programlarında iki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA ve bağımsız gruplar T- Testi uygulandı. Elde edilen bulgulara göre bağlantısallık bakımından fronto-temporal, fronto-okspital, oksipito-temporal bölgeler arasında ve algılanan zorluk derecesinde gruplar arası anlamlı farklar tespit edildi ($p < 0,05$). Araştırma sonucunda beyin bağlantısallığı bakımından; reaksiyon temelli HIIT metodunun özellikle fronto-temporal bölgelerdeki senkronizasyonu arttırarak odaklanmış dikkat ve karar verme becerileri gibi bilişsel süreç üzerine olumlu etkileri gözlemlenirken; geleneksel HIIT metodunun ise fronto-okspital bölgedeki senkronizasyonu düşürerek aktivitenin efor algısını düşürdüğü ve oksipito-temporal bölgedeki senkronizasyonu arttırması ile görsel bilgiyi işleme süreçlerine olumlu yönde katkıda bulunduğu gözlemlendi. Ayrıca her iki grubun da HIIT boyunca kalp atım hızı birbirine benzer olsa da reaksiyon temelli HIIT grubu geleneksel HIIT grubuna göre daha yüksek seviyede zorluk algıladı. Bu sonuçlar ışığında reaksiyon temelli HIIT gibi bünyesinde ön görülemezlik ve değişken çevresel şartlar barındıran uygulamaların sportif performansın geliştirilmesinde daha fazla kullanılmasının uygulanan antrenman metodunu bilişsel bakımdan daha işlevsel bir hale getirebileceği söylenebilir.

Bilim Kodu : 130301
Anahtar Kelimeler : Reaksiyon, HIIT, nöral bağlantısallık, antrenman
Sayfa Adedi : 59
Danışman : Prof. Dr. Halil İbrahim CİCİOĞLU
İkinci Danışman : Prof. Dr. Hayri ERTAN

COMPARATIVE INVESTIGATION OF ACUTE EFFECTS OF TRADITIONAL AND
REACTION-BASED HIIT ON NEURAL CONNECTIVITY AND COGNITIVE
RESPONSES

(Ph. D. Thesis)

Musab ÇAĞIN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF HEALTH SCIENCES

June 2025

ABSTRACT

The aim of this study is to comparatively investigate the acute effects of traditional and reaction-based HIIT (High Intensity Interval Training) methods on neural connectivity and cognitive responses. A total of 33 athletes (17 female, 16 male), 3 from each of the elite shooting, badminton, basketball, gymnastics, football, softball, karate, taekwondo, tennis, swimming and volleyball branches, were included in the study. The average age of the athletes included in the study was 21.4 ± 1.8 years and the average sports history was 9.4 ± 2.9 years. The athletes were equally and randomly distributed to traditional HIIT (11), reaction-based HIIT (11) and control groups (11). First, 2-minute eyes-open resting EEG recordings were taken from the athletes. After the resting records, the Stroop Test consisting of 100 images (50% compatible) was applied in a computer environment and EEG records were taken simultaneously. The athletes applied a 5-minute run and warm-up exercises. At the end of the warm-up period, the athletes applied 10 minutes of HIIT according to their groups. After the completion of HIIT, Borg Scale was applied to determine the perceived exertion. Finally, the Stroop post-tests simultaneously with the EEG of all groups were taken and the measurement process was completed. All measurements related to the research were carried out at 23.1°C (± 0.17) ambient temperature in Gazi University, Faculty of Sports Sciences Wrestling Hall. Two-way repeated measures ANOVA and independent groups T-Test were applied to the data obtained from the athletes in R and SPSS statistical programs. According to the obtained findings, significant differences were detected between the fronto-temporal, fronto-occipital, occipito-temporal regions in terms of connectivity and between the groups in terms of perceived difficulty level ($p < 0.05$). As a result of the research, in terms of brain connectivity; While the reaction-based HIIT method was observed to have positive effects on cognitive processes such as focused attention and decision-making skills by increasing synchronization especially in the fronto-temporal regions; it was observed that the traditional HIIT method decreased the perception of effort of the activity by decreasing the synchronization in the fronto-occipital region and contributed positively to the visual information processing processes by increasing the synchronization in the occipito-temporal region. In addition, although the heart rates of both groups were similar during HIIT, the reaction-based HIIT group perceived a higher level of difficulty than the traditional HIIT group. In the light of these results, it can be said that the use of applications that include unpredictability and variable environmental conditions, such as reaction-based HIIT, more in the development of athletic performance can make the applied training method more functional in cognitive terms.

Science Code : 130301

Key Words : Reaction, HIIT, neural connectivity, training

Page Number : 59

Supervisor : Prof. Dr. Halil İbrahim CİCİOĞLU

Second Advisor : Prof. Dr. Hayri ERTAN

TEŞEKKÜR

Hedeflerime ve hayallerime ulaşmamda her zaman yol göstericim, destekçim ve idolüm olan; asistanı ve öğrencisi olmaktan gurur duyduğum sevgili hocam Prof. Dr. Halil İbrahim CİCİOĞLU'na en kalbi duygularıyla teşekkür ediyorum.

Doktora eğitimim sürecince bilgi birikimi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyerek her zaman cesaretlendiren ikinci danışmanım kıymetli hocam Prof. Dr. Hayri ERTAN'a ve doktora yeterlilik sürecinden itibaren tecrübesi ve samimiyetiyle destekçim olan kıymetli hocam Prof. Dr. Ali Ahmet DOĞAN'a teşekkür ediyorum.

Doktora sürecim boyunca fakültede geçirmiş olduğum her günü, saati ve dakikayı eşsiz kılan hem akademisyen hem de kişilik olarak benim için çok özel yere sahip olan; Prof. Dr. Ebru ÇETİN, Prof. Dr. İmdat YARIM, Prof. Dr. Özlem ORHAN, Prof. Dr. Sezen ÇİMEN POLAT, Prof. Dr. Halil SAROL, Prof. Dr. Zafer ÇİMEN ve Gazi Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi'nin kıymetli hocalarına teşekkürü bir borç biliyorum.

Doktora tezimin her aşamasında alandaki tecrübesi ile desteklerini esirgemeyen, nörobilim ve sportif performans alanında araştırma yapmamda her zaman cesaretlendiren hem hocam hem de dostum Dr. Öğr. Üyesi Batuhan DİRİK'e teşekkürlerimi iletiyorum.

Doktora eğitimim boyunca yapmış olduğum tüm araştırmalarda büyük bir özveri ile çalışarak katkıda bulunan, çeşitli araştırmalarda ve projelerde akademik danışmanlığını yürüttüğüm geleceğin akademisyenleri kıymetli öğrencilerime de teşekkürlerimi iletiyorum.

Purdue Üniversitesindeki araştırma süreci boyunca spor ve nörobilim alanındaki eşsiz katkılarından ötürü kıymetli hocam Doç. Dr. Alvin KAO'ya ve kıymetli dostum Uzm. Salim İbrahim ONBAŞI'ya teşekkürlerimi gönderiyorum.

Hayatımın her aşamasında daimî destekçim ve varlıkları ile mutluluk kaynağım olan annem Gül ÇAĞIN'a, babam Murat ÇAĞIN'a ve kardeşim Muhammed Furkan ÇAĞIN'a teşekkürlerimi iletiyorum. Son olarak iyi günde kötü günde her zaman yanımda olan hayat arkadaşım sevgili eşim Cansu ÇAĞIN'a teşekkürlerimi iletiyorum.

2214/A Yurtdışı Doktora Sırası Araştırma desteğiyle Amerika Birleşik Devletleri'ndeki çalışmalarımı yapmama olanak sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. High Intensity Interval Training (HIIT).....	5
2.2. HIIT'in Fizyolojik Mekanizması	6
2.3. HIIT'i Uygulama Yöntemleri	7
2.4. Sportif Reaksiyon.....	8
2.5. Reaksiyonun Sınıflandırması	11
2.6. Reaksiyon Temelli HIIT	13
2.7. Beynin Anatomik Bölümleri	14
2.7.1. Beyin Sapı (Brainstem)	15
2.7.2. Beyincik (Cerebellum)	16
2.7.3. Beyin (Serebrum)	16
2.8. Elektroensefalografi	19
2.9. Frekans Bantları	20
2.9.1. Delta frekansı.....	20
2.9.2. Teta frekansı	20

	Sayfa
2.9.3. Alfa frekansı	21
2.9.4. Beta frekansı	21
2.9.5. Gama frekansı.....	21
2.10. Beyin Bağlantısallığı.....	22
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	23
3.1. Araştırma Grubu.....	23
3.2. Araştırmaya Dahil Etme ve Dışlama Kriterleri.....	23
3.3. Araştırma Tasarımı.....	24
3.4. HIIT Uygulamaları.....	25
3.4.1. Geleneksel HIIT	25
3.4.2. Reaksiyon temelli HIIT	27
3.5. Veri Toplama Araçları	29
3.5.1. EEG cihazı.....	29
3.5.2. Stroop testi.....	30
3.5.3. Kalp atım hızının takibi	30
3.5.4. Reaksiyon cihazı.....	31
3.5.5. Borg skalası	32
3.6. Verileri Analizi.....	32
3.6.1. EEG verilerinin analizi	32
3.6.2. İstatistiksel analiz	33
4. BULGULAR	35
4.1. Bağlantısallık Değerlerine İlişkin Bulgular	35
4.2. Algılanan Zorluk Derecesine İlişkin Bulgular	37
4.3. Kalp Atım Hızlarına İlişkin Bulgular.....	38
5. TARTIŞMA	39

	Sayfa
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	43
KAYNAKLAR	45
EKLER.....	53
ÖZGEÇMİŞ	56



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Reaksiyon performansı ölçüm cihazları.....	10
Çizelge 2.2. Örnek HIIT uygulaması.....	13
Çizelge 2.3. Örnek reaksiyon temelli HIIT uygulaması	14
Çizelge 2.4. Beyinde bulunan loblar ve işlevleri	18
Çizelge 3.1. Katılımcılar ait demografik bilgiler	23
Çizelge 3.2. Ölçüm takvimi	24
Çizelge 3.3. Gruplara göre ölçüm ve uygulama sıralaması	25
Çizelge 3.4. Geleneksel HIIT egzersiz protokolü.....	27
Çizelge 3.5. Reaksiyon temelli HIIT egzersiz protokolü.....	29
Çizelge 4.1. HIIT gruplarının algılanan zorluk derecelerinin karşılaştırılması	38
Çizelge 4.2. HIIT gruplarının aktivite boyunca ortalama kalp atım hızlarının karşılaştırılması	38

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. HIIT'in fizyolojik etki mekanizası	7
Şekil 2.2. Reaksiyonun gerçekleşme sürecinin aşamaları	8
Şekil 2.3. Reaksiyonun gerçekleşme sürecinin Türkçeleştirilmiş aşamaları	9
Şekil 2.4. Basit reaksiyon.....	11
Şekil 2.5. Seçkili reaksiyon.....	12
Şekil 2.6. Ayrışımli reaksiyon	12
Şekil 2.7. Beyin sapı	15
Şekil 2.8. Beyincik.....	16
Şekil 2.9. Beyin.....	17
Şekil 2.10. Beyin loblarının konumları.....	18
Şekil 2.11. Delta, teta, alfa, beta ve gama frekans örnekleri.....	20
Şekil 3.1. Geleneksel HIIT grubunun hareket kılavuzu.....	26
Şekil 3.2. Reaksiyon temelli HIIT grubunun hareket kılavuzu	28
Şekil 3.3. PLV analizinin formülleştirilmiş hali	33
Şekil 4.1. Bağlantısallık skorları	37

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Mentalab Explore EEG cihazı	30
Resim 3.2. Polar H9 kalp atış sensörü	31
Resim 3.3. Fitlight trainer reaksiyon cihazı	32



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
Ag/AgCl	Gümüş/Gümüş Klorür
Hz	Hertz
PGC-1α	Peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha
α	Alfa
β	Beta
Θ	Teta
\bar{x}difference	Ortalama Fark
Kısaltmalar	Açıklamalar
ACSM	American College of Sports Medicine (Amerikan Spor Hekimliği Derneği)
ATP	Adenosine Triphosphate
BDNF	Beyin Kaynaklı Nörotrofik Faktör
EEG	Elektroensefalografi
FIR	Finite Impulse Response
HIIT	High-Intensity Interval Training (Yüksek Yoğunluklu İnterval Antrenman)
MRNA	Protein Kinazlar p38
MSS	Merkezi Sinir Sistemi

1. GİRİŞ

Sportif performansın belirlenmesinde kuvvet, hız, dayanıklılık, esneklik, koordinasyon ve çeviklik gibi motor becerilerin ön plana çıktığı gözlemlenmektedir (Bompa ve Buzzichelli, 2019). Fakat bu becerilerin doğru ve efektif kullanımı bakımından; reaksiyon, seçici dikkat, bilişsel esneklik ve karar verme gibi bilişsel faktörler oldukça önemli bir yere sahiptir (Çağın ve diğerleri, 2024; Jacobson ve Matthaesus, 2014). Sporcu her ne kadar motor becerilerini iyi seviyede geliştirse de bu becerileri doğru kullanamaması durumunda istenen performansı sergileyemeyeceği kuvvetle muhtemeldir. Bu duruma 100 metre dünya ve olimpiyat şampiyonu olan Usain Bolt 2011 yılında düzenlenen Dünya Atletizm Şampiyonasında çıkış esnasında erken reaksiyon verip hatalı çıkış yaparak müsabakadan diskalifiye edilmesi örnek olarak verilebilir. Bu nedenle antrenman planlaması yapılırken fiziksel uygulamaların içerisine bilişsel temelli uygulamaların kombine edilmesi, uygulanan antrenman metotlarını bilişsel açıdan da daha efektif hale getirebileceği düşünülmektedir.

Reaksiyon yapı itibarıyla bünyesinde dışarıdan gelen uyarıyı algılama, işleme ve son olarak bir yanıt oluşturarak harekete geçme sürecini kapsamaktadır (Çağın ve diğerleri, 2024; Magill ve Anderson 2010). Reaksiyon becerisi bu yapısı itibarıyla “motor ve bilişsel performans arasında bir köprü” görevi gördüğü söylenebilir. Sporcu müsabaka içerisinde içsel ve dışsal birçok uyarana maruz kalmakta ve bu ön görülemez durumlara mümkün oldukça hızlı ve doğru reaksiyon vermesi gerekmektedir. Bu doğrultuda sporcu antrenman sürecinde ne kadar fazla değişken çevre şartlarına ve uyarana maruz kalırsa müsabakada gelişen durumlara o kadar daha iyi reaksiyon vereceği muhtemeldir. Her ne kadar reaksiyon becerisi sportif performans için önemli bir parametre olsa da antrenman planlaması ve periyotlamasında yeterince yer alamadığı düşünülmektedir (Bompa ve Buzzichelli, 2019; Issurin, 2016; Lyakh ve diğerleri, 2015). Sporcular için oluşturulan programın belirli motor parametrelerin geliştirilmesi için dizayn edilen kapalı beceri uygulamaları olduğu gözlemlenmektedir. Fakat müsabaka esnasındaki ön görülemez durum ve değişken çevre şartları için açık beceri uygulamalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Reaksiyon temelli uygulamaların herhangi bir kapalı beceri uygulamasına kombine edilmesi, uygulanan yöntemle ön görülemezlik ve değişken çevresel şartlar katacağı için kapalı beceri uygulamasını açık beceriye uygulamasına çevirecektir. Bu yönüyle reaksiyon temelli uygulamaları “kapalı becerileri açan bir anahtar” olarak ifade etmek doğru olacaktır.

HIIT metodu sportif performansın geliştirilmesinde en sık kullanılan antrenman metotlarının başında gelmektedir. HIIT metodu “Dünya Çapında Fitness Trendleri Araştırması” listesinde 2014 ve 2018 yıllarında birinci olmuş, 2014-2019 yılları arasında ise en iyi beş egzersiz metodu arasında kendine yer bulmuştur (Thompson, 2018). HIIT diğer antrenman metotlarına göre hem zamanı daha ekonomik kullanarak daha fazla verim elde etmek bakımından hem de diğer metotlara göre daha eğlenceli bulunması bakımından, sporcular ve antrenörler tarafından en çok tercih edilen antrenman metotlarının başında geldiği düşünülmektedir. Ayrıca HIIT’in çeşitli spor branşlarına (futbol, basketbol, atletizm, güreş, yüzme vb.) kolaylıkla kombine edilebilir olması HIIT’i birçok branş için uygulanabilir bir antrenman metodu haline getirmektedir. HIIT yapı itibariyle belirli hareket ve dinlenme döngüleri içerisinde barındırması bakımından kapalı beceri uygulaması sınıfında değerlendirilmektedir.

Bu bilgiler ışığında fiziksel performans üzerine etkileri belirgin bir şekilde kanıtlanmış ve dünya çapında birçok branş tarafından uygulanan geleneksel HIIT metoduna reaksiyon temelli olarak yeniden yapılandırılıp açık beceri uygulamasına dönüştürülen reaksiyon temelli HIIT metodunun bilişsel performans süreçlerinin göstergesi olarak kabul edilen nöral bağlantısallık üzerine etkisi merak konusudur. Bu bağlamda yapılan araştırma reaksiyon temelli uygulamaların bilişsel performans üzerine etkilerini ortaya koyacağı gibi antrenman bilimine de bilişsel temelli antrenman metotlarının önemi vurgulamak bakımından farklı bir perspektif kazandıracağı düşünülmektedir.

Problem cümlesi: Nöral bağlantısallık ve bilişsel yanıtlar bakımından geleneksel ve reaksiyon temelli HIIT metotları arasında farklılık var mıdır?

Alt problemler

Problem 1: Nöral bağlantısallık bakımından gruplar arası fark var mıdır?

Problem 2: Nöral bağlantısallık bakımından fark varsa bu farklılıklar hangi bölgeler ve hangi frekans bandındadır?

Problem 3: Algılanan zorluk derecesi bakımından gruplar arası fark var mıdır?

Problem 4: Kalp atım hızı bakımından gruplar arası fark var mıdır?

Hipotezler

Hipotez 1: Reaksiyon temelli HIIT metodu geleneksel HIIT metoduna göre nöral bağlantısallık bakımından daha etkili bir antrenman metodudur.

Hipotez 2: Reaksiyon temelli HIIT metodunda algılanan zorluk derecesi geleneksel HIIT metoduna göre daha yüksektir.

Varsayımlar

Sporcuların ölçümlerden önceki 24 saatlik süreçte kafein veya alkol benzeri uyarıcı etkiye sahip madde kullanmadıkları varsayıldı.

Sporcuların Stroop Testlerini yüksek dikkat ve hızda gerçekleştirdikleri varsayıldı.

Sporculara HIIT antrenmanından sonra uygulanacak olan algılanan zorluk skalasını objektif bir şekilde doldurdıkları varsayıldı.

Sınırlılıklar

Bu araştırma 18-25 yaş arasındaki en az 5 yıl spor öz geçmişine sahip olan sağlıklı sporcularla sınırlandırıldı.

Bu araştırma kullanılan ölçüm metotları ile sınırlandırıldı.

Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı; geleneksel ve reaksiyon temelli HIIT metotlarının nöral bağlantısallık ve bilişsel yanıtlar üzerine akut etkisinin karşılaştırmalı olarak incelenmesidir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. High Intensity Interval Training (HIIT)

HIIT "Yüksek Yoğunluklu İnterval Antrenman" metodunu ifade etmektedir. HIIT bünyesinde kısa süre içerisinde gerçekleştirilen yüksek şiddetli egzersizleri ve dinlenme döngülerini barındıran bir antrenman metodudur. HIIT kapsamında gerçekleştirilen yüksek yoğunluklu aktiviteler yaklaşık 5 saniye ile 8 dakika aralığında sürmekte olup bu süre zarfında maksimum kalp atış hızının %80 ila %95 aralığında olması gerekmektedir. Uygulanan hareketler arasındaki dinlenme süreleri ise aktivite periyotları kadar sürebilmekte ve genellikle maksimum kalp atış hızının %40 ila %50'sinde gerçekleşmektedir. HIIT kapsamında gerçekleştirilen aktivite ve dinlenme döngüsü ortalama 20 ila 60 dakika arasında sürmektedir (Campbell ve diğerleri, 2018; Kilpatrick ve diğerleri, 2014). American College of Sports Medicine (ACSM) HIIT'i yapısal olarak "aerobik tabanlı HIIT" ve "direnc tabanlı HIIT" olarak iki gruba ayırmaktadır. Aerobik tabanlı HIIT koşu ve koşu benzeri parkurları bünyesinde barındırırken direnc tabanlı HIIT ise serbest ağırlıklarla yapılan egzersizler, pliometrik egzersizler ve crossfit benzeri uygulamaları bünyesinde barındırmaktadır (Kilpatrick ve diğerleri, 2014; Way ve diğerleri, 2021).

