

T.C.  
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GENÇ ELİT FUTBOLCULARDA YÜKSEK YOĞUNLUKLU  
ARALIKLI ANTRENMANIN PERFORMANSA VE KOGNİTİF  
FONKSİYONA ETKİSİ**

**Fatih TOBAKÇAL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

FİZYOLOJİ (TIP) ANA BİLİM DALI

SPOR FİZYOLOJİSİ BİLİM DALI

**Danışman**

**Prof. Dr. Nilsel OKUDAN**

**KONYA-2019**

T.C.  
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GENÇ ELİT FUTBOLCULARDA YÜKSEK YOĞUNLUKLU  
ARALIKLI ANTRENMANIN PERFORMANSA VE KOGNİTİF  
FONKSİYONA ETKİSİ**

**Fatih TOBAKÇAL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

FİZYOLOJİ (TIP) ANA BİLİM DALI

SPOR FİZYOLOJİSİ BİLİM DALI

**Danışman**

**Prof. Dr. Nilsel OKUDAN**

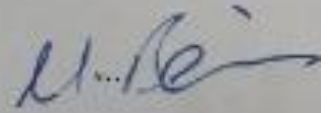
**KONYA-2019**

## ONAY SAYFASI

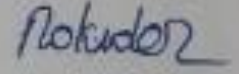
S.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Fatih TOBAKÇAL tarafından savunulan bu çalışma, jürimiz tarafından Fizyoloji (Tıp)  
Anabilim Dalı /Spor Fizyolojisi Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliği  
ile kabul edilmiştir.

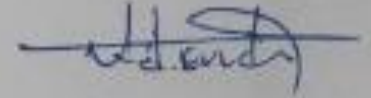
Jüri Başkanı : Prof.Dr. Muaz BELVİRANLI  
Selçuk Üniversitesi



Danışman : Prof.Dr. Nilşel OKUDAN  
Selçuk Üniversitesi



Üye : Prof.Dr. Ayşe Saide ŞAHİN  
Necmettin Erbakan Üniversitesi



### ONAY:

Bu tez, Selçuk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu ..... tarih ve ..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir..

Prof.Dr. Hasan Hüseyin DÖNMEZ

Enstitü Müdürü

## ÖNSÖZ

Bu araştırma konusunun planlanmasında yapılmasında sürekli yardım ve önerilerde bulunan, deneyimini, bilgisini ve görüşlerini benimle paylaşan, gelecekteki eğitim hayatım ve çalışmalarım konusunda beni yüreklendiren bilime teşvik eden anlayışı ile hep yanımda olan hem öğrencilik hayatımın hem sivil hayatımın birçok yönüne yön veren danışman hocam sayın Prof. Dr. Nilsel OKUDAN'a, tez dönemi boyunca laboratuvar ve test çalışmalarımda hep yanımda olan yardım ve desteklerini eksik etmeyen hocam Prof. Dr. Muaz BELVİRANLI'ya, Tezimin her aşamasında hiçbir vaktini esirgemedi bana ayıran hocam Araş. Gör. Tuğba SEZER'e ve hep yanımda olan eşim Melike TOBAKÇAL'A sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

|   |           |
|---|-----------|
| <b>SİMGELER VE KISALTMALAR .....</b>                                      | <b>İV</b> |
| ÖZET .....  | v         |
| SUMMARY .....   | vi        |
| <b>1. GİRİŞ .....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1. FUTBOL.....  | 1         |
| 1.2. DAYANIKLILIK ANTRENMANLARI.....                                      | 3         |
| 1.3. YÜKSEK YOĞUNLUKLU ARALIKLI ANTRENMAN (HIIT) .....                    | 4         |
| 1.3.1. HIIT'in VO <sub>2max</sub> Üzerine Etkileri .....                  | 5         |
| 1.4. KOGNİSYON VE FİZİKSEL AKTİVİTE.....                                  | 6         |
| 1.4.1. HIIT'in Kognisyon üzerine Etkileri.....                            | 7         |
| 1.5. WINGATE TESTİ.....   | 10        |
| <b>2. GEREÇ VE YÖNTEM.....</b>  | <b>11</b> |
| 2.1. ÇALIŞMA TASARIMI VE ARAŞTIRMA GRUBUNUN ÖZELLİKLERİ .....             | 11        |
| 2.2. ARAŞTIRMA VERİLERİ İÇİN UYGULANAN ÖLÇÜMLER.....                      | 11        |
| 2.2.1. Boy ölçümü, kilo ve vücut yağ ölçümü .....                         | 11        |
| 2.2.2. Hoff saha testi:.....  | 12        |
| 2.2.3. Laktat Testi.....  | 14        |
| 2.2.4. Wingate Testi .....  | 14        |
| 2.2.5. Mini-Mental Durum Test .....                                       | 14        |
| 2.3. ANTRENMALAR .....  | 15        |
| 2.3.1. Antrenman Protokolü.....   | 15        |
| 2.3.2. HIIT Antrenmanı Protokolü .....                                    | 15        |
| 2.4. KAN ÖRNEKLERİNİN ALINMASI VE BİYOKİMYASAL ANALİZ .....               | 16        |
| 2.4.1. Beyin Kaynaklı Nörotrofik Faktör (BDNF) Seviyelerinin Ölçümü ..... | 16        |
| 2.4.2. Fibroblast Büyüme Faktörü 21 (FGF21): .....                        | 16        |
| 2.5. İSTATİKSEL ANALİZ.....   | 17        |
| <b>3. BULGULAR .....</b>  | <b>18</b> |
| <b>4. TARTIŞMA .....</b>  | <b>20</b> |
| <b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>  | <b>22</b> |
| <b>6. KAYNAKLAR.....</b>  | <b>23</b> |
| <b>7. EKLER.....</b>  | <b>29</b> |
| <b>8. ÖZGEÇMİŞ.....</b>   | <b>30</b> |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

BDNF: Beyin Kaynaklı Nörotrofik Faktör

FGF21: Fibroblast Büyüme Faktörü21

HIIT: Yüksek Yoğunluklu Aralıklı Antrenman

OG: Ortalama Güç

PG: Pik Güç

VO<sub>2max</sub>: Maksimal Oksijen Tüketim Kapasitesi

YI: Yorgunluk İndeksi



## ÖZET

T.C.  
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

### **Genç Elit Futbolcularda Yüksek Yoğunluklu Aralıklı Antrenmanın Performansa Ve Kognitif Fonksiyona Etkisi**

**Fatih Tobakçal**

**Fizyoloji (Tıp) Ana Bilim Dalı**

**Spor Fizyolojisi Bilim Dalı**

#### **YÜKSEK LİSANS TEZİ / KONYA-2019**

Bu çalışmada genç elit futbolcularda 6 haftalık yüksek yoğunluklu aralıklı antrenman programının dayanıklılık kapasitesi ve kognitif fonksiyonlar üzerine etkisi olup olmadığının ortaya konması amaçlanmıştır.

Çalışmaya Konya Anadolu Selçukspor alt yapısında futbol geçmişi en az 6 yıl olan 18-23 yaşları arasında 20 gönüllü elit sporcu katıldı. Bu 20 kişiden rastgele 2 grup ( HIIT ve Antrenman Grubu) oluşturuldu. Normal Antrenman ve Yüksek Yoğunluklu Aralıklı Antrenman programlarına başlamadan 1 hafta önce her iki gruba da maksimal oksijen tüketim kapasitesilerini ( $VO_{2max}$ ) belirlemek için Hoff saha testi ve bilişsel durumlarını değerlendirmek için Mini Mental Durum testi uygulandı, anaerobik güçlerini belirlemek için Wingate Testi yapıldı ve venöz kanları alındı. 6 haftalık antrenman programlarından sonra tüm ölçümler tekrarlandı. Alınan kan örneklerinden BDNF ve FGF21 seviyeleri ELISA yöntemi ile ölçüldü. Öncesi ve sonrası değerler Paired Sample- t testi ve Wilcoxon testi ile değerlendirildi.

Antrenman sonrası Yorgunluk İndeksi,  $VO_{2max}$ , ve Mini-Mental Durum testi değerleri HIIT grubunda normal antrenman grubuna göre anlamlı olarak daha yüksekti ( $p>0,05$ ). Pik güç, ortalama güç, laktat BDNF, FGF21 değerleri açısından gruplar arası anlamlı fark saptanmadı. BDNF değerleri her iki grupta da antrenman öncesi değerlerine göre anlamlı olarak yükseldi ( $p<0,05$ ).