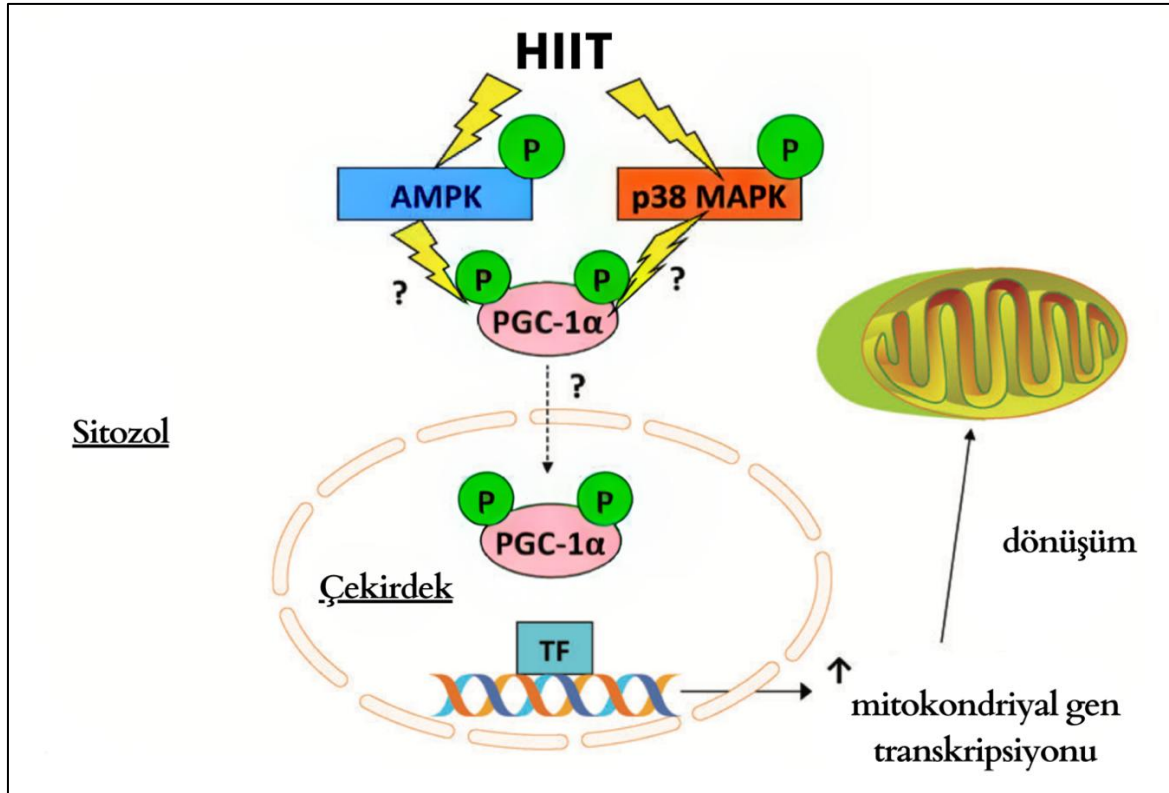
HIIT'in organizma üzerine etkileri incelendiğinde fizyolojik, psikolojik ve bilişsel yönden olumlu etkilerinin olduğu gözlemlenmektedir. HIIT'in fizyolojik etkileri incelendiğinde aerobik ve anaerobik performansı arttırdığı, kalp damar sağlığını ve insülin duyarlılığı iyileştirdiği gözlemlenmektedir (Depiazzi ve diğerleri, 2019; Kilpatrick ve diğerleri, 2014). HIIT'in psikolojik bakımdan etkileri incelendiğinde ise kaygı, depresyon ve stresle başa çıkmada önemli bir araç olduğu tespit edilirken ayrıca orta yoğunluklu aktivitelerin aksine sporcuların HIIT'den daha çok keyif aldıkları gözlemlenmektedir (Alves ve diğerleri, 2021; De Greeff ve diğerleri, 2018; Thum ve diğerleri, 2017). Bilişsel açıdan HIIT'in olumlu etkileri incelendiğinde ise beyin nöroplastisitesi için önemli bir uyarıcı olduğu, bilgi işleme yeteneğini arttırdığını; inhibitör kontrolü, çalışma belleği, bilişsel esnekliği ve seçici dikkati olumlu yönde etkilediği gözlemlenmektedir (Hsieh ve diğerleri, 2021; Kovacevic ve diğerleri, 2020; Liu ve diğerleri, 2024).

HIIT metodu "Dünya Çapında Fitness Trendleri Araştırması" listesinde 2014 ve 2018 yıllarında birinci olmuş, 2014-2019 yılları arasında ise en iyi beş egzersiz metodu arasında

kendine yer bulmuştur (Thompson, 2018). HIIT diğer antrenman metotlarına göre hem zamanı daha ekonomik kullanarak daha fazla verim elde etmek bakımından hem de diğer metotlara göre daha eğlenceli bulunması bakımından, sporcular ve antrenörler tarafından en çok tercih edilen antrenman metotlarının başında geldiği düşünülmektedir. Ayrıca HIIT'in çeşitli spor branşlarına (futbol, basketbol, atletizm, güreş, yüzme vb.) kolaylıkla kombine edilebilir olması HIIT'i birçok branş için uygulanabilir bir antrenman metodu haline getirmektedir. HIIT'in belirtilen bu özellikleri nedeniyle çeşitli branş ve antrenman yöntemlerinin içerisine kombinasyonun sportif performans üzerine etkilerinin incelendiği araştırmaların gelecek yıllarda daha fazla artacağı düşünülmektedir.

2.2. HIIT'in Fizyolojik Mekanizması

Mitokondrideki genetik kodların düzenleyicisi olan PGC-1 α (Peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha) aynı zamanda enerji metabolizmasını düzenleyen bir gen aktivatörüdür (Egan ve Zierath, 2013). PGC-1 α reseptör aktivasyonunun gerçekleşmesi ile birlikte ATP (Adenosine Triphosphate) üretimi artmaktadır. PGC-1 α reseptörünün aktivasyonun hızlanması mRNA'nın (Protein kinazlar p38) mitokondri içerisindeki etkinliğini arttırmaktadır. Bu durum ise mitokondrial adaptasyonu hızlandırmakta ve oksidatif kapasiteyi arttırmaktadır (Gibala ve diğerleri, 2012). PGC-1 α reseptörünün aktivasyonu ile gerçekleştirilen fiziksel aktivitenin yoğunluğu arasında doğrudan ilişki olduğu bilinmektedir. Yüksek yoğunluklarda yapılan fiziksel aktiviteler PGC-1 α aktivasyonunu tetiklemekte ve bu durum mitokondriyal fonksiyonları arttırmaktadır. Bu nedenle HIIT metodu yapısı itibarıyla PGC-1 α aktivasyonunun gerçekleşmesinde önemli bir uyarıcı etkiye sahiptir (Gibala ve diğerleri, 2012; Little ve diğerleri, 2010; Pizzi ve diğerleri, 2017).



Şekil 2.1. HIIT'in fizyolojik etki mekanizası

Yapılan araştırmalarda iki hafta boyunca uygulanan HIIT'in PGC-1 α aktivasyonunu %25; 6 hafta boyunca uygulanan HIIT'in ise %100 oranında arttırdığı gözlemlenmektedir (Gibala ve McGee, 2008; Little ve diğerleri, 2010). Ayrıca geleneksel dayanıklılık antrenmanları ile HIIT'in karşılaştırıldığı araştırmalarda ise HIIT'in PGC-1 α reseptörü üzerinde daha fazla uyarıcı etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir (Larsen ve diğerleri, 2016; MacInnis ve Gibala, 2017).

2.3. HIIT'i Uygulama Yöntemleri

HIIT yapı itibarıyla çeşitlendirilebilir ve çeşitli antrenman programlarına kombine edilebilir bir antrenman metodudur. Bu çeşitlilik antrenman yoğunluğunu, süresini, yüklenme ve dinlenme sürelerini HIIT'in temel ilkeleri kapsamında değiştirilerek gerçekleştirilebilir. Ayrıca antrenman süresince amaca göre HIIT boyunca yapılacak olan hareket kombinasyonları da değiştirilerek çeşitlilik sağlanabilir. Ancak bununla birlikte alanda fazlaca tercih edilen ve isimlerini uygulayıcılarından almış geleneksel yöntemler de mevcuttur. Bu yöntemler Tabata, Gibala, Timmon ve Peter Coe şeklinde sıralanmaktadır

(Coe, 2012; Little ve diğeri, 2010; Tabata ve diğeri, 1996; Timmons ve diğeri, 2010; Weston ve diğeri, 2014).

Tabata Yöntemi: 20 yüklenme 10 saniye dinlenme olacak şekilde toplam 4 dakika (8 döngü) sürmektedir.

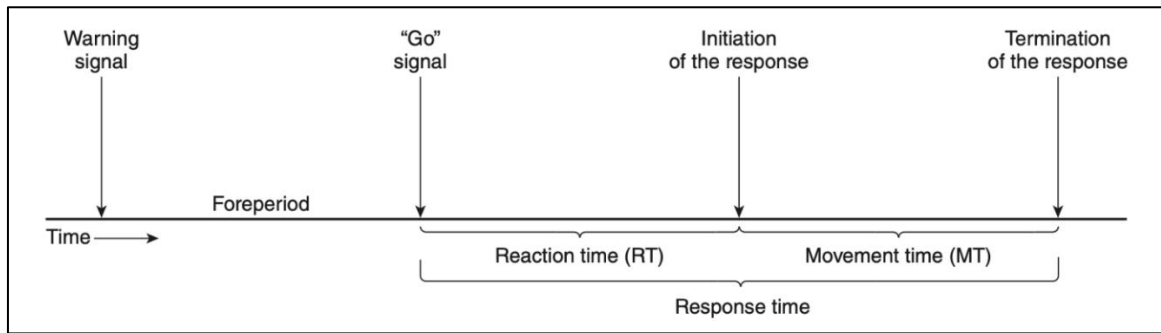
Gibala Yöntemi: 3 dakikalık ısınmanın ardından 60 saniyelik yüklenme ve 75 saniye dinlenme olacak şekilde 8-12 döngü sürmektedir.

Timmon Yöntemi: Egzersiz bisikletinde 2 dakika hafif pedal çevirme ve 20 saniye yüksek eforla yüklenme olacak şekilde gerçekleştirilir.

Peter Coe Yöntemi: 200 metre hızlı koşu ve 30 saniyelik dinlenme olacak şekilde gerçekleştirilir.

2.4. Sportif Reaksiyon

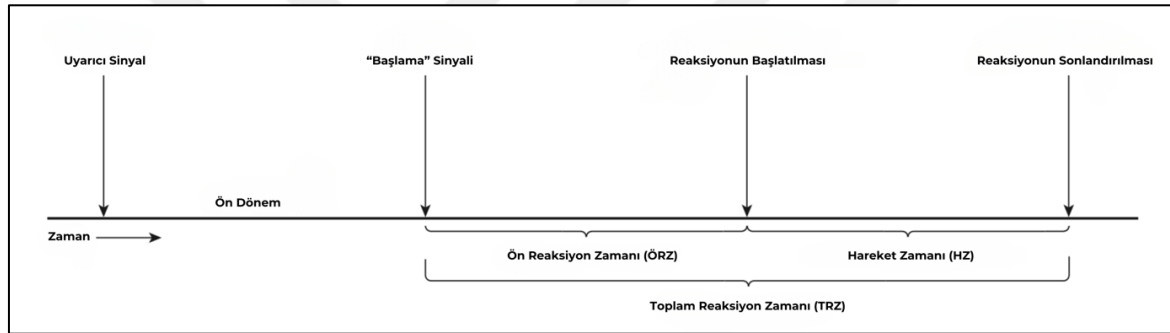
Magill ve Anderson (2010) reaksiyon zamanını (reaction time), sinyalin gelmesi ve bu gelen sinyale verilen davranım arasında geçen süre olarak; hareket zamanını (movement time) bir hareketin başlangıcı ile tamamlanması arasındaki zaman aralığı olarak; reaksiyon ve hareket zamanının toplamını ise tepki süresi (response time) olarak ifade etmektedir.



Şekil 2.2. Reaksiyonun gerçekleşme sürecinin aşamaları

Fakat reaksiyon zamanı ve tepki kavramının tanımlanmasında Türkçe ve İngilizce çeviriden kaynaklı olarak bir kavram karmaşası olduğu gözlemlenmektedir. Çünkü Türk Dil Kurumu'na (TDK) göre reaksiyon ve tepki kelimeleri eş anlamlı olup aynı şeyi ifade etmektedir (TDK, 2025). Bu nedenle kavram karmaşıklığının önüne geçebilmek adına bu iki

kavramın birbirinde ayırmak ve Türkçeleştirmek gerektiği düşünülmektedir. “Tepki” kelimesinin TDK’ye göre açıklaması “Bir cismin kendini iten veya sıkıştıran başka bir cisme gösterdiği karşı etki” ve “Herhangi bir etkiye cevap olarak doğan, genellikle olumsuz söz veya davranış” olarak ifade edilmektedir. “Reaksiyon” kelimesinin TDK’ye göre açıklaması ise “yanıt” ve “tepkime” olarak ifade edilmektedir. TDK’nın tanımlamalarına göre “teпки” kelimesinin yaygın anlamının olumsuzluk barındıran bir davranışı ifade etmesi nedeniyle, reaksiyon kelimesinin daha bilimsel bir ifade olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle Magill ve Anderson (2010)’un ifade etmiş olduğu “reaction time” kavramının Türkçe karşılığına “ön reaksiyon zamanı” ve “response time” kavramının Türkçe karşılığına ise “toplam reaksiyon zamanı” olarak ifade etmenin alanda oluşan kavram karmaşasının önüne geçeceği düşünülmektedir.



Şekil 2.3. Reaksiyonun gerçekleşme sürecinin Türkçeleştirilmiş aşamaları

Sporcunun müsabaka esnasında rakipten uyarılara karşı yapılması istenen hareketi doğru zamanda ve hızlı bir şekilde yapması sporcunun reaksiyon becerisine bağlıdır (Çağın ve diğerleri, 2024). Bu nedenle reaksiyon zamanı sportif performansın belirlenmesinde önemli bir role sahiptir. Yapılan araştırmalarda reaksiyonun hem bilişsel hem de biyomotor beceriler ile ilişkili olduğu gözlemlenmektedir (Çağın ve diğerleri, 2024; Maghsoudipour ve diğerleri, 2018; Reigal ve diğerleri, 2019; Tønnessen ve diğerleri, 2013). Reaksiyon bu yönüyle fiziksel ve bilişsel performans arasında köprü rolü oynadığı düşünülmektedir.

Özellikle güncel spor teknolojileri değerlendirildiğinde reaksiyon ölçümü veya reaksiyon temelli egzersizler için Fitpodz (İstanbul/Türkiye), Fitlight Trainer (Ontario/Kanada), Witty-SEM (Bolzano/İtalya) ve BlazePod (Tel Aviv/İsrail) gibi çeşitli reaksiyon cihazlarının üretildiği görülmektedir.

Çizelge 2.1. Reaksiyon performansı ölçüm cihazları (Blazepod, 2025; Fitlight, 2025; Fitpodz, 2025; Microgate, 2025)

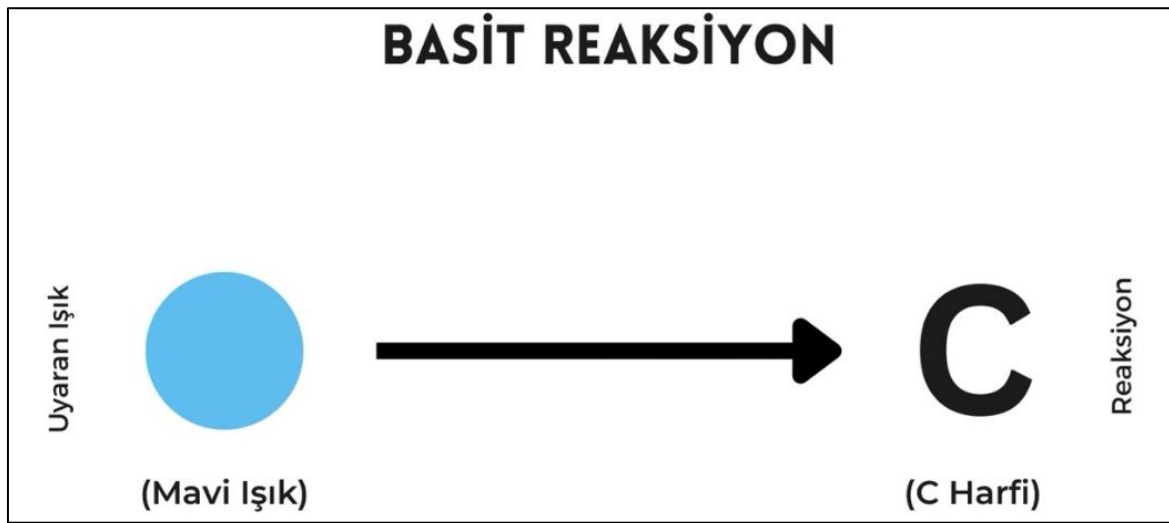
Fitpodz	
Fitlight Trainer	
Witty-SEM	
BlazePod	

Bu durumun yapılan akademik araştırmalar sonucu reaksiyonun sportif performanstaki rolü ve öneminden kaynaklandığı düşünölmektedir. Spor teknolojilerinin reaksiyon üzerine yoğunlaşmaları ve bu alanda çeşitli cihazlar üretmeleri gelecek yıllarda spor bilimleri alanında reaksiyon üzerine yapılacak araştırmaların artmasına da neden olacağı düşünölmektedir.

2.5. Reaksiyonun Sınıflandırması

Magill ve Anderson (2010) reaksiyonu basit, seçkili ve ayrışıklı olmak üzere üç sınıfa ayırmaktadır.

Basit Reaksiyon: Bu reaksiyon zamanında sadece bir uyarı ve bu uyarıya verilen sadece davranım söz konusudur. Bu duruma bilgisayar ekranında mavi ışığın yanması ve her mavi ışık yandığında deneğin C harfine basarak davranımında bulunması örnek olarak verilebilir.