Sonuç olarak, HIIT antrenmanının sporcuların performans değerlerini ve kognisyonlarının normal antrenmana göre daha iyi düzeyde etkilediği söylenebilir bu yüzden futbolcularda normal antrenmana ek olarak HIIT programlarının uygulanması önerilebilir.

**Anahtar kelimeler:** Futbo; HIIT; Kognisyon;  $VO_{2max}$ ; Wingate Testi

## **SUMMARY**

T.C.  
SELÇUK UNIVERSITY  
HEALTH SCIENCES INSTITUTE

### **Impact Of High-Intensity Interval Training On Performance And Cognitive Function In Young Elite Football Players**

**Fatih Tobakçal**

**Physiology Department**

**Sports Physiology**

**MASTER THESIS/ KONYA-2019**

The objective of this study is to identify whether a six-week high-intensity interval training has an impact on the endurance capacity and cognitive functions in young elite footballers or not.

Twenty elite athletes aged 18-23, with at least six-year football background at the Konya Anadolu Selçukspor youth setup took part in the study as volunteers. Two groups were constituted from among such 20 people randomly (HIIT and Training Group). To both groups, a Hoff site test was applied to determine their maximal oxygen consumption capacities ( $VO_{2max}$ ) and a Mini Mental durum test was applied to ascertain their cognitive conditions, Wingate Bicycle Ergometer Test was conducted to see their anaerobic strengths, and their venous blood samples were taken, one week before starting the Normal Workout and High-Intensity Interval Training programs. All the measurements were repeated following the six-week training programs. From the blood samples taken, the BDNF and FGF21 levels were measured by means of the ELISA method. The before and after values were assessed through the Paired Sample- t test and Wilcoxon test.

The Post-training Fatigue Index,  $VO_{2max}$ , and Mini-Mental test values appeared significantly higher in the HIIT group than the normal training group ( $p>0,05$ ). No significant difference was determined between the groups in terms of peak power, average power, and lactate BDNF, FGF21 values. BDNF values increased in both groups significantly from their pre-training values ( $p<0,05$ ).

As a result, it is possible to say that HIIT affect the performance values and cognitions of the athletes better levels than normal training and to suggest that athletes can implement HIIT schedules in addition to their normal training.

**Key Words:** Cognition; Football; HIIT;  $VO_{2max}$ ; Wingate Test



# 1. GİRİŞ

## 1.1. Futbol

Futbol, toplam 260 milyon futbolcu ile dünyadaki en popüler spordur. Futbol oyunu teknik, taktik ve iyi performans gerektirir. Maçlarda yüksek dayanıklılık kapasitesi önemlidir ve futbolda skoru etkileyen en önemli unsurlardan biridir. Futbolcuların patlayıcı gücü olan birçok aktivite yapması gerekmektedir. Sprint patlaması 2-4 saniye süren her 90 saniyede bir gerçekleşir ve bir futbol maçında toplam koşu mesafesinin %1-11'ini oluşturur. Ayrıca, vücut dengesini korumak ve topun savunma basıncına karşı kontrolünü sağlamak için kuvvetli kas kasılmaları (yani vücut temas durumu) bir futbol maçı sırasında sıkça görülen bir durumdur. Her oyuncunun bir maçta 8-12 km'lik bir mesafeyi tamamlaması gerekir ve ortalama iş yoğunluğu maksimum kalp atış hızının % 80 ile % 90'ı arasındadır. Bu nedenle, güç ve dayanıklılık, oyuncuların bir futbol maçında iyi performans göstermeleri için temel unsurlardır (Hardaway ve ark 2016).

Sezon boyunca profesyonel futbolculara uygulanan antrenman yüklerinin, oyuncuların dayanıklılığını uygun şekilde teşvik etmesi ve iyileştirmesi amaçlanmaktadır (Impellizzeri ve ark 2005). Bireyselleştirilmiş antrenman programlarına (hacim ve yoğunluk) kronik olarak maruz kalmanın, oyuncuların form düzeylerinde faydalı etkiler oluşturması beklenir (Manzi ve ark 2009). Bununla birlikte, takım sporlarında ve özellikle futbolda, oyuncular üzerinde daha iyi bir etki oluşacağı düşünülen grup antrenmanları yoğun olarak kullanılmaktadır (Arcos ve ark 2014, Gil-Rey ve ark 2015).

Antrenman yükü ile bu yüke karşı oluşan fiziksel ve fizyolojik değişiklikler antrenman sürecinin belirleyici bileşenlerinden biri olarak kabul edilebilir (Fitzpatrick ve ark 2018) ve bu durum oyuncuların kapasite durumuna antrenman uyarıcılarının uygunluğuna, sezonun evresine ve hatta her bir oyuncu için ne kadar iyi antrenman yapıldığına bağlı olarak farklılık gösterebilir (Owen ve ark 2012). Günümüzde, bir futbol antrenmanında kişinin dayanıklılık durumuna bağlı olarak maksimum kalp atım hızlarının (HRmax) % 63,5 (Clemente ve Nikolaidis 2016) ile % 87,1'i (Suarez Arrones ve ark 2014) arasında değişmektedir. Antrenman ve rekabetin taleplerine dayanabilmek, sezon boyunca artan maçlarla başa çıkabilmek

ve yaralanmaları önlemek için yüksek dayanıklılık seviyelerine ihtiyaç vardır (Nedelec ve ark 2012)

Kardiyorespiratuar fitness ve maksimum oksijen alımı ( $VO_{2max}$ ), futbol performansını etkileyen en önemli parametrelerden biridir (Helgerud ve ark 2007). Futbolda kullanılan baskın enerji sistemi aerobik sistemdir. Aerobik sistem egzersiz sırasında gerekli olan enerjinin lipoliz ile elde edilip kaslara iletilmesini sağlar ve kardiyovasküler sistemi geliştirerek egzersizin uzun süre devam ettirebilmesine yardımcı olur. Futbolcular böylelikle müsabaka boyunca dayanıklılıklarını devam ettirebilirler (Bangsbo ve ark). Ayrıca; yüksek aerobik kapasite, performanstaki iyileşmelerin yanısıra futbol oyuncularının laktik asit üretimini sınırlamalarına ve egzersiz sırasında kreatin fosfat kullanımlarını artırmalarına izin verir (Balsom ve ark 1993).

Aerobik kapasitedeki artışın oyuncuların fiziksel form durumu, tekniği ve taktiksel performanslarındaki artışlarla uyumlu olduğu bildirilmiştir. Aerobik kapasiteye ek olarak, futboldaki kısa süreli ve maksimum çaba gerektiren hareketler anaerobik kapasiteye bağlıdır. Bu nedenle, anaerobik ve aerobik kapasiteler futbol performansı için önemlidir (Arazi ve ark 2017). Bu değişkenleri iyileştirmek için etkili bir antrenman yöntemi olarak hem aerobik ve anaerobik kapasite üzerinde etkileri olan yüksek yoğunluklu aralıklı antrenmanlar (HIIT) ön plana çıkmıştır (Laursen ve Jenkins 2002). Spor branşlarına bakıldığı zaman uzun süreli koşu gerektiren bireysel sporlarda (maraton), takım sporlarına göre aerobik antrenmanların daha uzun süre devam ettirilebildiği ancak takım sporlarında ise kısa süreli anaerobik antrenmanların daha iyi tolere edildiği görülmüştür. Dayanıklılık, aerobik enerji metabolizmasına dayanan hareketlerle daha iyi artırılır. İskelet kas kasılmasında substrat metabolizması değiştirilerek vücudun oksijeni taşıma ve yararlanma yeteneğinin artması sağlanır. Ancak birçok çalışma, en az birkaç hafta uygulanan yüksek yoğunluklu aralıklı antrenmanların oksijen harcanmasını ve iskelet kaslarındaki biyogenezde görevli mitokondriyal enzimlerin aktivitelerini artırdığını göstermiştir (Gibala, 2012).

## 1.2. Dayanıklılık Antrenmanları

Dayanıklılık, kas yoğunluğuna bağlı olarak ya da kas yoğunluğu olmaksızın fiziksel aktiviteye devam edebilme g¼c¼ olarak ifade edilmektedir. Diğer bir ifade ile uzun s¼reli yapılan egzersizler sonucunda v¼cudun yorgunluk karşısında g¼stermiř olduğu direncin boyutudur ve direncin s¼z konusu b¼y¼kl¼đ¼ aerobik ve anaerobik metabolizma kapasitesine bağlıdır (Sevim 2010). Fizyolojik a¼ıdan bakıldığında kişinin maksimal aerobik g¼c¼ dayanıklılık ile eşdeğerdir. Dayanıklılık oranı; bireylerin yaşına, ağırlıklarına, cinsiyetlerine ve fiziksel performans d¼zeylerine g¼re değişiklik g¼stermektedir. Dayanıklılık antrenmanları ile iskelet kası metabolizmasında değişiklikler oluşur, mitokondrial oksidatif kapasitede artış meydana gelir ve b¼ylece gen transkripsiyonu yolu ile kasta iyileşmeler meydana gelir (Cho ve ark 2019). Bireysel antrenman programları ile dayanıklılık kapasitesinde %10-20 arasında artış g¼r¼lmektedir (Demir 1999).