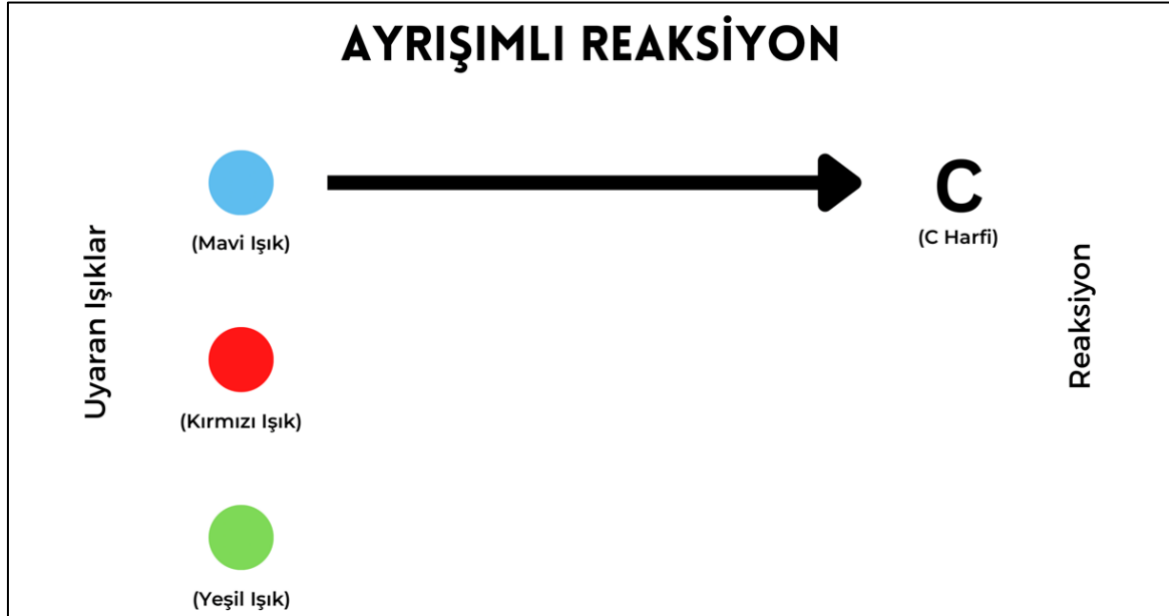
Şekil 2.4. Basit reaksiyon

Seçkili Reaksiyon: Bu reaksiyon zamanında ise birden fazla uyarı ve her uyarının farklı bir davranımı söz konusudur. Bu duruma deneğin bilgisayar ekranında her mavi ışık yandığında C, her kırmızı ışık yandığında G ve her yeşil ışık yandığında ise N harfine basarak davranımında bulunması örnek olarak verilebilir.



Şekil 2.5. Seçkili reaksiyon

Ayrışimli Reaksiyon: Bu reaksiyon zamanında ise birden fazla uyarı fakat sadece bir davranım söz konusudur. Bu duruma bilgisayar ekranında mavi, kırmızı ve yeşil renklerin yanması fakat sadece mavi renk yandığında C harfine basarak davranımda bulunması örnek olarak verilebilir.



Şekil 2.6. Ayrışimli reaksiyon

2.6. Reaksiyon Temelli HIIT

HIIT metodu kolaylıkla birçok antrenman türünün içerisine kombine edilebilmekte ve kısa zamanda yüksek verim sağlamaktadır (Kilpatrick ve diğerleri, 2014). HIIT yapı itibariyle önceden belirlenmiş belirli sayıda hareketlerin döngüsünü içermektedir. HIIT'i uygulayan kişi antrenman süresince hangi hareketi hangi sırayla yapacağını bilmektedir. Bu durum HIIT'i uygulayan bireyin birkaç döngü sonra hareketleri ezberlemesine veya tahmin etmesine neden olabilmektedir. Bu süreçte çevresel şartlar (yapacağı hareketlerin sıralaması) sabit ve tahmin edilebilirlik söz konusu olduğu için HIIT bir kapalı beceri uygulaması olarak değerlendirilebilir.

Çizelge 2.2. Örnek HIIT uygulaması

Egzersiz	Uygulama	Dinlenme
Sprint	20 saniye	10 saniye
Squat	20 saniye	10 saniye
High Knees	20 saniye	10 saniye
Mountain Climber	20 saniye	10 saniye
Jumping Jack	20 saniye	10 saniye
Kneeling Push-Up	20 saniye	10 saniye
<i>Döngüyü 3 Kez Tekrarla</i>	1 Dakika Dinlenme	

Fakat reaksiyon temelli egzersizlerin HIIT'e kombinasyonu veya HIIT'de uygulanan egzersizlerin reaksiyon temelli olarak yeniden yapılandırılması HIIT'i bir açık beceri uygulamasına çevirebileceği düşünülmektedir. Reaksiyon temelli HIIT uygulaması ile aktivite boyunca bireylerin bilişsel olarak algılarını sürekli olarak açık tutarak HIIT boyunca gelen uyarılara doğru reaksiyon vermeye çalışmalarına neden olacaktır. Böylelikle reaksiyon temelli HIIT'i uygulayan birey sadece fiziksel egzersiz değil aynı zamanda bilişsel olarak da egzersiz yapmış olacaktır.

Çizelge 2.3. Örnek reaksiyon temelli HIIT uygulaması

Renk	Rengin Temsil Ettiği Egzersiz	
Kırmızı	Sprint	
Mavi	Squat	
Sarı	High Knees	
Yeşil	Mountain Climber	
Mor	Jumping Jack	
Beyaz	Kneeling Push-Up	
Egzersiz	Uygulama	Dinlenme
Sensörden Yanan Işığın Rengine Göre Temsil Ettiği Hareket Yapılacaktır. Sensörde Yanan Renkler 5 Saniyede Bir Değişecektir.	20 saniye	10 saniye
	20 saniye	10 saniye
	20 saniye	10 saniye
	20 saniye	10 saniye
	20 saniye	10 saniye
<i>Döngüyü 3 Kez Tekrarla</i>	1 Dakika Dinlenme	

Literatür incelendiğinde açık ve kapalı becerilerin bilişsel performans üzerine etkilerinin incelendiği çeşitli araştırmalar mevcuttur. Yapılan benzer araştırmalarda ön görülemez çevrede birden fazla uyarana göre tepki vermeyi içerisinde barındıran açık beceri uygulamalarının kapalı beceri uygulamalarına göre özellikle sağ hemisfer kontrolünde olan alanlar için bilişsel işlevi daha fazla geliştirdiği ve aynı zamanda yönetici kontrol işlevini geliştirerek ketleme kontrolünü arttırdığı tespit edilmiştir (Behrendt ve diğerleri, 2021; Gökçe ve diğerleri, 2021). Açık ve kapalı becerilerin karşılaştırıldığı bir diğer araştırma grubunda ise açık beceri gruplarının kapalı beceri gruplarına göre görsel-uzaysal dikkat, hafıza, inhibitör kontrol, bilişsel esneklik ve problem çözme bakımından anlamlı düzeyde daha iyi performans gösterdikleri tespit edilmektedir (Chueh ve diğerleri, 2017; Crova ve diğerleri, 2014; Gu ve diğerleri, 2019; Hills ve diğerleri, 2015; Jacobson ve Matthaues, 2014). Literatürde yapılan araştırmalar ışığında açık beceri temelli uygulamaların kapalı beceri temelli uygulamalara göre bilişsel bakımdan daha etkili bir yöntem olduğu açıktır. Bu bağlamda dünyada en çok tercih edilen antrenman metotlarının başında gelen HIIT'in reaksiyon temelli olarak uygulanması fiziksel performansı geliştirmesinin yanında ayrıca bilişsel performansı da geliştirebileceği ön görülmektedir. Reaksiyon temelli HIIT'in, bu yönüyle HIIT uygulamasını daha efektif bir antrenman metodu haline getirebileceği düşünülmektedir.

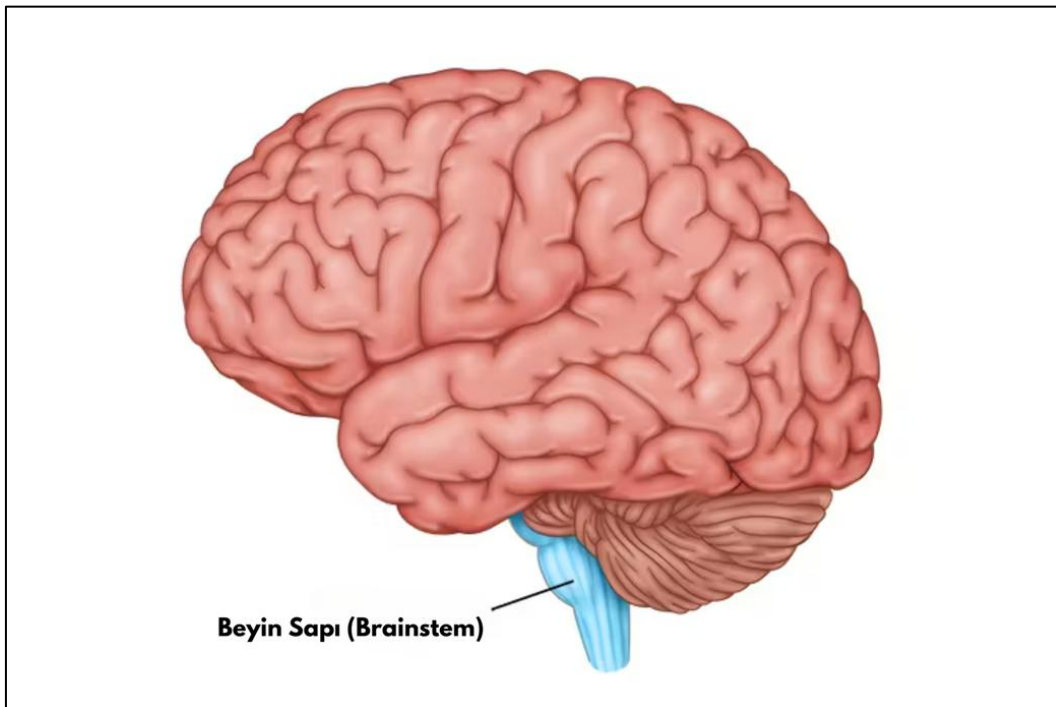
2.7. Beynin Anatomik Bölümleri

Beyin; kafatası içinde yer almakta ve vücuttaki tüm fonksiyonların kontrolünü sağlamaktadır. Vücut ağırlığının ortalama %2'sini kaplayan beyin, yaklaşık olarak 1500

gram ağırlığındadır. Beynin anatomisi vücutta bulunan diğer organlardan çok daha gizemli ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Beynin fiziksel yapısı genel itibariyle zihinsel yapılanmasını yansıtmaktadır. Genellikle yüksek düzeydeki zihinsel işlemler daha üst bölgelerde gerçekleşirken, daha alt bölgeler temel yaşam fonksiyonlarının devamlılığından sorumludur. Beyin temel olarak üç ana bölüme ayrılmaktadır. Bunlar; beyin sapı (brainstem), beyincik (cerebellum) ve serebrum şeklinde sıralanmaktadır (Carter, 2019; Clark ve diğerleri, 2010).

2.7.1. Beyin Sapı (Brainstem)

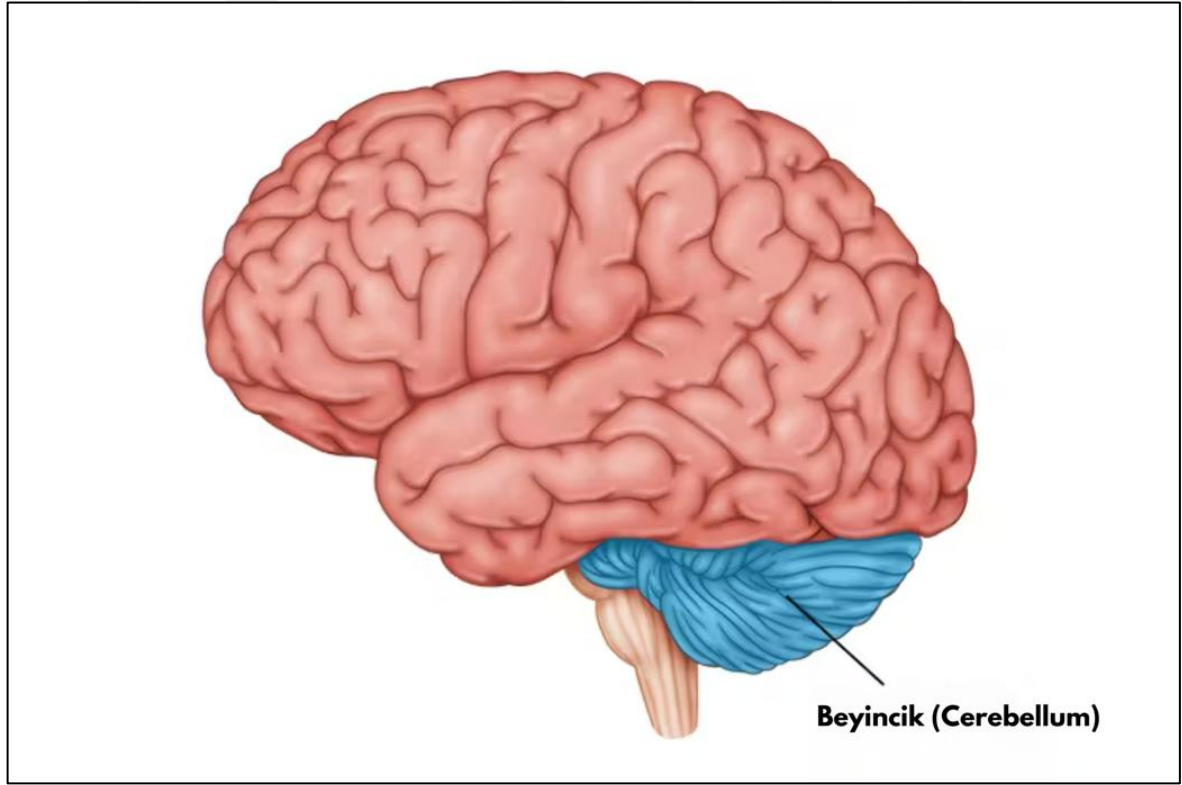
Omuriliğin devamı niteliğinde olan beyin sapı merkezi sinir sisteminin (MSS) en önemli yapı taşlarından biridir. Beyin ile vücudun diğer bölümleri arasında köprü rolü oynayarak bilgi iletimini gerçekleştirmektedir. Beyin sapı; soyut düşünme veya kurgu oluşturma gibi üst düzey işlemlerden ziyade, göz tarama hareketleri, uyku düzenlenmesi ve kalp atışı gibi orta ve alt zihinsel işlemlerden sorumludur. Ayrıca genellikle farkında olmadığımız bilinçaltı veya otonom kontrol mekanizmalarının yerleşim yeridir. Hayatta kalma fonksiyonlarını kontrol etme yönüyle oldukça önemli bir role sahiptir. Beyin sapı; orta beyin, pons ve medulla olmak üzere üç bölümü içermektedir. Çeşitli sinir lifleri ve çekirdekleri bünyesinde barındırarak motor ve duyuşal işlevlerin gerçekleştirilmesine katkıda bulunmaktadır (Carter, 2019; Clark ve diğerleri, 2010).



Şekil 2.7. Beyin sapı (Flintrehab, 2022)

2.7.2. Beyincik (Cerebellum)

Beynin en alt arka kısmında bulunan kısmında bulunan “beyincik” düzenli ve çizgi görünümlü bir yapıya sahiptir. Beyincik iki yarım küreden oluşmakta ve beyin ile spinal kord arasında karmaşık bir bağlantı hattına sahiptir. Vestibüler, spinocerebellar ve kortikopontocerebellar olmak üzere üç alt bölgeden oluşmaktadır (Carter, 2019). Beyinciğin temel işlevi kasların bütünleşik kontrolü ile denge, duruş ve koordinasyon gibi bedensel hareketlerin kontrolünü sağlamaktır. Öğrenme sürecinde çevresel değişkenlere hızlı bir uyumsama özelliği olan beyincik, sportif anlamda da yeni beceri veya tekniklerin öğrenilmesinde kilit rol oynamaktadır (Carter; 2019).



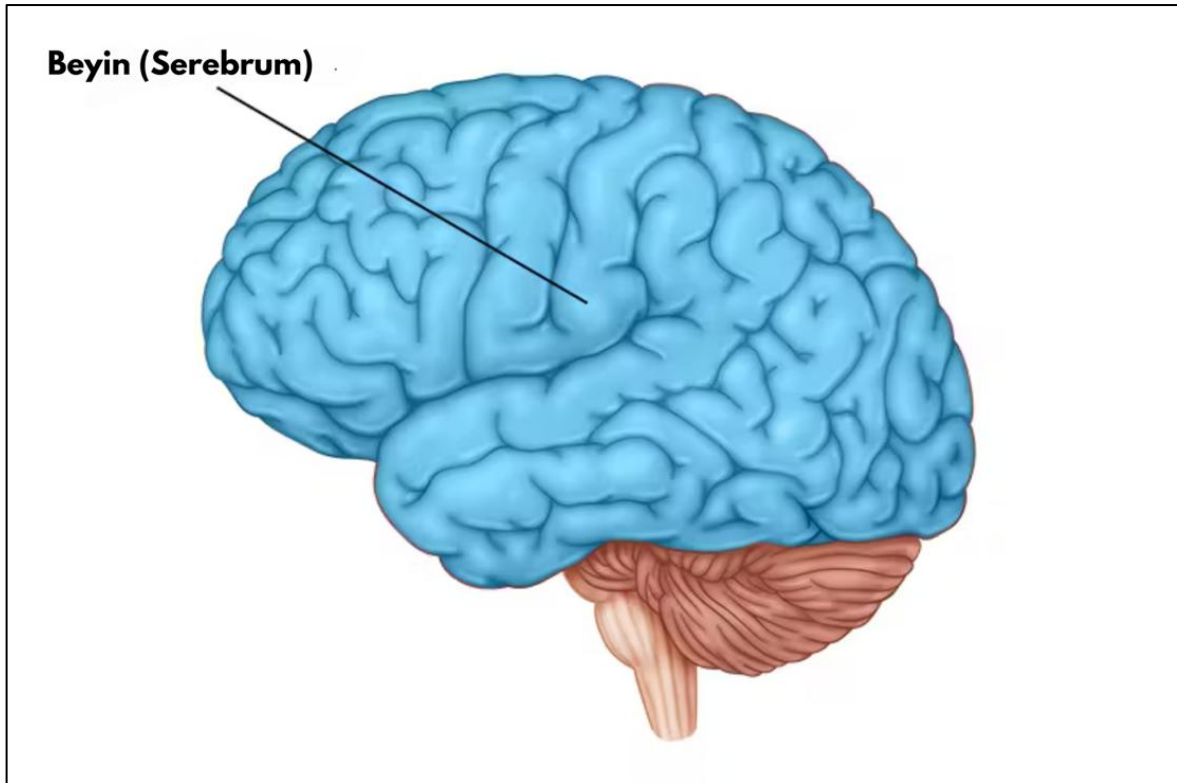
Şekil 2.8. Beyincik (Flintrehab, 2022)

2.7.3. Beyin (Serebrum)

Beynin temel parçaları yapı itibariyle çeşitli şekillerde kategorize edilebilmektedir. Pembe-gri bir yapıya sahip olan ve beynin tüm hacminin $\frac{3}{4}$ 'ünden fazlasını oluşturan baskın bölüm serebrum olarak ifade edilmektedir. Telensefalon olarak da ifade edilen serebrum; iki

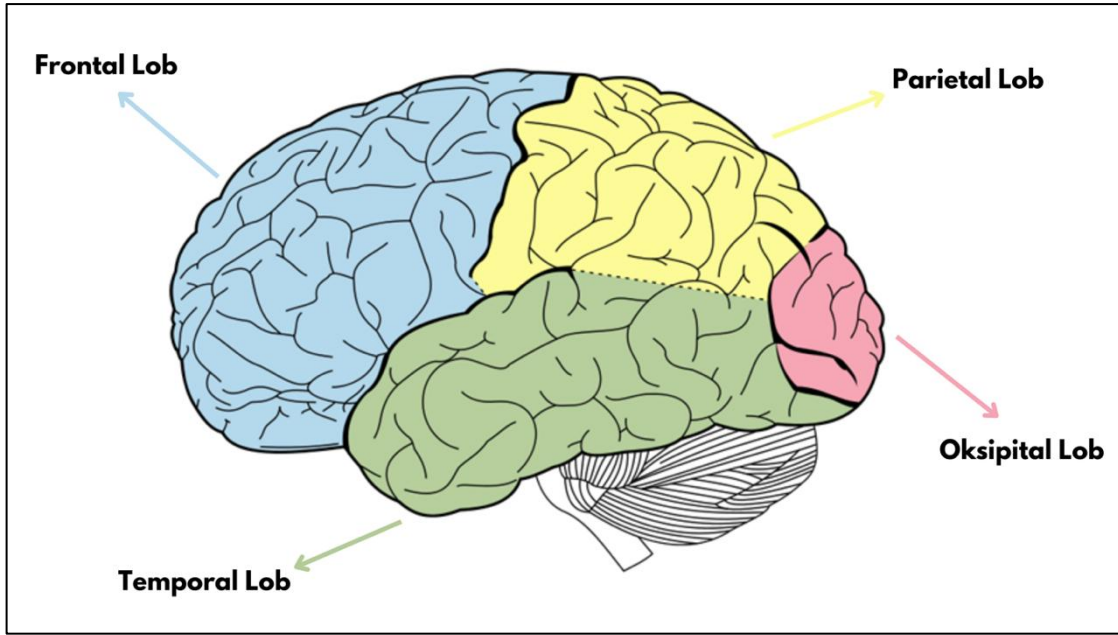
serebral yarımküre, bazal gangliyon ve hipokampusü bünyesinde barındırmaktadır (Clark ve diğerleri, 2010).

Beyin oldukça kompleks bir anatomik bir yapıya sahip olup çeşitli karmaşık fonksiyonların düzenlenmesinden sorumludur. Serebral yarımküreler; beynin 2/3'ünü kaplamakta ve hemen hemen beyin içindeki tüm yapıların üzerini örtmektedir. Serebral yarımküreler işlevsel olarak motor kontrol, düşünme, dil, algı, duygusal düzenleme ve problem çözme gibi karmaşık işlemlerden sorumludur. Ayrıca beyine iletilen bilgilerin işleme, bellek oluşturma ve değerlendirme gibi bilişsel bakımdan yüksek düzeydeki işlemlerin meydana gelmesinde oldukça önemli bir rol oynamaktadır (Carter, 2019; Clark ve diğerleri, 2010). Bazal gangliyonlar karmaşık motor hareketlerin uygulanımını ve denetimini sağlamaktadır. Özellikle hareketlerin hızlarının kontrolü gibi yüksek motor denetim mekanizmasına da sahiptir. Hipokampus temel olarak mekânsal farkındalık, anıların oluşumu ve geri çağırılmasından görevli bir yapıya sahiptir. Ayrıca geçici bilginin ezberlenerek uzun süreli belleğe gönderilmesinde kilit rol oynamaktadır. Genel itibariyle belirtilen bölgelerden oluşan beyin birbirleri arasındaki etkileşim ve işlevleriyle MSS'nin üst düzey kontrol mekanizmasını ifade etmektedir (Carter, 2019; Clark ve diğerleri, 2010).



Şekil 2.9. Beyin (Flintrehab, 2021)

Beynin en baskın ve en dış tabakasını oluşturan serebral yarımküreler sağ ve sol hemisferinden oluşan iki bölümü kapsamakta ve dört anatomik bölgeden meydana gelmektedir. Bunlar; frontal lob, parietal lob, temporal lob ve oksipital lob şeklinde sıralanmaktadır. Lobların konumlarını incelediğimizde frontal lob, beynin alın arkasında kalan ön bölümde; parietal lob, frontal lobun arkasında; temporal lob, şakakların arkasında ve oksipital lob ise beynin arka kısmı olan ensenin üzerinde yer aldığı gözlemlenmektedir (Carter; 2019).



Şekil 2.10. Beyin loblarının konumları (QBI, 2023)

Beyin her yer alan her lob etkileşim içerisinde olmakla beraber çeşitli görevlerden sorumludur. Lobların sorumlu oldukları işlevler aşağıda yer alan tablo Çizelge 2.4.de belirtilmiştir.

Çizelge 2.4. Beyinde bulunan loblar ve işlevleri

Lob	İşlevi
Frontal	Karar verme, problem çözme, planlama, hareket, kişilik, duygusal kontrol ve sosyal etkileşim benzeri üst düzey bilişsel işlevleri düzenler.
Parietal	Beden farkındalığı, mekânsal yönelim ve duyuşsal bilginin işlenmesi işlevleri düzenler.
Temporal	Duyma, işleme, dil, öğrenme ve uzun süreli hafızanın oluşumu işlevlerini düzenler.
Oksipital	Görsel uyarınları yorumlama, görsel algı ve hafıza ilişkilendirme işlevlerini düzenler.

Loblar yaşamın devamlılığını sağlayabilme işlevlerinin yanında sportif performansın belirlenmesinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Sportif performans ve lobların arasındaki

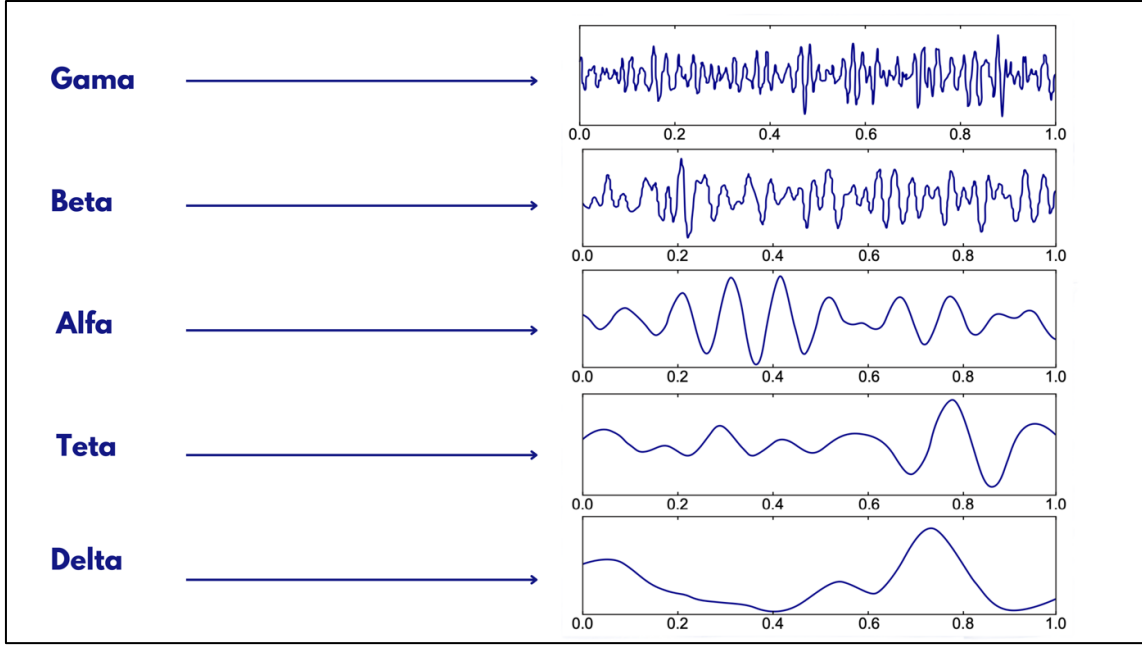
ilişki incelendiğinde frontal lobun müsabaka esnasındaki karar verme süreçlerinde oldukça önemli bir rol oynadığı söylenebilir. Örneğin futbol müsabakasındaki penaltı atışında kalecinin kurtarışı yapabilmesi için herhangi bir yöne atlamayı karar vermesi gerekmektedir. Bu noktada frontal bölge aktif bir şekilde işlevini yerine getirerek kalecinin hangi yöne atlaması gerektiğine dair iletiyi MSS ile kaslara ileticek ve kaleci bu ileti doğrultusunda harekete geçecektir. Parietal lobun sportif performanstaki yeri incelendiğinde ise; sporcuların çevre kontrol süreçlerinde kilit rol oynadığı söylenebilir. Buna örnek olarak; bir basketbol müsabakasında sporcunun smaç atmak için yükselmeden önce parietal lobun kendine blok yapabilecek rakip oyunların konumlarını analizi doğrultusunda kendisine blok yapamayacaklarına karar vermesi sonucu sporcunun smaç atması verilebilir. Temporal lobun sportif performanstaki yeri incelendiğinde ise; çevreden gelen uyarıların hızlı bir şekilde işlenip yorumlanması bakımından oldukça önemli bir yere sahiptir. Bu duruma örnek olarak; bir güreş müsabakasında sporcunun, rakibi tarafından gönderilen yanıltıcı uyarıların aslında minderin dışına itildiğini fark ederek bu durumun gerçekleşmesini engellemek için karşı hamle yapması verilebilir. Son olarak oksipital lob ile sportif başarı arasındaki ilişki incelendiğinde ise; özellikle görsel algının ön planda olduğu branşlarda önemli bir role sahip olduğu söylenebilir. Buna örnek olarak; bir okçuluk müsabakasında sporcunun hedefle kendi arasındaki mesafeyi, rüzgârın hızını ve oku atmayı planladığı bölgeyi göz önünde bulundurarak atış yapması verilebilir.

2.8. Elektroensefalografi

Elektroensefalografi (EEG) kafa derisi üzerine konumlandırılan elektrotlar ile beyinde meydana gelen elektriksel aktivitelerin izlenmesini ve kaydedilmesini sağlayan bir görüntüleme tekniğidir (Xu ve Zhong, 2018). Bu teknik genellikle klinik ortamda uygulanmakta olup; alzheimer, parkinson, epilepsi ve demans gibi nörolojik rahatsızlıkların takibi için kullanılmaktadır (Mormann ve diğerleri, 2000). Fakat son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle birlikte klinikte kullanılan klasik kablolu EEG cihazlarını yerini mobil EEG cihazlarına bırakmıştır. Mobil EEG cihazlarının yaygınlaşması ile birlikte bu teknik birçok alanda daha aktif bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Park ve diğerleri, 2015). EEG cihazı ile elde edilen verilerin çeşitli yöntemler ile analiz edilmektedir. Bu yöntemler genel itibarıyla; frekans alanı, zaman alanı, zaman-frekans alanı, konnektivite, uyarılmış potansiyeller ve olay ilişkili potansiyeller şeklinde sınıflandırılabilir (Zhang ve diğerleri, 2023).

2.9. Frekans Bantları

EEG’de temel olarak beş ayrı frekans bandı bulunmaktadır. Bu frekans bantları; delta (0.5-4 Hz), teta (4-8 Hz), alfa (8-13 Hz), beta (13-30 Hz) ve gama (30-40 Hz) şeklinde sıralanmaktadır (Abhang ve diğerleri, 2016). Beyin aktivasyonlarının anlamlandırılarak değerlendirilmesinde frekans bantları oldukça önemli bir role sahiptir.



Şekil 2.11. Delta, teta, alfa, beta ve gama frekans örnekleri (Abhang ve diğerleri, 2016)

2.9.1. Delta frekansı

Delta frekansı 0.1 ila 4 Hz arasında meydana gelen salınımları ifade etmektedir. Delta frekansının özellikle uyku süresince ve aşamalarında belirginleştiği gözlemlenmektedir. Bu bağlamda delta frekansındaki değişkenlikler uyku ile ilgili bizlere bilgi vermektedir. EEG delta frekanslarının analizleri uyku kalitesi, uyku süresi ve uyku ile ilişkili parametrelerinin yorumlanmasında oldukça önemli bir rol oynamaktadır (Abhang ve diğerleri, 2016; Hall ve Hall, 2020).

2.9.2. Teta frekansı

Teta frekansı 4 ila 7 Hz arasında meydana gelen salınımları ifade etmektedir. Teta frekansı uyku ile uyanıklık arasındaki süreçte belirginleşmektedir. Yapılan araştırmalarda teta

frekansı; içsel odaklanma ve ruhsal farkındalık ile ilişkili olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca teta frekansının odaklanmış dikkat ve konsantrasyon işlemleriyle de arttığı tespit edilmiştir (Abhang ve diğerleri, 2016; Kumar ve Bhuvanewari, 2012).

2.9.3. Alfa frekansı

Alfa frekansı 7 ila 13 Hz arasında meydana gelen salınımları ifade etmektedir. Alfa frekans bandı gözler kapalı durumdayken ve bireyin dinlenme veya meditasyon durumlarında belirginleştiği gözlemlenmektedir. Bu frekanslar aynı zamanda görsel uyarılar karşısında dikkatin azalarak içsel odaklanmaya yöneldiği durumları ifade etmektedir (Chéron ve diğerleri, 2006).

2.9.4. Beta frekansı

Beta frekansı 13 ila 30 Hz arasında meydana gelen salınımları ifade etmektedir. Beta frekansının dikkat gerektiren işlevler esnasında belirginleştiği gözlemlenmektedir. Beta frekansının yüksek düzeyde olması düşünme süreçleri, motor kontrol ve odaklanma ile ilişkilendirilmektedir (Abhang ve diğerleri, 2016; Neuper ve Pfurtscheller, 2001). Ayrıca Beta frekans bandını geniş bir frekans aralığına sahip olduğu için birçok araştırmada Beta 1 (Düşük Beta Dalgaları), Beta 2 (Orta Aralıklı Beta Dalgaları) ve Beta 3 (Yüksek Beta Dalgaları) şeklinde ayrılarak incelenmektedir. Beta 1 genellikle sessiz, odaklanmış, içe dönük konsantrasyonla; Beta 2 kaygı, aktif konsantrasyon ve sorun çözme ile; Beta 3 ise yoğun zihinsel aktiviteler, yüksek uyanıklık ve karar verme süreçleri ile ilişkilendirilmektedir (Kaiser ve diğerleri, 2017; Neuper ve Pfurtscheller, 2001).

2.9.5. Gama frekansı

Gama frekansı >30 Hz arasında meydana gelen salınımları ifade etmektedir. Gama frekansının üst düzey bilişsel aktivite, hafıza, motor aktiviteler ve seçici dikkat süreçlerinde belirginleştiği gözlemlenmektedir. Gama frekansının özellikle bilgiye odaklı işleme süreçlerinde oldukça önemli bir rol üstlendiği bilinmektedir (Merker, 2013; Kumar ve Bhuvanewari, 2012).

2.10. Beyin Bağlantısallığı

Serebrumda bulunan farklı bölge ve birimler arasındaki etkileşim beyin bağlantısallığı olarak ifade edilmektedir (Sporns, 2007). Özellikle son yıllarda yapılan araştırmalarda serebrumda bulunan bölgelerin izole olarak çalışmadığı ve birbirleri arasında çok yönlü bağlantı olduğu gözlemlenmektedir (Friston, 2011; Sporns, 2007). Beyin parçalarının veya beynin içerden veya dışardan gelen herhangi bir uyarana, dinlenmeye veya çeşitli değişken durumlara nasıl karşılık verdiğini analiz etmek ve yorumlamak adına beyin bağlantısallığı araştırmaları oldukça önem arz etmektedir. Ayrıca beyin bağlantısallığı modellemeleri ile nöron ağlarının bilgiyi işleme süreçleri hakkında çeşitli bilgiler elde edilebilmektedir. Örneğin birçok MSS bozukluğunda beyinde meydana gelen tepkiler benzer olduğu için bağlantısallık kalıpları benzerlik gösterebilmektedir. Bu bozukluğa sahip olan bireylerin benzer beyin bağlantıları göstermesi durumunda MSS bozukluğu erken teşhis edilebilmektedir (Erkuş, 2017). Beyin bağlantısallığı genel olarak üç yöntem ile incelenmektedir. Bu yöntemler; yapısal bağlantısallık, işlevsel bağlantısallık ve etkin bağlantısallık olarak sıralanmaktadır. Yapısal bağlantısallık; nöronlar veya nöron grupları ile beyin bölgeleri arasındaki anatomik bağlantıları tanımlamayı sağlamaktadır. Bir diğer bağlantısallık inceleme yöntemi olan işlevsel bağlantısallık; beyinde bulunan bölgelerin fiziksel olarak yakınlıklarından ayrı olarak, çeşitli aktiviteler esnasında bölgelerin birbirleri nasıl ve ne derece etkilediğini inceleyen analiz yöntemidir. Son olarak etkin bağlantısallık ise; farklı beyin bölgelerinin birbirleri üzerine uygulamış olduğu nedensel ilişkileri inceleyen analiz yöntemidir (Sporns, 2007; Şimşek ve diğerleri, 2021).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Araştırma Grubu

Araştırmaya elit düzeyde faaliyet gösteren atıcılık, badminton, basketbol, cimnastik, futbol, korumalı futbol, karate, taekwondo, tenis, yüzme ve voleybol branşlarından 3'er kişi olmak üzere toplam 33 (17 kadın, 16 erkek) sporcu dahil edildi. Araştırmaya dahil edilen sporcuların yaş ortalamaları 21.4 ± 1.8 yıl, spor öz geçmiş ortalamaları ise 9.4 ± 2.9 yıl olarak tespit edildi. Sporcular geleneksel HIIT (11), reaksiyon temelli HIIT (11) ve kontrol gruplarına (11) eşit ve randomize bir şekilde dağıtıldı. Sporculara ölçüm ve HIIT uygulamalarından önce araştırma hakkında bilgilendirme yapıldı. Araştırmaya katılımında gönüllülük esas altında ve araştırmaya dahil edilen tüm sporculardan imzalı bilgilendirilmiş onam formunu alındı. Bu araştırma Gazi Üniversitesi Etik Komisyonu E-77082166-302.08.01-904780 sayılı izni ile yapılmış olup araştırma Helsinki Bildirgesine uygun bir şekilde yürütüldü.

Çizelge 3.1. Katılımcılar ait demografik bilgiler

Grubu	Katılımcı Sayısı	Cinsiyete Göre Dağılım	Yaş (Yıl)	Spor Özgeçmişi (Yıl)
Geleneksel HIIT	11	6 Kadın 5 Erkek	21.3 ± 1.6	9.3 ± 3.2
Reaksiyon Temelli HIIT	11	6 Kadın 5 Erkek	21.64 ± 1.2	10.6 ± 2.4
Kontrol	11	5 Kadın 6 Erkek	21.36 ± 2.5	8.3 ± 3.0

3.2. Araştırmaya Dahil Etme ve Dışlama Kriterleri

Araştırmaya dahil edilme kriterleri;

- 18-25 yaş aralığında olma,
- Faaliyet göstermiş olduğu branşta en az 5 yıl spor öz geçmişine sahip olma,
- Aktif olarak antrenman rutinlerini gerçekleştiriyor olma,
- Fiziksel veya bilişsel performansı etkileyebilecek herhangi bir akut rahatsızlığının bulunmaması,
- Beyin travma öyküsünün bulunmaması,
- Renk körlüğünün olmaması şeklinde belirlenmiştir.

Araştırmadan dışlanma kriterleri ise;

- Araştırmadan önceki 24 saatlik süreçte kafein veya alkol benzeri uyarıcı etkiye sahip madde kullanmış olma,
- Nörojenik ve psikotik ilaçlar kullanılması,
- Ölçüm veya HIIT esnasında baş dönmesi veya göz kararması gibi sağlık sorunlarının görülmesi,
- Sporcunun yapması gereken HIIT protokolünü tamamlayamaması şeklinde belirlenmiştir.

3.3. Araştırma Tasarımı

Sporcular randomize bir şekilde geleneksel HIIT, reaksiyon temelli HIIT ve kontrol gruplarına eşit bir şekilde dağıtıldı. Sporcuların ölçümleri için 11 ardışık günden oluşan bir ölçüm takvimi oluşturuldu. Sporcular günlük olarak bu takvim içerisinde 11.00-13.00, 13.00-15.00 ve 15.00-17.00 seanslarına yerleştirildi. Bu süreç boyunca her gruptan 1 sporcu olmak üzere günlük toplam 3 sporcunun ölçümü alındı.