Sporcularda dayanıklılığı tanımlayan d¼rt bileşen bulunmaktadır. Birincisi herhangi bir spor dalı ile ilişkili olmayıp, genel olarak yorgunluğa karşı direnç oluşturabilme g¼c¼ olan genel dayanıklılıktır (Arı 2010). İkincisi; spor t¼r¼ne ođg¼ antrenmanlarla arttırılabilen, yaşılardaki stresli ortamlardan etkilenebilen özel dayanıklılıktır (Meta 2005, Bompa 2011). Üç¼nc¼s¼; özellikle uzun s¼reli antrenmanlarda temel belirleyici olan ve kişinin v¼cudunda yeterli oksijenizasyonun devamına izin veren aerobik dayanıklılıktır. Antrenman s¼resince kişinin enerji sisteminde oksijen ve oksidasyon işlemi denge halinde s¼rd¼r¼l¼r (Oral ve ark 2016). D¼rd¼nc¼s¼ ise; kısa s¼reli, h¼cum, ani y¼n değiştirme gibi patlayıcı kuvvet gerektiren durumlarda ¼n plana ¼ıkan anaerobik dayanıklılıktır. Fakat bu ani ¼ıkıř ve s¼ratlı koşular sonrasında savunma yapılırken kendi aralarında paslaşma ya da b¼lgeler arası yer değiştirmede aerobik dayanıklılık gerekmektedir. Futbol, basketbol gibi sporlarda farklı hareketlerin aynı anda s¼rd¼r¼lebilmesi i¼in aerobik ve anaerobik enerji sistemlerine birlikte ihtiyaç duyulmaktadır (Oral ve ark 2016).

Dayanıklılığın gelişmesinde ¼nemli olan aerobik kapasite (maksimum oksijen alımı ile belirlendiği gibi,  $VO_{2max}$ ) spor performansı i¼in ¼ok ¼nemlidir. Bir sporcunun aerobik kapasitesi ne kadar y¼ksekse, belirli bir yoğunlukta o kadar uzun s¼re egzersiz yapabilirler (Jones ve Carter 2000). Aerobik dayanıklılık antrenmanları uygulanan yoğunluğa g¼re üç gruba ayrılabilir. D¼ř¼k, orta, ve y¼ksek olarak

ayrılan gruplardan özellikle  $VO_{2max}$ 'ın geliştirilmesinde yüksek yoğunluklu aerobik antrenmanlar kullanılmaktadır (Mohr ve Iaia 2014, Bangsbo ve ark 2006). Buradaki amaç  $VO_{2max}$  düzeyini belirleyen kardiyak outputun geliştirilmesini sağlamaktır. Bunun sonucunda futbolcular yüksek tempo gerektiren hareketleri birçok kez yapabilmektedirler (Bangsbo ve ark. 2006).

### **1.3. Yüksek Yoğunluklu Aralıklı Antrenman (HIIT)**

Yüksek Yoğunluklu Aralıklı Antrenman (HIIT), yüksek yoğunluklu egzersizin yüklenme ve dinlenme aralıklarıyla bölünmüş şeklidir ve sporcular tarafından yıllardır kullanılmaktadır. İlk olarak bu yöntem 1920 yılında orta ve uzun mesafe koşucularının en iyilerinden olan Paavo Nurmi tarafından uygulanmaya başlanmıştır. 1950'li yıllarda Emil Zatopek tarafından kullanılması ile de popüleritesi artmıştır (Billat 2001). Aralıklı egzersiz ile kardiyovasküler ve metabolik hastalıklarda iyileşme sağlanırken, sporcuların bu yoğun aktiviteyi uzun süre devam ettirebildikleri ve bıraktıktan sonra hızlı toparlanma sağladıkları görülmüştür (Cicioni-Kolsky ve ark 2013).