Çizelge 3.2. Ölçüm takvimi

Gün	11.00-13.00	13.00-15.00	15.00-17.00
1.Gün	G HIIT 1	RT HIIT 1	K 1
2.Gün	K 2	G HIIT 2	RT HIIT 2
3.Gün	RT HIIT 3	K 3	G HIIT 3
4.Gün	G HIIT 4	RT HIIT 4	K 4
5.Gün	K 5	G HIIT 5	RT HIIT 5
6.Gün	RT HIIT 6	K 6	G HIIT 6
7.Gün	G HIIT 7	RT HIIT 7	K 7
8.Gün	K 8	G HIIT 8	RT HIIT 8
9.Gün	RT HIIT 9	K 9	G HIIT 9
10.Gün	G HIIT 10	RT HIIT 10	K 10
11.Gün	K 11	G HIIT 11	RT HIIT 11

G HIIT: Geleneksel HIIT; RT HIIT: Reaksiyon Temelli HIIT; K: Kontrol

Sporcuların ölçüm için hazır hale gelebilmeleri için başlarına uygun boyuttaki EEG kepleri belirlenerek takıldı. Sporculardan 2 dakikalık gözler açık dinlenme durumu EEG kayıtları alındı. Dinlenme kayıtlarının hemen akabinde 100 görselden oluşan Stroop Testi (%50 uyumlu) bilgisayar ortamında uygulandı ve eş zamanlı olarak EEG kayıtları alındı. Geleneksel ve reaksiyon temelli HIIT grubunda yer alan sporcular Stroop Testinin ön ölçümleri tamamlandıktan sonra nabız takiplerini sağlamak için göğüs bölgelerine nabız

kontrol sensörü yerleştirildi. Sporculara 5 dakikalık hafif koşu ile ısınma ve açma germe hareketleri uygulandı. Isınma sürecinin sonunda ise sporculara gruplarına göre 10 dakikalık HIIT uygulandı. HIIT'in tamamlanmasının hemen akabinde algılanan zorluğun tespiti için Borg Skalası uygulandı. Kontrol grubu ise ısınma ve HIIT toplam süresi olan 15 dakika boyunca herhangi bir fiziksel veya bilişsel aktivitede bulunmadan sadece oturdu. 15 dakikalık sürecin sonunda tüm grupların EEG ile eş zamanlı olan Stroop son testleri alınarak ölçüm süreci tamamlandı. Araştırmaya ait tüm ölçümler Gazi Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Güreş Salonunda, saat 11.00-17.00 saatleri arasında gerçekleştirildi. Ölçümler sırasında ortam sıcaklığı ortalama 23.1°C (± 0.17) olarak belirlendi.

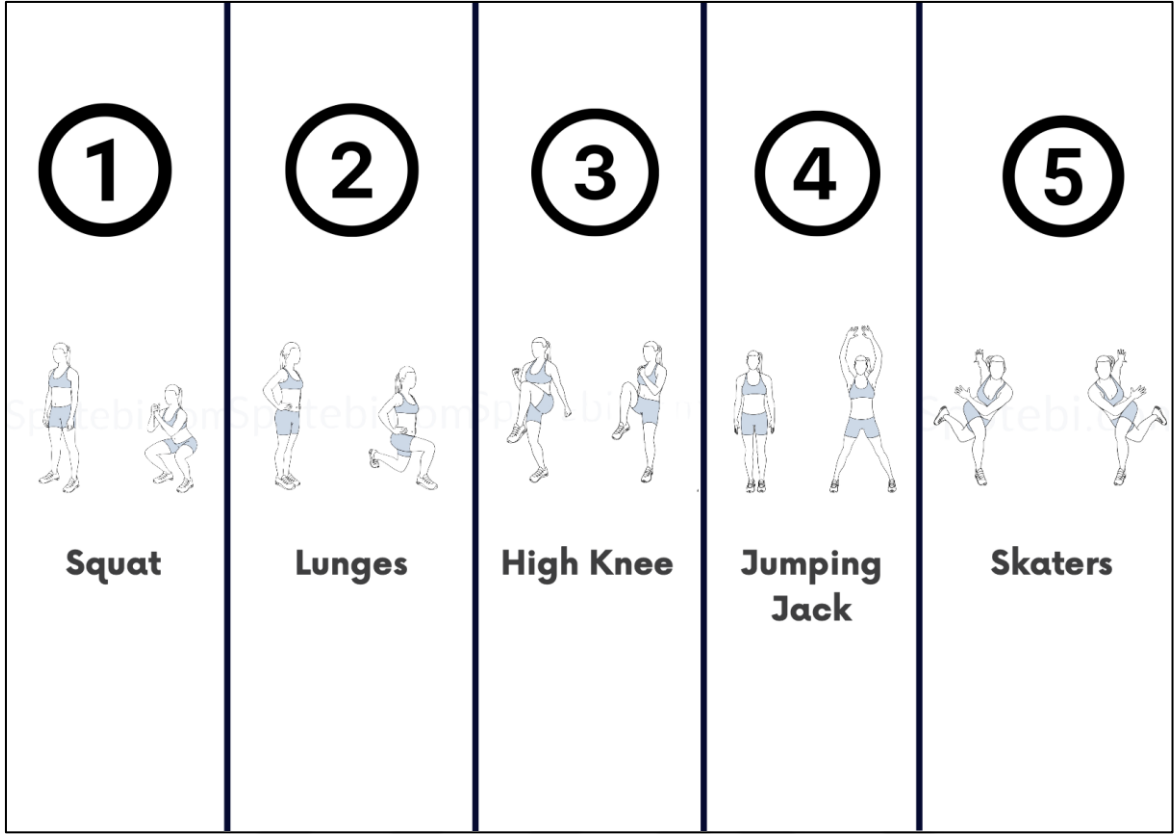
Çizelge 3.3. Gruplara göre ölçüm ve uygulama sıralaması

Grup	Ölçüm ve Uygulama Sıralaması						
Geleneksel HIIT Grubu	>	2 Dakikalık Gözler Açık Dinlenme Durumu EEG Ölçümü	Stroop Ön Test (EEG ile Eş Zamanlı)	5 Dakikalık Isınma	10 Dakikalık Geleneksel HIIT	Borg Skalası	Stroop Son Test (EEG ile Eş Zamanlı)
Reaksiyon Temelli HIIT Grubu	>	2 Dakikalık Gözler Açık Dinlenme Durumu EEG Ölçümü	Stroop Ön Test (EEG ile Eş Zamanlı)	5 Dakikalık Isınma	10 Dakikalık Reaksiyon Temelli HIIT	Borg Skalası	Stroop Son Test (EEG ile Eş Zamanlı)
Kontrol Grubu	>	2 Dakikalık Gözler Açık Dinlenme Durumu EEG Ölçümü	Stroop Ön Test (EEG ile Eş Zamanlı)	15 Dakika Oturma		Stroop Son Test (EEG ile Eş Zamanlı)	

3.4. HIIT Uygulamaları

3.4.1. Geleneksel HIIT

Geleneksel HIIT grubundaki sporcular maksimal kalp atımının %85'i ile HIIT protokolünü gerçekleştirdi. Sporcunun hangi hareketi hangi sırayla yapacağını gösteren hareket kılavuzu sporcunun hareketleri rahatlıkla görebileceği boyutta duvara asıldı. Sporcuların hangi hareketi nasıl yapılacağı uygulamadan önce araştırmacı tarafından gösterildi.



Şekil 3.1. Geleneksel HIIT grubunun hareket kılavuzu

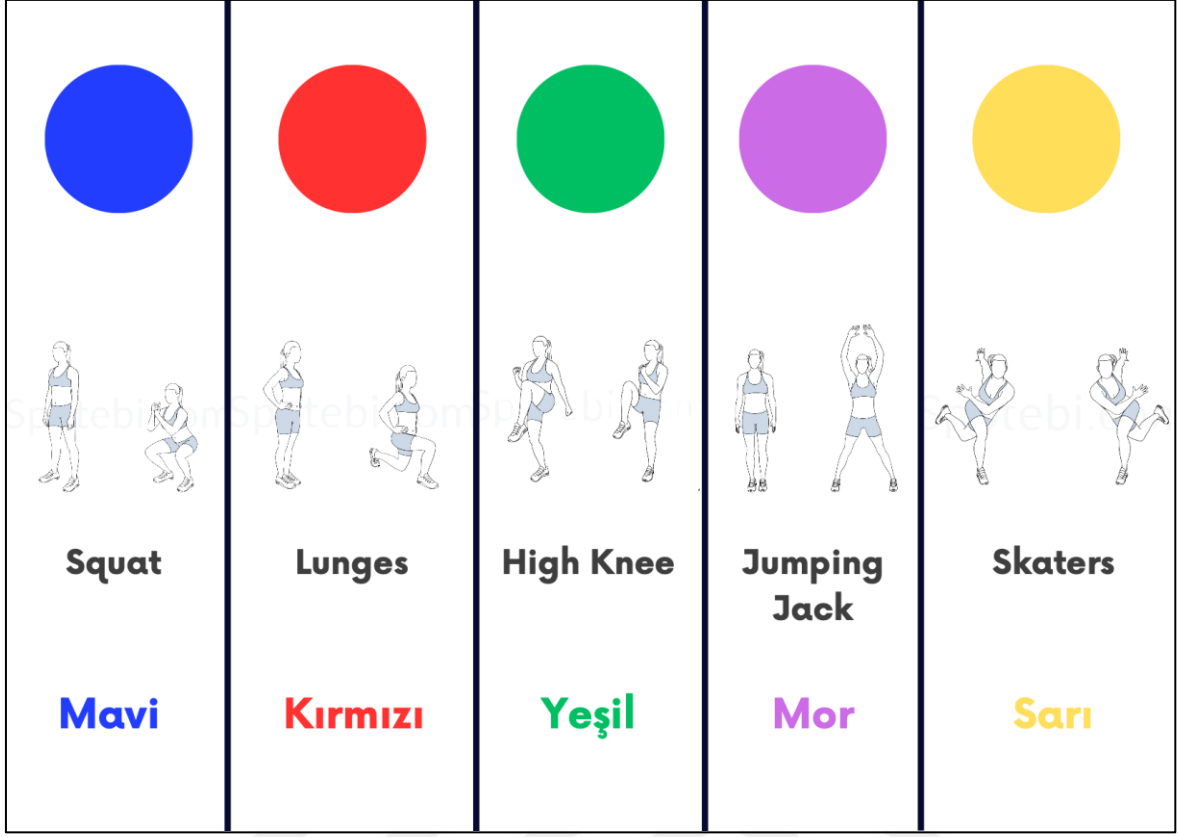
Sporcuların göğüs bölgesine yerleştirilen nabız kontrol sensörü ile kalp atım hızları takip edildi ve kalp atım hızının istenen düzeyin altında veya üstünde olması durumunda sporcuya uyarıda bulunarak kalp atım hızı istenen seviyede tutuldu. 20 saniye belirlenen hareket 10 saniye dinlenme olacak şekilde 10 hareket döngüsü oluşturuldu ve bu döngü arada bir dakika dinlenme olacak şekilde iki kez tekrar edildi. HIIT protokolünde bulunan tüm hareketler egzersiz sürecince dinamik bir şekilde uygulandı.

Çizelge 3.4. Geleneksel HIIT egzersiz protokolü

Egzersizin Adı	Yapılış Süresi	Dinlenme
Squat	20 sn	10 sn
Lunges	20 sn	10 sn
High Knee	20 sn	10 sn
Jumping Jack	20 sn	10 sn
Skaters	20 sn	10 sn
Squat	20 sn	10 sn
Lunges	20 sn	10 sn
High Knee	20 sn	10 sn
Jumping Jack	20 sn	10 sn
Skaters	20 sn	10 sn
1 Dakika Dinlenme		
Squat	20 sn	10 sn
Lunges	20 sn	10 sn
High Knee	20 sn	10 sn
Jumping Jack	20 sn	10 sn
Skaters	20 sn	10 sn
Squat	20 sn	10 sn
Lunges	20 sn	10 sn
High Knee	20 sn	10 sn
Jumping Jack	20 sn	10 sn
Skaters	20 sn	10 sn

3.4.2. Reaksiyon temelli HIIT

Geleneksel HIIT grubundaki sporcular maksimal kalp atımının %85'i ile HIIT protokolünü gerçekleştirdi. Sporcuların karşısındaki duvara 5 saniyede bir renk (mavi, kırmızı, yeşil, mor, sarı) değiştirmeye programlanmış Fitlight Trainer (Ontario/Kanada) ışık sensörü yerleştirildi. Böylelikle 20 saniye boyunca sensörde 4 farklı renk yanacak ve 4 farklı hareket yapılacak şekilde protokol dizayn edildi. Sensörün hemen üzerine hangi rengin hangi hareketi temsil ettiğini ifade eden hareket kılavuzu sporcunun hareketleri rahatlıkla görebileceği boyutta duvara asıldı. Sporcuların hangi hareketi nasıl yapılacağı uygulamadan önce araştırmacı tarafından gösterildi.



Şekil 3.2. Reaksiyon temelli HIIT grubunun hareket kılavuzu

Sporcuların göğüs bölgesine yerleştirilen nabız kontrol sensörü ile kalp atım hızları takip edildi ve kalp atım hızının istenen düzeyin altında veya üstünde olması durumunda sporcuya uyarıda bulunarak kalp atım hızı istenen seviyede tutuldu. 20 saniye boyunca sensörden yanan renklere göre hareket 10 saniye dinlenme olacak şekilde 10 hareket döngüsü oluşturuldu ve bu döngü arada bir dakika dinlenme olacak şekilde iki kez tekrar edildi. HIIT protokolünde bulunan tüm hareketler egzersiz sürecince dinamik bir şekilde uygulandı.

Çizelge 3.5. Reaksiyon temelli HIIT egzersiz protokolü

Renkler		Karşılığı Hareket	
Mavi		Squat	
Kırmızı		Lunges	
Yeşil		High Knee	
Mor		Jumping Jack	
Sarı		Skaters	
Egzersiz Adı	Yapılış Süresi	Dinlenme	
Işıkların Rengine Göre Belirlenecek	20 sn	10 sn	
	20 sn	10 sn	
	20 sn	10 sn	
	20 sn	10 sn	
	20 sn	10 sn	
	20 sn	10 sn	
	20 sn	10 sn	
	20 sn	10 sn	
	20 sn	10 sn	
	20 sn	10 sn	
1 Dakika Dinlenme			
Işıkların Rengine Göre Belirlenecek	20 sn	10 sn	
	20 sn	10 sn	
	20 sn	10 sn	
	20 sn	10 sn	
	20 sn	10 sn	
	20 sn	10 sn	
	20 sn	10 sn	
	20 sn	10 sn	
	20 sn	10 sn	
	20 sn	10 sn	

3.5. Veri Toplama Araçları

3.5.1. EEG cihazı

EEG verileri Mentalab Explore EEG cihazı (Mentalab US LLC, San Diego, CA) aracılığıyla elde edildi. Elektrot olarak gümüş/gümüş klorür (Ag/AgCl) tercih edildi. Elde edilen veriler Mentalab Explore yazılımı (sürüm 0.2.3, Münih) kullanılarak kaydedildi. S veya M boyutlarındaki EEG kepleri sporcuların başlarına uygun olacak şekilde tercih edildi. Elektrotlar EEG başlığı üzerindeki 10-20 elektrot konum sistemine göre F3, F4, C3, C4, O1, O2, T7, T8 ve M1 bölgelerine yerleştirildi. Toprak (referans) elektrodu sol kulak lobülüne yerleştirildi. Deri-elektrot impedans düzeyini düşürmek için kafa derisi üzerindeki elektrot konumları hazırlık jeli (Nuprep, Weaver and Co., Aurora CO) aracılığıyla kayıt almaya uygun hale getirildi. Araştırma boyunca veriler kontrol edilerek impedans seviyesi 10 k Ω 'un altında tutuldu. Veriler, 500 Hz örnekleme oranında ve çevrimiçi olarak 1–40 Hz bant geçiren filtre ve 50 Hz çentik filtresi ile kaydedildi.



Resim 3.1. Mentalab Explore EEG cihazı (Dirik ve diğeri, 2023)

3.5.2. Stroop testi

Psikofizyolojik bir test bataryası olan stroop testi bilişsel esnekliği, seçici dikkati ve engelleyici kontrolü ölçmektedir (Dvorak, 2024; Siegrist, 1997). Stroop Testi bilgisayar üzerinden EEG ölçümleri ile eş zamanlı gerçekleştirildi. Test %50 uyumlu (örneğin mavi yazı rengi ile yazılmış MAVİ) ve %50 uyumsuz (örneğin sarı veya yeşil yazı tipiyle yazılmış KIRMIZI) olmak üzere toplam 100 uyarandan oluşmaktaydı. Sporcular bilgisayar ekranına gelen uyarıyı daha önceden klavyede harflere atanmış renklere basarak yanıtladı. Sporcular 10 uyarandan oluşan deneme testini tamamladıktan sonra asıl testi gerçekleştirdi.

3.5.3. Kalp atım hızının takibi

Sporcuların maksimum kalp atım hızları Karvonen Formülü ($220 - \text{yaş}$) ile belirlendi. Böylelikle sporcuların maksimum kalp atımının %85 seviyesinde HIIT protokolünü uygulamaları sağlandı. Sporcuların kalp atım hızları ise Polar H9 HRV sensörü aracılığıyla tespit edildi. Giyilebilir göğüs kemeri ile sporcuların göğüs bölgesine yerleştirilen bu cihaz yüksek hassasiyet ve doğrulukta altın orana sahiptir. Ayrıca gerçek zamanlı kalp atış hızlarını bluetooth aracılığıyla mobil uygulamada takip edebilme özelliğine sahiptir. Bu nedenle her iki HIIT protokolünün uygulanmasında da sporcuların kalp atım hızlarının takibi bu cihaz ile gerçekleştirildi.



Resim 3.2. Polar H9 kalp atış sensörü (Polar, 2025)

3.5.4. Reaksiyon cihazı

Işıklı egzersiz ve reaksiyon ölçüm cihazı olan Fitlight Trainer (Ontario/Kanada) 6 adet sensörlü ışık ve 1 kontrol modülünü bünyesinde barındırmaktadır. Fitlight Trainer'ın içerisinde çeşitli test ve egzersiz programları bulunmakla birlikte amaca ve örneklem grubuna göre protokoller oluşturulabilmektedir. Bu nedenle reaksiyon temelli HIIT protokolünün uygulanmasında Fitlight Trainer (Ontario/Kanada) reaksiyon cihazı kullanıldı. Cihazın ışıklı sensörü sporcunun kolaylıkla görebileceği şekilde karşısında bulunan duvara yerleştirildi. Cihaz her 5 saniyede bir mavi, kırmızı, yeşil, mor veya sarı renklerde yanacak şekilde programlandı. Böylelikle egzersizin uygulanacağı 20 saniye boyunca cihaz randomize bir şekilde 4 kez renk değiştirdi ve sporcular renklerin temsil ettiği 4 hareketi yapmış oldu. Her 20 saniyenin sonunda 10 saniye boyunca hiçbir renk yanmamaya programlanan cihaz 10 saniye sonunda 5 saniyede bir randomize bir şekilde yanmaya devam etti.



Resim 3.3. Fitlight trainer reaksiyon cihazı (Fitlight, 2025)

3.5.5. Borg skalası

Sporcuların HIIT'in hemen sonrasında algılamış oldukları zorluk Borg Skalası (1-10) ile belirlendi. Borg skalası fiziksel aktivite esnasında bireyin algılamış olduğu zorluğun tespiti için kullanılan bir skaladır. Birey aktivitenin hemen sonunda aktiviteyi 1 ile 10 arasında puanlamaktadır. 1 düşük yoğunluğu ifade ederken 10 ise yüksek yoğunluğu ifade etmektedir. Yapılan araştırmalarda algılanan zorluk seviyesi ile zirve oksijen tüketimi yüzdesi, kalp atım rezerv yüzdesi ve kan laktat seviyelerinin ilişkili olduğu ve artan egzersiz şiddeti ile doğru orantılı bir şekilde arttığı tespit edilmiştir (Borg, 1998).