HIIT antrenmanlarının  $VO_{2max}$ , iskelet kası, performans üzerine belirgin etkilerinin olduğu çalışmalarda belirtilmektedir. Ayrıca HIIT'in farklı formları bisikletçilerde, yüzücülerde ve koşucularda fizyolojik ve hematolojik adaptasyonları belirlemek için kullanılmıştır (Driller ve ark 2009). Son zamanlarda, HIIT'in kognisyon üzerindeki etkileri de bildirilmiştir; bununla birlikte, mevcut kanıtlar azdır (Afzalpour ve ark 2015, Lucas ve ark, 2015, Coetsee ve Terblanche 2017, Santos-Concejero 2017, So ve ark 2017, Freitas ve ark 2018, Robinson 2018).

HIIT; maksimal kalp hızını % 80 ve daha yüksek değere ulaştıracak yoğunlukta yüklenmelerle birlikte, pasif veya düşük yoğunlukta aktif dinlenmeden oluşan bir antrenman programıdır (Kravitz 2014). Yüklenme ve dinlenme süreleri için standart bir oran olmamakla birlikte; en bilineni Tabata'nın uyguladığı 1:1 protokolüdür (Coswig ve ark 2016). Fakat kişinin antrenmana başlama seviyesine göre 1:2, 2:1 gibi oranlarla değişebilmektedir (Bartram 2015)

HIIT; yürüme, koşma, yüzme, bisiklet sürme gibi farklı özellikteki aktivitelere ve farklı form seviyelerindeki bireylere uygulanabilmektedir. Ayrıca orta

yoğunlukta devamlı egzersizlerle elde edilen fitness durumuna daha kısa bir süre içerisinde ulaşılabilir (Kravitz 2014). Bununla ilgili olarak yapılan bir çalışmada (Burgomaster ve ark 2008); 6 haftalık HIIT programı (haftada 3 kez; 4'er dakika dinlenme aralıklarıyla bölünmüş; 4x30 sn lik yüklenme) ile orta yoğunlukta devamlı egzersiz programı (40-60 dakika bisiklet sürme haftada 5 gün) karşılaştırılmış, performanstaki iyileşmelerin HIIT'de, devamlı egzersizde görülene benzer özellikte olduğu tespit edilmiştir. Devamlı egzersizin neredeyse üçte biri kadar olan bir sürede bu cevapların oluşması HIIT'e olan ilgiyi daha da arttırmıştır. Çünkü zaman probleminden dolayı, fiziksel aktiviteyi devam ettiremeyenlere alternatif bir çözüm yolu olmuştur.

Egzersizin vücut üzerinde oluşturduğu yapısal ve fizyolojik değişimler antrenmanın biçimine, şiddetine ve sıklığına bağlı olarak değişir. Yüksek yoğunluklu aralıklı antrenman içeren programlar, sürekli yapılan düşük yoğunluklu aktivitelere kıyasla fizyolojik değişkenlerde önemli artışlara yol açar. Sedanterlerde fiziksel aktivitenin oluşturduğu pozitif etkilerin yanı sıra spor bilimciler, kondisyonerler ve antrenörler de sporcuların performansını ve sağlıkla ilgili fizyolojik parametrelerini geliştirecek yeni antrenman metotları arayışına girmektedirler (Issurin, 2010). Buradaki amaç; öncelikli olarak aerobik kapasiteyi geliştirmeye yöneliktir. Çünkü aerobik kapasiteyi geliştirmek oldukça yoğun çalışma ve uzun zaman gerektirir. Çalışma süresi olarak her bir seansı en az 45-50 dakika olan ve haftada en az 3 kez tekrarlanan dayanıklılık egzersizlerini 8-12 hafta sürdürmek şarttır (ACSM 2011). Bu sürenin fazla olmasından dolayı aerobik kapasitenin artırılmasında daha etkili olduğu düşünülen yüksek yoğunluklu aralıklı antrenman (HIIT) yöntemleri sporcularda da dayanıklılık performansını arttırmak amacıyla uygulanmaktadır (Gibala ve ark 2012). Bu antrenman programı hızlı ve etkinli adaptasyon sağlarken aynı zaman da egzersizin süresini kısaltır, ayrıca sporcular için fizyolojik adaptasyon, sağlık ve performans düzeylerinde yeni ve olumlu katkılar ortaya koymaktadır. Sporcular kardiyovasküler sistem ve periferik adaptasyon için birkaç dakika harcayarak optimal uyarıyı (% 90  $VO_{2max}$ ) oluştururlar (Gibala ve ark. 2012).