3.6. Verileri Analizi

3.6.1. EEG verilerinin analizi

Toplanan EEG verileri MATLAB R2023a yazılımı (MathWorks, Natick, MA, USA) ve EEGLAB v2022 paketi kullanılarak işlendi (Delorme ve Makeig, 2004). İlk olarak, veriler, finite impulse response (FIR) ile (zero-phase, non-causal) 1-35 Hz aralığında filtrelendi. Stroop task sırasında elde edilen epoklar ayrıştırıldı ve büyük artefaklar ($100\mu\text{V}$) veriden dışlandı. Ayrıştırılan verilerde mevcut olan kontaminasyonlar (göz kırpması, hareket) EEGLAB içerisindeki Runic algoritması kullanılarak saptandı ve veriden çıkarıldı. Ardından artefaksız verilere hacim iletim etkisini minimize etmek için yüzey laplasyan

filtresi uygulandı. Ardından sinyaller teta (4-7 Hz), alfa (7-13Hz), beta1 (13-18Hz), beta2 (18-24Hz) beta3 (24-30Hz) olarak frekans bantlarına ayrıldı. Her bir frekansa ilişkin 28 elektrot çiftine ait verilere faz kilitleme değeri yöntemi uygulandı ve her elektrot çiftine ait faz eşleşmeleri hesaplandı. Faz kilitleme değerlerinin hesaplanmasında ilk olarak filtrelenmiş sinyaller belirtilen frekans bantlarına ayrıldı, ardından Hilbert dönüşümü ile dönüştürüldü ve sinyal fazı orijinal ve dönüştürülmüş sinyaller kullanılarak hesaplandı. Ardından iki sinyal arasındaki ortalama faz farkı hesaplanarak istatistiksel analiz için değerlendirmeye alındı.

$$\widehat{\text{PLV}}_{\text{sample}} \triangleq \left| \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N e^{j\Delta\varphi_n(t)} \right|$$

Şekil 3.3. PLV analizinin formülleştirilmiş hali

Şekil 3.3.'de PLV analizinin formülleştirilmiş hali yer almaktadır. Burada, n deneme numarasını N ise toplam deneme sayısını göstermektedir.

3.6.2. İstatistiksel analiz

Verilerin analizi için R (versiyon 4.1.2) ve SPSS (version 30.0) istatistik programları kullanıldı. Verilerin analizinde iki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA (two-way repeated measures ANOVA) uygulandı. Bu analiz ile grup (kontrol, geleneksel HIIT, reaksiyon temelli HIIT), zaman (ön test, son test) ve durum (uyumlu, uyumsuz) değişkenleri arasındaki etkileşimler incelendi. ANOVA öncesinde normallik varsayımı Shapiro-Wilk testi ile değerlendirildi ve varyans homojenliği Mauchly'nin Sphericity Testi ile kontrol edildi. Sphericity varsayımı ihlal edildiğinde Greenhouse-Geisser düzeltmesi uygulandı. Anlamli etkileşimlerin bulunduğu durumlarda Bonferroni ile düzeltildi ve post-hoc testleri uygulanarak gruplar arasındaki farklar detaylı olarak incelendi. Grupların algılanan zorluk dereceleri ve ortalama kalp atım hızlarının karşılaştırılmasında ise bağımsız gruplar T- Testi (independent samples T-Test) uygulandı. Bu araştırma için istatistiksel anlamlılık değeri $p < 0,05$ olarak kabul edildi.



4. BULGULAR

4.1. Bağlantısallık Değerlerine İlişkin Bulgular

Zaman bakımından elektrot çiftlerine ait bağlantısallık skorları incelendiğinde; teta frekans bandında F3-T7 ($F = 6,356, p = 0,01$), F3-C3 ($F = 5,086, p = 0,02$) C4-O2 ($F = 5,569, p = 0,02$) elektrot çiftlerinde anlamlı farklar tespit edildi. Alfa frekans bandında; F3-C3 ($F = 7,154, p = 0,008$), F3-O2 ($F = 4,264, p = 0,04$), C3-O2 ($F = 8,768, p = 0,003$), T7-O1 ($F = 5,529, p = 0,02$), T7-O2 ($F = 6,073, p = 0,01$), O1-C4 ($F = 10,869, p = 0,001$), O1-T8 ($F = 10,893, p = 0,001$) ve C4-T8 ($F = 5,010, p = 0,001$) elektrot çiftlerinde anlamlı farklar tespit edildi. Beta 1 frekans bandında F3-C3 ($F = 5,067, p = 0,02$), F3-T7 ($F = 5,141, p = 0,02$), C3-T8 ($F = 4,973, p = 0,02$), C3-O2 ($F = 4,642, p = 0,03$), F4-O2 ($F = 7,231, p = 0,008$), O1-C4 ($F = 6,721, p = 0,01$) ve O2-C4 ($F = 4,049, p = 0,04$) elektrot çiftlerinde anlamlı farklar tespit edildi. Beta 2 frekans bandında C3-O1 ($F = 8,254, p = 0,005$), O1-O2 ($F = 4,714, p = 0,03$), F4-O2 ($F = 4,104, p = 0,04$), F4-T8 ($F = 4,788, p = 0,03$) ve T8-O2 ($F = 5,200, p = 0,02$) elektrot çiftlerinde anlamlı farklar tespit edildi. Beta 3 frekans bandında F3-T7 ($F = 6,663, p = 0,01$), C3-O1 ($F = 4,009, p = 0,04$), C3-O2 ($F = 9,340, p = 0,003$), F4-O1 ($F = 5,566, p = 0,02$) ve O1-T8 ($F = 8,412, p = 0,004$) elektrot çiftlerinde anlamlı farklar tespit edildi.

Grup bakımından elektrot çiftlerine ait bağlantısallık skorları incelendiğinde; alfa frekans bandında F4-O1 ($F = 3,712, p = 0,02$) ve O2-T7 ($F = 4,528, p = 0,01$) elektrot çiftlerinde anlamlı farklar tespit edildi. Beta 2 frekans bandında C4-T8 ($F = 4,157, p = 0,02$) elektrot çiftinde anlamlı farklar tespit edildi.

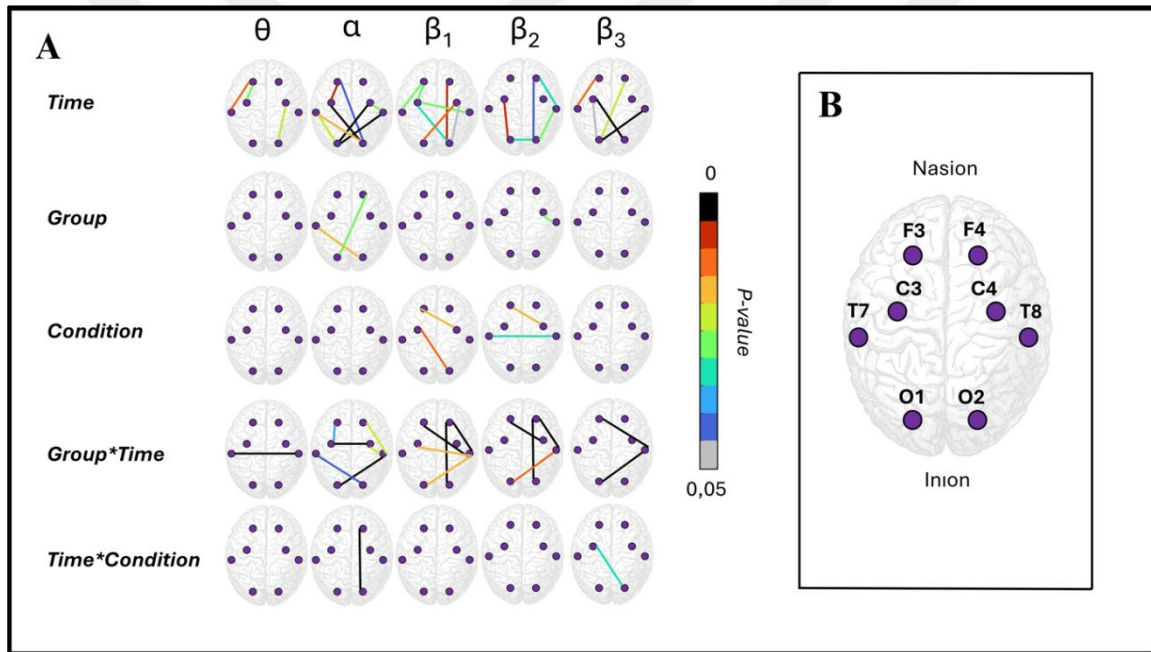
Uyumluluk bakımından elektrot çiftlerine ait bağlantısallık skorları incelendiğinde; beta 1 frekans bandında F3-C4 ($F = 6,096, p = 0,01$) ve C3-O2 ($F = 6,887, p = 0,01$) elektrot çiftlerinde anlamlı farklar tespit edildi. Beta 2 frekans bandında F3-C4 ($F = 9,918, p = 0,01$) ve T7-T8 ($F = 4,759, p = 0,03$) elektrot çiftlerinde anlamlı farklar tespit edildi.

Grup zaman etkileşimi bakımından elektrot çiftlerine ait bağlantısallık skorları incelendiğinde; teta frekans bandında T7-T8 ($F = 7,153, p = 0,001$) elektrot çiftinde anlamlı farklar tespit edildi. Bu elektrot çiftine ilişkin post-hoc analizlerine göre; T7-T8 ($p = 0,01, \bar{x}$ difference = 0,08) elektrot çiftinde geleneksel HIIT grubunun son test değerlerinin ön test

değerlerine göre daha yüksek olduğu tespit edildi. Alfa frekans bandında; F3-C3 ($F = 3,480$, $p = 0,03$), F4-T8 ($F = 3,941$, $p = 0,02$), C3-C4 ($F = 7,932$, $p = 0,0006$), C4-T8 ($F = 4,027$, $p = 0,02$), O1-T8 ($F = 6,873$, $p = 0,001$) ve O2-T7 ($F = 3,231$, $p = 0,04$) elektrot çiftlerinde anlamlı farklar tespit edildi. Bu elektrot çiftlerine ilişkin post-hoc analizlerine göre; F3-C3 ($p = 0,01$, \bar{x} difference = 0,09), C4-T8 ($p = 0,01$, \bar{x} difference = 0,14), O1-T8 ($p = 0,0003$, \bar{x} difference = 0,13) ve O2-T7 ($p = 0,02$, \bar{x} difference = 0,09) elektrot çiftlerinde geleneksel HIIT grubunun son test değerlerinin ön test değerlerine göre daha yüksek olduğu; F4-T8 ($p = 0,01$, \bar{x} difference = -0,14) elektrot çiftinde ise geleneksel HIIT grubunun son test değerlerinin ön test değerlerine göre daha düşük olduğu tespit edildi. Ayrıca C3-C4 ($p = 0,04$, \bar{x} difference = 0,10) elektrot çiftinde reaksiyon temelli HIIT grubunun son test değerlerinin ön test değerlerine göre daha yüksek olduğu tespit edildi. Beta 1 frekans bandında; F3-T8 ($F = 11,421$, $p = 0,00004$), F4-O2 ($F = 14,809$, $p = 0,000002$), F4-T8 ($F = 14,163$, $p = 0,000004$), C3-T8 ($F = 4,208$, $p = 0,01$) ve O1-T8 ($F = 4,231$, $p = 0,01$) elektrot çiftlerinde anlamlı farklar tespit edildi. Bu elektrot çiftlerine ilişkin post-hoc analizlerine göre; O1-T8 ($p = 0,03$, \bar{x} difference = 0,11) elektrot çiftinde geleneksel HIIT grubunun son test değerlerinin ön test değerlerine göre daha yüksek olduğu; F4-O2 ($p = 0,00001$, \bar{x} difference = -0,19) ve F4-T8 ($p = 0,0001$, \bar{x} difference = -0,26) elektrot çiftlerinde geleneksel HIIT grubunun son test değerlerinin ön test değerlerine göre daha düşük olduğu tespit edildi. Ayrıca C3-T8 ($p = 0,01$, \bar{x} difference = 0,09) elektrot çiftinde kontrol grubunun son test değerlerinin ön test değerlerine göre daha yüksek olduğu; F3-T8 ($p = 0,01$, \bar{x} difference = -0,12) elektrot çiftinde kontrol grubunun son test değerlerinin ön test değerlerine göre daha düşük olduğu ve F3-T8 ($p = 0,02$, \bar{x} difference = 0,11) elektrot çiftinde reaksiyon temelli HIIT grubunun son test değerlerinin ön test değerlerine göre daha yüksek olduğu tespit edildi. Beta 2 frekans bandında; F3-C4 ($F = 8,357$, $p = 0,0004$), F4-O2 ($F = 9,830$, $p = 0,0001$), F4-T8 ($F = 17,995$, $p = 0,00003$) ve O1-T8 ($F = 4,620$, $p = 0,01$) elektrot çiftlerinde anlamlı farklar tespit edildi. Bu elektrot çiftlerine ilişkin post-hoc analizlerine göre; O1-T8 ($p = 0,02$, \bar{x} difference = 0,13) elektrot çiftinde geleneksel HIIT grubunun son test değerlerinin ön test değerlerine göre daha yüksek olduğu; F4-O2 ($p = 0,001$, \bar{x} difference = -0,18) ve F4-T8 ($p = 0,00001$, \bar{x} difference = -0,27) elektrot çiftinde geleneksel HIIT grubunun son test değerlerinin ön test değerlerine göre daha düşük olduğu tespit edildi. Ayrıca F3-C4 ($p = 0,006$, \bar{x} difference = -0,14) elektrot çiftinde reaksiyon temelli HIIT grubunun son test değerlerinin ön test değerlerine göre daha düşük olduğu tespit edildi. Beta 3 frekans bandında; F3-T8 ($F = 11,329$, $p = 0,00004$) ve O1-T8 ($F = 5,817$, $p = 0,004$) elektrot çiftlerinde anlamlı farklar tespit edildi. Bu elektrot

çiftlerine ilişkin post-hoc analizlerine göre; O1-T8 ($p = 0,01$, \bar{x} difference = 0,11) elektrot çiftinde geleneksel HIIT grubunun son test değerlerinin ön test değerlerine göre daha yüksek olduğu; F3-T8 ($p = 0,01$, \bar{x} difference = -0,16) elektrot çiftinde kontrol grubunun son test değerlerinin ön test değerlerine göre daha düşük olduğu ve F3-T8 ($p = 0,02$, \bar{x} difference = 0,15) elektrot çiftinde reaksiyon temelli HIIT grubunun son test değerlerinin ön test değerlerine göre daha yüksek olduğu tespit edildi.

Zaman uyumluluk etkileşimi bakımından elektrot çiftlerine ait bağlantısallık skorları incelendiğinde; alfa frekans bandında F4-O2 ($F = 4,452$, $p = 0,002$) ve beta 3 frekans bandında C3-O2 ($F = 4,821$, $p = 0,03$) elektrot çiftlerinde anlamlı farklar tespit edildi.



Şekil 4.1. Bağlantısallık skorları, (A) İstatistiksel olarak anlamlılık gösteren elektrot çiftlerinin frekans bantlarına göre gösterimi (B) Beyin haritası üzerinde elektrot konumlandırmasının gösterimi.

4.2. Algılanan Zorluk Derecesine İlişkin Bulgular

Uygulanan HIIT metoduna göre algılanan zorluk dereceleri karşılaştırıldığında gruplar arası anlamlı bir farklılığa rastlandı ($p < 0,05$). Bu bulgular ışığında reaksiyon temelli HIIT grubunun algılamış olduğu zorluk derecesinin geleneksel HIIT grubuna göre daha yüksek olduğu tespit edildi.

Çizelge 4.1. HIIT gruplarının algılanan zorluk derecelerinin karşılaştırılması

Parametre	Grup	N	X	SS	t	p
Algılanan Zorluk Derecesi	Geleneksel HIIT	11	7,27	1,34	-3,901	.003
	Reaksiyon Temelli HIIT	11	8,73	.78		

4.3. Kalp Atım Hızlarına İlişkin Bulgular

Çizelge 4.2. HIIT gruplarının aktivite boyunca ortalama kalp atım hızlarının karşılaştırılması

Parametre	Grup	N	X	SS	t	p
Kalp Atım Hızı	Geleneksel HIIT	11	171,9	3,01	1,009	.162
	Reaksiyon Temelli HIIT	11	170,82	1,94		

Uygulanan HIIT metoduna göre aktivite boyunca ortalama kalp atım hız değerleri karşılaştırıldığında gruplar arası anlamlı bir farklılığa rastlanmadı ($p>0,05$).

5. TARTIŞMA

Bu araştırmanın amacı; geleneksel ve reaksiyon temelli HIIT'in nöral bağlantısallık ve bilişsel yanıtlar üzerine akut etkisinin karşılaştırılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda HIIT uygulamaları öncesi ve sonrasında stroop testi uygulanarak elde edilen EEG ve algılanan zorluk verileri analiz edildi ve karşılaştırıldı. Araştırma sonucunda elde edilen bağlantısallık değerleri incelendiğinde fronto-temporal, fronto-okcipital ve oksipito-temporal bölgelerdeki yüksek senkronizasyon ön plana çıkmaktadır.

Bağlantısallık sonuçları gruplar bakımından karşılaştırıldığında geleneksel HIIT grubunun sağ hemisferde (F4-T8) Alpha, Beta 1 ve Beta 2 frekans bantlarında frontal ve temporal bölgeler arasındaki bağlantı güçlerinin düştüğü belirlendi. Ayrıca kontrol grubunun hemisferler arası (F3-T8) Beta 1 ve Beta 3 frekans bantlarında frontal ve temporal bölgeler arasındaki bağlantı güçlerinin düştüğü; reaksiyon temelli HIIT grubunda ise hemisferler arası (F3-T8) Beta 1 ve Beta 3 frekans bantlarında frontal ve temporal bölgeler arasındaki bağlantı gücünün yükseldiği tespit edildi. Literatür incelendiğinde fiziksel aktiviteye bağlı olarak fronto-temporal ağın bağlantısındaki artışın genellikle gelişmiş beyin esnekliği ve gelişmiş bilişsel işlevi yansıttığı gözlemlenmektedir (Casaletto ve diğerleri, 2023; Li ve diğerleri, 2024). Ayrıca egzersizin nöronal büyümeyi, hayatta kalmayı ve bağlantısallığı desteklemenin yanı sıra sinaptik esneklik, öğrenme ve hafıza süreçlerinde önemli rol oynayan beyin kaynaklı nörotrofik faktör (BDNF) gibi nörotrofik faktörlerin salınımını teşvik ettiği bilinmektedir (Cefis ve diğerleri, 2019; Dinoff ve diğerleri, 2016). Bu nedenle fiziksel aktivite sonrası fronto-temporal ağın bağlantısındaki artışın BDNF salınımından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu bağlamda gruplar arası fronto-temporal bağlantı güçleri değerlendirildiğinde özellikle Beta frekans bantlarında geleneksel HIIT ve kontrol grubunun değerleri düşerken reaksiyon temelli HIIT grubunun değerlerinin arttığı; bu durumun ise reaksiyon temelli HIIT'in diğer gruplara göre BDNF üzerinde daha fazla uyarıcı etkiye sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca reaksiyon temelli HIIT grubundaki hemisferler arası Beta frekansındaki yüksek senkronizasyon değerlerinin odaklanmış dikkat ve etkili karar verme becerileri ile ilişkili olabileceği dolayısıyla bu durumun üstün performans sergilemede önemli bir rol oynayabileceği düşünülmektedir (Dirik, 2024; Jin ve diğerleri, 2020).

Araştırmanın bir diğer sonucuna göre geleneksel HIIT grubunun sağ hemisferde (F4-O2) Beta 1 ve Beta 2 frekans bantlarında oksipital ve frontal bölgeler arası bağlantı güçlerinin düştüğü belirlendi. Bisiklete binmede dikkat odaklanması ve fonksiyonel bağlantının incelendiği bir araştırmada bisiklet sürüşü esnasında hareketin temel bileşenlerinin otomatizmi ve aktivitenin ilişkisel iç/dış bileşenlerine odaklı sürüş yöntemleri karşılaştırılmıştır (Comani ve diğerleri, 2014). Araştırma sonucunda eylemin temel bileşenlerinin otomatizmine odaklanmanın beta bandında fronto-oksipital bağlantı olarak ortaya çıkan hoş olmayan afferent geri bildirim farkındalığını en aza indirdiği ve böylece efor algısının zararlı artışlarını geciktirdiği gözlemlendi (Comani ve diğerleri, 2014; Wilson ve diğerleri, 2011). Bu bağlamda yapı itibariyle önceden sırası belirlenmiş hareketlerin belirtilen süre boyunca otomatik bir döngü içerisinde yapılması olan geleneksel HIIT metodu ile aktivitenin iç bileşenleri olan ışıkların göndermiş olduğu uyarılara göre yapılan reaksiyon temelli HIIT metodunu karşılaştırmış olduğumuz araştırmamızda geleneksel HIIT grubunun genellikle mekânsal farkındalık, bütünsel düşünme ve algı ile ilişkilendirilen sağ hemisferin beta frekans bantlarında fronto-oksipital bağlantı gücünün düşmesi bisikletçiler üzerinde yapılan araştırma bulguları ile uyumludur (Mazzi ve diğerleri, 2024). Çünkü geleneksel HIIT metodu bünyesinde bir eylem otomatizmini barındırırken reaksiyon temelli HIIT metodu bünyesinde eylemin iç bileşenlerine odağı barındırmaktadır. Bu nedenle geleneksel HIIT grubunun sağ hemisferinin Beta 1 ve Beta 2 frekans bantlarında meydana gelen fronto-oksipital bağlantı düşüşünün afferent geri bildirim farkındalığının azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Diğer bir sonuçta ise geleneksel HIIT grubunun hemisferler arası (O1-T8) Beta 1, Beta 2 ve Beta 3 frekans bantlarında oksipital ve temporal bölgeler arasındaki bağlantı gücünün yükseldiği tespit edildi. Ayrıca geleneksel HIIT grubunun hemisferler arası (O1-T8, O2-T7) Alpha frekans bandında da oksipital ve temporal bölgeler arasındaki bağlantı gücünün yükseldiği tespit edildi. Oksipito-temporal bağlantı görsel bilgiyi; hafıza ve tanıma süreçleriyle bütünleştirerek işleme bakımından oldukça önemli bir bağlantı ağıdır (Catani ve diğerleri, 2003; Walbrin ve Almeida, 2021). Özellikle sporcunun müsabaka esnasında çevre kontrolü yapmak, rakibin konumuna göre kendini konumlandırmak ve pozisyona göre tecrübeye bağlı strateji üretmek bakımından oksipito-temporal bağlantının üstün sportif performans için belirleyici bir role sahip olduğu düşünülmektedir. Araştırmada uygulanan geleneksel HIIT protokolü yapı itibariyle incelendiğinde önceden belirlenmiş hareketlerin döngüsünü içermektedir. Bu durum geleneksel HIIT grubunda yer alan sporcuların

yapmaları istenen hareketleri kolaylıkla ezberleyerek kendini sıradaki harekete daha kolay bir şekilde konumlandırmasına olanak sağlamaktadır. Bu bağlamda hemisferler arası Alpha ve Beta bantlarındaki oksipito-temporal bölgelerdeki yüksek senkronizasyonun geleneksel HIIT'in ön görülebilir ve ezberlenebilir yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Algılanan zorluk dereceleri ve ortalama kalp atım hızları gruplar bakımından karşılaştırıldığında iki grubunda ortalama kalp atım hızı değerlerinin birbirine benzer olmasına rağmen reaksiyon temelli HIIT grubunun aktiviteden algılamış oldukları zorluğun geleneksel HIIT grubuna göre daha fazla olduğu tespit edildi. Algılanan zorluk derecelendirme metotları bireylerin fiziksel aktivite sırasında deneyimlediği psikofizyolojik stresi anlamak ve yorumlamak bakımından oldukça önemlidir (Borg, 1982; Foster ve diğerleri, 2004; Wallace ve diğerleri, 2014). Algılanan zorluk çeşitli psikofizyolojik değişkenlerle ilişkilidir (Kilpatrick ve diğerleri, 2015). Bu değişkenler fizyolojik bakımdan; metabolik hız, ventilasyon, kan akışı ve kas yorgunluğu; psikolojik bakımdan ise motivasyon, zihinsel stres, uyarılma ve egzersiz deneyimi şeklinde sıralanmaktadır (Abbiss ve diğerleri, 2015; Borg, 1998; Kilpatrick ve diğerleri, 2015; Robertson ve Noble, 1997; Tucker, 2009). Bu bağlamda gruplar kalp atım hızı bakımından benzer fizyolojik çıktılara sahip olsa da bünyesinde daha fazla stres ve uyarılmayı barındıran reaksiyon temelli HIIT grubunun algılanmış oldukları zorluğun geleneksel HIIT grubuna göre daha yüksek olması literatürle uyumludur.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak beyin bağlantısalılığı bakımından; reaksiyon temelli HIIT metodunun özellikle fronto-temporal bölgelerdeki senkronizasyonu arttırarak odaklanmış dikkat ve karar verme becerileri gibi bilişsel süreç üzerine olumlu etkileri gözlemlenirken; geleneksel HIIT metodunun ise fronto-okspital bölgedeki senkronizasyonu düşürerek aktivitenin efor algısını düşürdüğü ve oksipito-temporal bölgedeki senkronizasyonu arttırması ile görsel bilgiyi işleme süreçlerine olumlu yönde katkıda bulunduğu gözlemlendi. Ayrıca her iki grubun da HIIT boyunca kalp atım hızı birbirine benzer olsa da reaksiyon temelli HIIT grubu geleneksel HIIT grubuna göre daha yüksek seviyede zorluk algıladı. Araştırmanın hipotezi; ön görülemez ve çevresel şartlar değişken olması bakımından açık beceri alıştırmaları olarak ifade edilebilen reaksiyon temelli HIIT'in, ön görülebilir ve çevresel şartları sabit olması bakımından kapalı beceri alıştırmaları olarak ifade edilebilen geleneksel HIIT göre bilişsel bakımından daha efektif bir yöntem olduğuydu. Özellikle reaksiyon temelli HIIT metodunun fronto-temporal bölgeler üzerine etkileri değerlendirildiğinde araştırma sonucunun hipotezi desteklediği söylenebilir. Reaksiyon temelli uygulamaların herhangi bir öngörülebilir ve çevresel şartları sabit kapalı beceri alıştırmalarını ön görülemez ve çevresel şartları değişken hale getirmesi bakımından “kapalı becerileri açan bir anahtar” olarak değerlendirilebilir. Ayrıca sporcular benzer efor sarf etmelerine rağmen reaksiyon temelli HIIT grubunun algılamış olduğu zorluğun yüksek olması araştırmanın diğer bir önemli sonucu olarak görülmektedir. Sporcuların müsabakada antrenmana göre daha fazla zihinsel strese ve uyarılmaya maruz kaldıkları göz önünde bulundurulduğunda; antrenörlerin sporcular için müsabaka simülasyonu oluşturmada bünyesinde bilişsel stres ve uyarılmayı barındıran reaksiyon temelli HIIT metodunun önemli bir araç olabileceği düşünülmektedir. Bu sonuçlar ışığında reaksiyon temelli HIIT gibi bünyesinde ön görülemezlik ve değişken çevresel şartlar barındıran uygulamaların sportif performansın geliştirmesinde daha fazla kullanılmasının uygulanan antrenman metodunu bilişsel bakımdan daha işlevsel bir hale getirebileceği söylenebilir. Bu nedenle çeşitli sportif becerilerin gelişimi için uygulanan antrenman metotlarına reaksiyon temelli uygulamaların kombine edilmesi ilgili antrenman metodunu bilişsel açıdan da daha efektif hale getirmesi bakımından önerilmektedir.



KAYNAKLAR

- Abbiss, C. R., Peiffer, J. J., Meeusen, R. and Skorski, S. (2015). Role of ratings of perceived exertion during self-paced exercise: What are we actually measuring? *Sports Medicine*, 45, 1235-1243.
- Abhang, P. A., Gawali, B. W. and Mehrotra, S. C. (2016). *Introduction to EEG-and speech-based emotion recognition*. New York: Academic Press, 85-92.
- Abhang, P. A., Gawali, B. W. and Mehrotra, S. C. (2016). Technological basics of EEG recording and operation of apparatus. In *Introduction to EEG-and speech-based emotion recognition*. New York: Academic Press, 19-50.
- Alves, A. R., Dias, R., Neiva, H. P., Marinho, D. A., Marques, M. C., Sousa, A. C. and Loureiro, N. (2021). High-intensity interval training upon cognitive and psychological outcomes in youth: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(10), 5344.
- Behrendt, T., Kirschnick, F., Kröger, L., Beileke, P., Rezepin, M., Brigadski, T. and Schega, L. (2021). Comparison of the effects of open vs. closed skill exercise on the acute and chronic BDNF, IGF-1 and IL-6 response in older healthy adults. *BMC Neuroscience*, 22, 1-19.
- Bompa, T. O. and Buzzichelli, C. (2019). *Periodization: Theory and methodology of training*. New York: Human Kinetics, 102-105.
- Borg, G. (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales*. New York: Human Kinetics, 66-82.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), 377-381.
- Campbell, E., Coulter, E. H. and Paul, L. (2018). High-intensity interval training for people with multiple sclerosis: A systematic review. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 24, 55-63.
- Carter, R. (2019). *The brain book: An illustrated guide to its structure, functions, and disorders*. New York: Dorling Kindersley Ltd., 102-105.
- Casaleto, K. B., Kornack, J., Paolillo, E. W., Rojas, J. C., VandeBunte, A., Staffaroni, A. S. and ALLFTD Consortium. (2023). Association of physical activity with neurofilament light chain trajectories in autosomal dominant frontotemporal lobar degeneration variant carriers. *JAMA Neurology*, 80(1), 82-90.
- Catani, M., Jones, D. K., Donato, R. and Ffytche, D. H. (2003). Occipito-temporal connections in the human brain. *Brain*, 126(9), 2093-2107.
- Cefis, M., Prigent-Tessier, A., Quirié, A., Pernet, N., Marie, C. and Garnier, P. (2019). The effect of exercise on memory and BDNF signaling is dependent on intensity. *Brain Structure and Function*, 224(6), 1975-1985.

- Chéron, G., Leroy, A., De Saedeleer, C., Bengoetxea, A., Lipshits, M., Cebolla, A. and McIntyre, J. (2006). Effect of gravity on human spontaneous 10-Hz electroencephalographic oscillations during the arrest reaction. *Brain Research*, 1121(1), 104-116.
- Chueh, T. Y., Huang, C. J., Hsieh, S. S., Chen, K. F., Chang, Y. K. and Hung, T. M. (2017). Sports training enhances visuo-spatial cognition regardless of open-closed typology. *PeerJ*, 5, e33336.
- Clark, D. L., Boutros, N. N. and Mendez, M. F. (2010). *The brain and behavior: An introduction to behavioral neuroanatomy*. New York: Cambridge University Press, 98-102.
- Coe, S. (2012). *Running my life: The autobiography: Winning on and off the track*. New York: Hachette UK, 46-82.
- Comani, S., Di Fronso, S., Filho, E., Castronovo, A. M., Schmid, M., Bortoli, L. and Bertollo, M. (2014). Attentional focus and functional connectivity in cycling: An EEG case study. In *XIII Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing 2013: MEDICON 2013, 25-28 September 2013, Seville, Spain*. New York: Springer International Publishing, 137-140.
- Crova, C., Struzzolino, I., Marchetti, R., Masci, I., Vannozzi, G., Forte, R. and Pesce, C. (2014). Cognitively challenging physical activity benefits executive function in overweight children. *Journal of Sports Sciences*, 32(3), 201-211.
- Çağın, M., Çimen Polat, S., Sarol, H., García Ramos, A. and Çeviker, A. (2024). Investigation of the effects of an 8-week cross-country skiing exercise program on various reaction time parameters, selective attention and academic achievement in adolescents. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 16(1), 116.
- Çağın, M., Doğan, B., Çimen Polat, S., Orhan, Ö., Sarol, H. and Çağlar, E. Ç. (2024). Investigation of the relationship between reactive strength and speed, change of direction, agility and reaction time in rugby players. *Educational Administration: Theory and Practice*, 30(4), 141-151.
- Çağın, M., Polat, S. Ç., Orhan, Ö., Çetin, E., Abdioğlu, M., Yarım, İ. and Cicioğlu, H. İ. (2024). Reliability and validity of ÇAĞIN hand and foot reaction tests protocol. *Journal of Education and Future*, (25), 59-74.
- De Greeff, J. W., Bosker, R. J., Oosterlaan, J., Visscher, C. and Hartman, E. (2018). Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(5), 501-507.
- Delorme, A. and Makeig, S. (2004). EEGLAB: An open-source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, 134(1), 9-21.

- Depiazzi, J. E., Forbes, R. A., Gibson, N., Smith, N. L., Wilson, A. C., Boyd, R. N. and Hill, K. (2019). The effect of aquatic high-intensity interval training on aerobic performance, strength and body composition in a non-athletic population: Systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 33(2), 157-170.
- Dinoff, A., Herrmann, N., Swardfager, W., Liu, C. S., Sherman, C., Chan, S. and Lanctot, K. L. (2016). The effect of exercise training on resting concentrations of peripheral brain-derived neurotrophic factor (BDNF): A meta-analysis. *Plos One*, 11(9), e0163037.
- Dirik, H. B. (2024). *Okçularada atış sırasındaki inter/intra hemisferik koherensin atış performansı ile ilişkilendirilmesi*. Doktora Tezi, Eskişehir Teknik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 78-82.
- Dirik, H. B., Darendeli, A. and Ertan, H. (2023). The new wireless EEG device Mentalab explore is a valid and reliable system for the measurement of resting state EEG spectral features. *Brain Research*, 1798, 148164.
- Dvorak, M. (2024). Inhibitory control and academic achievement: A study of the relationship between Stroop effect and university students' academic performance. *BMC Psychology*, 12(1), 498.
- Egan, B. and Zierath, J. R. (2013). Exercise metabolism and the molecular regulation of skeletal muscle adaptation. *Cell Metabolism*, 17(2), 162-184.
- Erkuş, E. C. (2017). *Graph theory analyses on connectivity maps obtained by partial directed coherence using EEG data of dyslexic and healthy children*. Master's Thesis, Middle East Technical University Institute of Health Sciences, Ankara, 85-93.
- Foster, C., Hector, L. L., Welsh, R., Schrage, M., Green, M. A. and Snyder, A. C. (1995). Effects of specific versus cross-training on running performance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 70, 367-372.
- Friston, K. J. (2011). Functional and effective connectivity: A review. *Brain Connectivity*, 1(1), 13-36.
- Gibala, M. J. and McGee, S. L. (2008). Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: A little pain for a lot of gain? *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 36(2), 58-63.
- Gibala, M. J., Little, J. P., MacDonald, M. J. and Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of Physiology*, 590(5), 1077-1084.
- Gökçe, E., Güneş, E., Arı, F., Hayme, S. and Nalçacı, E. (2021). Comparison of the effects of open-and closed-skill exercise on cognition and peripheral proteins: A cross-sectional study. *Plos One*, 16(6), e0251907.
- Gu, Q., Zou, L., Loprinzi, P. D., Quan, M. and Huang, T. (2019). Effects of open versus closed skill exercise on cognitive function: A systematic review. *Frontiers in Psychology*, 10, 467457.

- Hall, J. E. and Hall, M. E. (2020). *Guyton and Hall textbook of medical physiology* (E-book). New York: Elsevier Health Sciences, 45-52.
- Hills, A. P., Street, S. J. and Byrne, N. M. (2015). Physical activity and health: "What is old is new again." *Advances in Food and Nutrition Research*, 75, 77-95.
- Hsieh, S. S., Chueh, T. Y., Huang, C. J., Kao, S. C., Hillman, C. H., Chang, Y. K. and Hung, T. M. (2021). Systematic review of the acute and chronic effects of high-intensity interval training on executive function across the lifespan. *Journal of Sports Sciences*, 39(1), 10-22.
- Issurin, V. B. (2016). Benefits and limitations of block periodized training approaches to athletes' preparation: A review. *Sports Medicine*, 46, 329-338.
- İnternet: BlazePod. (2025). BlazePod. Web: <https://www.blazepod.com/products/starter-kit> adresinden 11 Mart 2025'te alınmıştır.
- İnternet: Fitlight Trainer. (2025). *Fitlight System*. Web: <https://www.fitlighttraining.com/products/fitlight-system> adresinden 11 Mart 2025'te alınmıştır.
- İnternet: Fitpodz. (2025, Mart 10). *Fitpodz Reaction Light Training*. Web: <https://fitpodz.com> adresinden 11 Mart 2025'te alınmıştır.
- İnternet: Flintrehab. (2021). *Cerebral cortex damage: Understanding the symptoms, effects and recovery after injury*. Web: <https://www.flintrehab.com/cerebral-cortex-damage/> adresinden 11 Mart 2025'te alınmıştır.
- İnternet: Flintrehab. (2022). *Understanding brain stem damage: Effects, treatments, and recovery*. Web: <https://www.flintrehab.com/brain-stem-damage/> adresinden 12 Mart 2025'te alınmıştır.
- İnternet: Flintrehab. (2022). *Understanding cerebellum brain damage: Causes, effects, and top rehab strategies to promote recovery*. Web: <https://www.flintrehab.com/cerebellum-brain-damage/> adresinden 12 Mart 2025'te alınmıştır.
- İnternet: Microgate. (2025). *Witty-Sem*. Web: <https://medical.microgate.it/en/products/witty/wittysem> adresinden 11 Mart 2025'te alınmıştır.
- İnternet: Polar. (2025). *Polar H9 heart rate sensor*. Web: <https://www.polar.com/us-en/sensors/h9-heart-rate-sensor> adresinden 11 Mart 2025'te alınmıştır.
- İnternet: QBI. (2023). *Lobes of the brain*. Web: <https://qbi.uq.edu.au/brain/brain-anatomy/lobes-brain> adresinden 11 Mart 2025'te alınmıştır.
- İnternet: Türk Dil Kurumu. (t.y.). *Türk Dil Kurumu (TDK) sözlükleri*. 2 Web: <https://sozluk.gov.tr> adresinden 5 Ocak 2025'te alınmıştır.

- Jacobson, J. and Matthaeus, L. (2014). Athletics and executive functioning: How athletic participation and sport type correlate with cognitive performance. *Psychology of Sport and Exercise*, 15(5), 521-527.
- Jin, X., Liang, X. and Gong, G. (2020). Functional integration between the two brain hemispheres: Evidence from the homotopic functional connectivity under resting state. *Frontiers in Neuroscience*, 14, 932.
- Kaiser, A. K., Doppelmayr, M. and Iglseder, B. (2017). EEG beta-2 power as surrogate marker for memory impairment: A pilot study. *International Psychogeriatrics*, 29(9), 1515-1523.
- Kilpatrick, M. W., Jung, M. E. and Little, J. P. (2014). High-intensity interval training: A review of physiological and psychological responses. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 18(5), 11-16.
- Kilpatrick, M. W., Martinez, N. I. C., Little, J. P., Jung, M. E., Jones, A. M., Price, N. W. and Lende, D. H. (2015). Impact of high-intensity interval duration on perceived exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47(5), 1038-1045.
- Kovacevic, A., Fenesi, B., Paolucci, E. and Heisz, J. J. (2020). The effects of aerobic exercise intensity on memory in older adults. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 45(6), 591-600.
- Kumar, J. S. and Bhuvanewari, P. (2012). Analysis of electroencephalography (EEG) signals and its categorization: A study. *Procedia Engineering*, 38, 2525-2536.
- Larsen, F. J., Schiffer, T. A., Ørtenblad, N., Zinner, C., Morales-Alamo, D., Willis, S. J. and Boushel, R. (2016). High-intensity sprint training inhibits mitochondrial respiration through aconitase inactivation. *The FASEB Journal*, 30(1), 417-427.
- Li, X., Qu, X., Shi, K., Yang, Y. and Sun, J. (2024). Physical exercise for brain plasticity promotion: An overview of the underlying oscillatory mechanism. *Frontiers in Neuroscience*, 18, 1440975.
- Little, J. P., Safdar, A., Wilkin, G. P., Tarnopolsky, M. A. and Gibala, M. J. (2010). A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: Potential mechanisms. *The Journal of Physiology*, 588(6), 1011-1022.
- Liu, K., Zhao, W., Li, C., Tian, Y., Wang, L., Zhong, J. and Wang, H. (2024). The effects of high-intensity interval training on cognitive performance: A systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, 14(1), 32082.
- Lyakh, V., Mikołajec, K., Bujas, P. and Litkowycz, R. (2015). Review of Platonov's "Sports Training Periodization. General Theory and Its Practical Application"—Kiev: Olympic Literature, 2013 (Part Two). *Journal of Human Kinetics*, 46, 273.
- MacInnis, M. J. and Gibala, M. J. (2017). Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *The Journal of Physiology*, 595(9), 2915-2930.

- Maghsoudipour, M., Shabani, H., Najafabadi, M. G., Bakhshi, E. and Coh, P. (2018). The relationship between emotional intelligence, reaction time, aerobic capacity and performance in female track and field athletes at the universities of Tehran. *Work*, 61(2), 173-179.
- Magill, R. and Anderson, D. I. (2010). *Motor learning and control*. New York: McGraw-Hill Publishing, 66-82.
- Mazzi, C., Mele, S., Bagattini, C., Sanchez-Lopez, J. and Savazzi, S. (2024). Coherent activity within and between hemispheres: Cortico-cortical connectivity revealed by rTMS of the right posterior parietal cortex. *Frontiers in Human Neuroscience*, 18, 1362742.
- Merker, B. (2013). Cortical gamma oscillations: The functional key is activation, not cognition. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(3), 401-417.
- Mormann, F., Lehnertz, K., David, P. and Elger, C. E. (2000). Mean phase coherence as a measure for phase synchronization and its application to the EEG of epilepsy patients. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 144(3-4), 358-369.
- Neuper, C. and Pfurtscheller, G. (2001). Event-related dynamics of cortical rhythms: Frequency-specific features and functional correlates. *International Journal of Psychophysiology*, 43(1), 41-58.
- Park, J. L., Fairweather, M. M. and Donaldson, D. I. (2015). Making the case for mobile cognition: EEG and sports performance. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 52, 117-130.
- Pizzi, J., Furtado-Alle, L., Schiavoni, D., Lopes, W. A., da Rosa Silva, L., Bono, G. F. and Leite, N. (2017). Reduction in butyrylcholinesterase activity and cardiovascular risk factors in obese adolescents after 12 weeks of high-intensity interval training. *Journal of Exercise Physiology Online*, 20(3), 142-145.
- Reigal, R. E., Barrero, S., Martín, I., Morales-Sánchez, V., Juárez-Ruiz de Mier, R. and Hernández-Mendo, A. (2019). Relationships between reaction time, selective attention, physical activity, and physical fitness in children. *Frontiers in Psychology*, 10, 2278.
- Robertson, R. J. and Noble, B. J. (1997). Perception of physical exertion: Methods, mediators, and applications. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 25(1), 407-452.
- Siegrist, M. (1997). Test-retest reliability of different versions of the Stroop test. *The Journal of Psychology*, 131(3), 299-306.
- Sporns, O. (2007). Brain connectivity. *Scholarpedia*, 2(10), 4695.
- Şimşek, H., İnal, Ş. Ç., Meco, B. C. and Çiçek, M. (2021). Beyin görüntülerinde yapısal ve işlevsel bağlantısallık: Dinlenme durumu işlevsel manyetik rezonans görüntüleme ve difüzyon tensör görüntüleme. *Journal of Ankara University Faculty of Medicine/Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası*, 74.

- Tabata, I., Nishimura, K., Kouzaki, M., Hirai, Y., Ogita, F., Miyachi, M. and Yamamoto, K. (1996). Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO₂max. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28, 1327-1330.
- Thompson, W. R. (2018). Worldwide survey of fitness trends for 2019. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 22(6), 10-17.
- Thum, J. S., Parsons, G., Whittle, T. and Astorino, T. A. (2017). High-intensity interval training elicits higher enjoyment than moderate-intensity continuous exercise. *PLOS ONE*, 12(1), e0166299.
- Timmons, J. A., Knudsen, S., Rankinen, T., Koch, L. G., Sarzynski, M., Jensen, T. and Bouchard, C. (2010). Using molecular classification to predict gains in maximal aerobic capacity following endurance exercise training in humans. *Journal of Applied Physiology*, 108(6), 1487-1496.
- Tønnessen, E., Haugen, T. and Shalfawi, S. A. (2013). Reaction time aspects of elite sprinters in athletic world championships. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(4), 885-892.
- Tucker, R. (2009). The anticipatory regulation of performance: The physiological basis for pacing strategies and the development of a perception-based model for exercise performance. *British Journal of Sports Medicine*, 43(6), 392-400.
- Walbrin, J. and Almeida, J. (2021). High-level representations in human occipito-temporal cortex are indexed by distal connectivity. *Journal of Neuroscience*, 41(21), 4678-4685.
- Wallace, L. K., Slattery, K. M., Impellizzeri, F. M. and Coutts, A. J. (2014). Establishing the criterion validity and reliability of common methods for quantifying training load. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(8), 2330-2337.
- Way, K. L., Terada, T., O'Neill, C. D., Vidal-Almela, S., Keech, A. and Reed, J. L. (2021). Practical recommendations for high-intensity interval training for adults with cardiovascular disease. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 25(5), 35-43.
- Weston, M., Taylor, K. L., Batterham, A. M. and Hopkins, W. G. (2014). Effects of low-volume high-intensity interval training (HIT) on fitness in adults: A meta-analysis of controlled and non-controlled trials. *Sports Medicine*, 44, 1005-1017.
- Wilson, W. S., Thompson, M., Thompson, L., Thompson, J., Fallahpour, K. and Linden, M. K. (2011). Introduction to EEG biofeedback neurofeedback. In *Biofeedback and neurofeedback applications in sport psychology*. New York: Academic Press, 175-198.
- Xu, J. and Zhong, B. (2018). Review on portable EEG technology in educational research. *Computers in Human Behavior*, 81, 340-349.
- Zhang, H., Zhou, Q. Q., Chen, H., Hu, X. Q., Li, W. G., Bai, Y. and Li, X. L. (2023). The applied principles of EEG analysis methods in neuroscience and clinical neurology. *Military Medical Research*, 10(1), 67.





EKLER

EK-1. Etik Komisyon Onayı

Evrak Tarih ve Sayısı: 14.03.2024-E.904780



T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Etik Komisyonu



Sayı : E-77082166-302.08.01-904780
Konu : Bilimsel ve Eğitim Amaçlı

14.03.2024

DAĞITIM YERLERİNE

Araştırmacı grubu Halil İbrahim CİCİOĞLU, Hayri ERTAN ve Musab ÇAĞIN'dan oluşan, Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Enstitüsü Antrenörlük Eğitimi Ana Bilim Dalı **Doktora Öğrencisi Musab ÇAĞIN'ın**, Üniversitemiz Spor Bilimleri Fakültesi Öğretim Üyesi **Prof.Dr.Halil İbrahim CİCİOĞLU** ve Eskişehir Teknik Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Öğretim Üyesi **Prof.Dr. Hayri ERTAN'ın**, danışmanlığında yürüttüğü "*Geleneksel ve Reaksiyon Temelli HIIT'in Nöral Bağlılıksallık ve Bilişsel Yanıtlar Üzerine Akut Etkisinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi*" adlı tez çalışması ile ilgili konu Komisyonumuzun **07.11.2023** tarih ve **19** sayılı toplantısında görüşülmüş olup,

İlgilinin çalışmasının, yapılması planlanan yerlerden izin alınması koşuluyla yapılmasında etik açıdan bir sakınca bulunmadığına oybirliği ile karar verilmiş ve karara ilişkin imza listesi ekte gönderilmiştir.

Bilgilerinizi rica ederim.

Araştırma Kod No: 2024 - 372

Prof. Dr. İsmail KARAKAYA
Komisyon Başkanı

Ek: 1 Liste

DAĞITIM

Gereği:

Sayın Prof. Dr. Halil İbrahim CİCİOĞLU

Bilgi:

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

EK-1.(devamı) Etik Komisyon Onayı

Evrak Tarih ve Sayısı: 14.03.2024-E.904/80 GAZİ ÜNİVERSİTESİ
ETİK KOMİSYONU KATILIM LİSTESİ

TOPLANTI TARİHİ : 07.11.2023		TOPLANTI SAYISI : 19
ADI – SOYADI	İMZA	
Prof. Dr. İsmail KARAKAYA BAŞKAN		
Prof. Dr. Zehra GÖÇMEN BAYKARA BAŞKAN YRD.		
Prof. Dr. C. Haluk BODUR		
Prof. Dr. Seçil ÖZKAN		
Prof. Dr. Cevriye TEMEL GENCER		
Prof. Dr. İlkay ULUTAŞ		
Prof. Dr. Kemalettin DENİZ		
Prof. Dr. Makbule GEZMEN KARADAĞ		
Prof. Dr. İlyas OKUR		
Prof. Dr. Nihan KAFA		
Doç. Dr. Melek Gülşah ŞAHİN		
Doç. Dr. Gökhan DELİCEOĞLU		
Doç. Dr. Elvan İNCE AKA		

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÇAĞIN, Musab
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri :
Medeni hali :
Telefon :
E-posta :

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Doktora	Gazi Üniversitesi / SBE / Antrenörlük Eğitimi	2025
Yüksek Lisans	Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi	2021
Lisans	Sakarya Üniversitesi	2018
Lise	Şehit İbrahim Tanrıverdi Anadolu Lisesi	2014

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2025	Purdue Üniversitesi	Misafir Akademisyen
2021	Gazi Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

- Bilişim, AI in Higher Education An Overview, Purdue Üniversitesi/CITI, 2025
- Sağlık ve Tıp, Social Behavioral Research Investigators and Key Personnel, CITI Program , 2025
- Sağlık ve Tıp, Biomedical Research Investigators and Key Personnel, CITI Program, 2025

- Mesleki Kurs, KOBİ ve Girişimcilere Yönelik TÜBİTAK-TEYDEB Projesi Yazma Eğitimi / TÜBİTAK-TEYDEB Project Writing Training for SMEs and Entrepreneurs, Gazi Üniversitesi, 2021
- Eğitim Yönetimi ve Planlama, Ar-Ge (TÜBİTAK-ARDEB) Yazma Uygulamalı Eğitimi / R&D (TÜBİTAK-ARDEB) Writing Applied Training, Gazi Üniversitesi, 2021
- Mesleki Kurs, İnsansız Hava Aracı Sportif / Amatör Pilot Sertifikası / Unmanned Aerial Vehicle Sport/Amateur Pilot Certificate, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, 2021
- Mesleki Kurs, Atletizm II. Kademe Antrenörlük Belgesi / Athletics Level II Coaching Certificate, Türkiye Atletizm Federasyonu, 2020
- Mesleki Kurs, Spor Masörü Belgesi / Sports Masseur Certificate, Gençlik ve Spor Bakanlığı, 2019
- Mesleki Kurs, Vücut Geliştirme ve Fitness I. Kademe Belgesi / Bodybuilding and Fitness Level I Certificate, Türkiye Vücut Geliştirme ve Fitness Federasyonu, 2018

SCI, SSCI ve AHCI İndekslerine Giren Dergilerde Yayınlanan Makaleler

- Çağın, M., Çimen Polat, S., Sarol, H., García Ramos, A., & Çeviker, A. (2024). Investigation of the effects of an 8-week cross-country skiing exercise program on various reaction time parameters, selective attention and academic achievement in adolescents. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 16(1).
- Çağın, M., Polat, S. C., Sarol, H., Unlu, C., & Janicijevic, D. (2024). A study on elite athletes: Orthorexia nervosa tendency is a risk factor for sleep quality. *PeerJ*, 12.

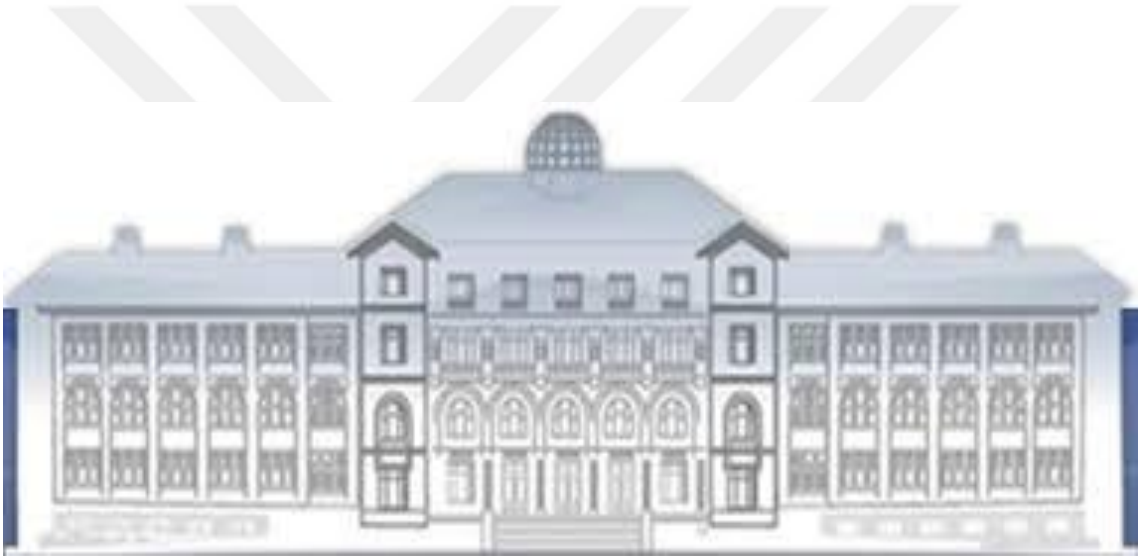
Diğer Dergilerde Yayınlanan Makaleler

- Çağın, M., Abdioğlu, M., Cicioğlu, H. İ., Gülşen Eşkil, K. and Kocaman, H. (2025). A study on adolescent tennis players: Investigation of the relationship between change of direction and selective attention, simple, selective and discrimination visual reactions. *Frontiers in Health Informatics*, 14(1), 392-401.
- Çağın, M., Dönmez, A., Baykara, C. and Onbaşı, S. İ. (2024). The effect of exercise on life engagement and subjective vitality: An intercultural study during the Covid-19 pandemic. *Herkes İçin Spor ve Rekreasyon Dergisi*, 6(4), 395-403.
- Çağın, M., Çimen Polat, S., Altınsoy, Ş. D., Turgut, A. and Sarol, H. (2024). The identification of commonly used pharmacological ergogenic aids and an investigation of their relationship with gastrointestinal symptoms. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*, 22(1), 2874-2880.
- Çağın, M., Çimen Polat, S., Eriş, K., Gülşen Eşkil, K., Eşkil, R. and Sarol, H. (2024). Investigation of the cognitive flexibility, sleep quality, academic performance of students based on physical activity level. *Educational Administration: Theory and Practice*, 30(4), 112-118.

- Çimen Polat, S., Çağın, M. and Sarol, H. (2024). The effect of 8-week apparatus technique training on hand and foot simple, selective and discrimination reactions of female athletes. *Pegem Eğitim ve Öğretim Dergisi*, 14(3), 407-416.
- Çağın, M., Orhan, Ö., Çimen Polat, S., Çetin, E. and Sarol, H. (2024). Investigation of the effects of caffeine intake on reaction time, acceleration, speed and balance in short distance runners. *International Journal of Religion*, 5(4), 89-96.
- Çağın, M., Demir, A., Çimen Polat, S. ve Yarım, İ. (2024). Pilates egzersizi yapanların beslenme bilgi düzeyleri ile vücut kompozisyonları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Spor ve Bilim Dergisi*, 2(1), 19-26.
- Çağın, M., Çimen Polat, S., Orhan, Ö., Çetin, E., Abdioğlu, M., Yarım, İ. and Cicioğlu, H. İ. (2024). Reliability and validity of ÇAĞIN hand and foot reaction tests protocol. *Journal of Education and Future*, 25(1), 59-74.
- Çağın, M., Çimen Polat, S., Buruş, M., Orhan, Ö. and Sarol, H. (2024). A study on footballers: Is the Mediterranean diet a good defender of the gastrointestinal system? *International Journal of Religion*, 5(4), 82-88.
- Çağın, M., Çimen Polat, S., Bostan, D. and Cicioğlu, H. İ. (2024). Investigation of the relationship between the self-efficacy and cognitive flexibility of karate referees. *Spor Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 80-88.
- Çağın, M., Doğan, B., Çimen Polat, S., Orhan, Ö., Sarol, H. and Çağlar, E. Ç. (2024). Investigation of the relationship between reactive strength and speed, change of direction, agility and reaction time in rugby players. *Educational Administration: Theory and Practice*, 30(4), 141-151.
- Çağın, M., Çimen Polat, S., Aslan, S. and Cicioğlu, H. İ. (2024). Examination of the relationship between the self-efficacy and decision-making styles of wrestling referees. *Journal of ROL Sports Sciences*, 5(1), 99-111.
- Çağın, M., Demir, A., Çimen Polat, S. and Yarım, İ. (2024). Pilates egzersizi yapanların beslenme bilgi düzeyleri ile vücut kompozisyonları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Journal of Sports and Science*, 2(1), 19-26.
- Çimen Polat, S., Çağın, M., Çamlıbel, T. and Orhan, Ö. (2023). The effect of fundamental movement skills education with rhythm on auditory reaction and coordination parameters. *Annals of Applied Sport Science*, 11(4).
- Çağın, M., Aslan, S., Kaya, M. E. ve Orhan, Ö. (2023). Kısa mesafe koşucuların bacak uzunlukları ile denge ve 30 metre sürat performansları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *İnönü Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 10(2), 1-11.
- Kara, N. Ş., Çetin, M., Dönmez, A. and Çağın, M. (2020). The relationship between cognitive flexibility and the meaning of life: A research on the students of the Faculty of Sport Sciences. *Türk Spor ve Egzersiz Dergisi*, 22(1), 142-149.

Kitaplar

- Çağın, M., Özkurt, Z. and Orhan, Ö. (2024). Pool and land training for swimmers. In B. Gökyürek, Ö. B. Arıcan, & D. G. Kaya (Eds.), *Current research and compilations in sport sciences* (ss. 39-60). İstanbul: Eğitim.
- Çağın, M. ve Çağın, C. (2024). Geçmişten günümüze kadın ve spor. In Ö. Orhan, İ. Yarım, & H. İ. Cicioğlu (Eds.), *Kadın perspektifinden fiziksel aktivite, egzersiz ve spor* (ss. 11-24). Ankara: Armada Yayınevi.
- Çetin, E., Hazar, M., Yarım, İ., Orhan, Ö., Çimen Polat, S., Tingaz, E. O. ve Çağın, M. (2023). *Sporda ergojenik yardımcıları*. Ankara: Armada Yayınevi.
- Çağın, M., Altınsoy, Ş. D. ve Cicioğlu, H. İ. (2023). Çocuk gelişiminde temel cimnastik eğitiminin yeri ve önemi. M. Ulukan & M. Dalkılıç (Eds.), *Spor bilimleri alanında gelişmeler* (ss. 167-176). Ankara: Platanus Publishing.
- Çağın, M., Özkurt, Z. ve Çimen Polat, S. (2023). Sportif yüzmenin motorik ve zihinsel yansımaları. İ. Görgüt (Ed.), *Spor bilimleri alanında uluslararası araştırmalar IX* (ss. 71-89). Konya: Eğitim Yayınevi.
- Çağın, M., Kaya, M. E. ve Çimen Polat, S. (2023). Biyomotor ve bilişsel açıdan tenis. In İ. Görgüt (Ed.), *Spor bilimleri alanında uluslararası araştırmalar IX* (ss. 7-27). Konya: Eğitim Yayınevi.
- Çağın, M. ve Yarım, İ. (2022). Uyku ve sportif performans. S. Yalçın (Ed.), *Spor bilimleri alanında uluslararası araştırmalar V* (ss. 167-176). Konya: Eğitim Yayınevi.
- Çağın, M. ve Çetin, E. (2022). Kafein ve sportif performans. S. Yalçın (Ed.), *Spor bilimleri alanında uluslararası araştırmalar V* (ss. 81-89). Konya: Eğitim Yayınevi.



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..