### **1.3.1. HIIT'in $VO_{2max}$ Üzerine Etkileri**

$VO_{2max}$  aerobik performansın belirleyicilerinden biridir (Helgerud ve ark 2007). HIIT'de meydana gelen  $VO_2$  pikindeki mutlak artış klinik açıdan önemlidir;

çünkü aerobik egzersizde her 3,5 ml/kg/dk artış kardiyovasküler hastalık riskini %19 düşürmektedir (Lee ve ark 2011). 2016 yılında yapılan bir çalışmada  $VO_{2max}$  üzerine aralıklı ve devamlı egzersizin etkisi incelenmiş ve egzersiz süresinin önemi olmaksızın aralıklı egzersizde daha iyi bir  $VO_{2max}$  düzeyi elde edilmiştir (Milanović ve ark 2015).

HIIT sadece fizyolojik parametreleri ve performansı geliştirerek sporcuların performansını  $VO_{2max}$  % 90'ı üzerinde uzun süre devam etmesini sağlayan antrenman protokolü olarak spor biliminin dikkatini çekmektedir (Buchheit ve Laursen, 2013). Ouerghi ve ark (2014) çalışmasında 16-21 yaş arası 16 futbolcuya 12 hafta HIIT ve normal antrenman yaptırılmış ve  $VO_{2max}$  değerlerinin HIIT grubunda anlamlı şekilde daha yüksek olduğunu tespit edilmiştir. Kesitsel çalışmalarda  $VO_{2max}$ 'daki değişikliklerin arterovenöz oksijen farklılıklarından ziyade maksimum stroke volüm ve kardiyak outputdaki değişimden kaynaklandığı belirtilmiştir (Montero ve Diaz-Canestro 2016).

Aralıklı koşular sırasında  $VO_{2max}$ 'da kan laktat seviyelerinin düşük olması (önemli ölçüde olmasa da) sürekli koşu ile karşılaştırıldığında daha verimli bir çalışma olarak bildirilmiştir (Billat ve ark 2000). Daha ileri araştırmalar ise aralıklı antrenmanların devamlı antrenmanlara göre daha yüksek  $VO_{2max}$  ve  $VO_2$  pik seviyesine neden olduğunu ve egzersiz sonrası laktat seviyesinin de önemli derecede yüksek olduğu bildirilmiştir (Zaferiridis ve ark 2015).

#### **1.4. Kognisyon ve Fiziksel Aktivite**

Fiziksel aktivite, enerji harcanması ile sonuçlanan iskelet kaslarının ürettiği herhangi bir bedensel hareket olarak tanımlanmaktadır (Allender ve ark 2006). Sağlıklı yaşam sürdürmek için fiziksel aktivite şarttır ancak modern toplumda, mekanik ulaşımın kullanılması, televizyon, bilgisayar gibi teknolojik uğraşların oluşması sonucu inaktivite giderek artmaktadır. Hem gelişmekte olan hem de gelişmiş ülkelerde önemli bir halk sağlığı sorunu olan fiziksel hareketsizlik, küresel bir salgın olarak kabul edilmektedir. Modern sedanter yaşam tarzı; kardiyovasküler ve solunum fonksiyonları bozarak fonksiyonel hareket kabiliyetini azaltan hipertansiyon, aşırı kilo ve hiperglisemi gibi hastalıklara neden olmaktadır (Schmidt ve ark 2014). Düzenli fiziksel aktivite, fonksiyonel kapasitenin sürdürülmesi,

arttırılması ve sağlıklı yaşlanma için önemli bir faktördür. Birçok hastalığın önlenmesi ve tedavisinin bir parçası olarak önerilmektedir (Anderson ve ark 2014).

İnsan beyni doğumla birlikte yaklaşık 10 milyar nöron içermektedir. Yaşın ilerlemesi ile birlikte sinaptik bağlantılar (gri madde) büyür ve beyin ağırlığı artar. Ancak bu büyüme ergenlik döneminden sonra azalmaya başlar ve bu durum büyük ölçüde çevresel etkiler tarafından belirlenir ve öğrenmeyi (kognisyonu) temsil eder (Craik ve Bialystok 2006). Kognisyonu etkileyen durumlar arasında obezite gibi metabolik hastalıklar ve fiziksel aktivite gibi yaşam tarzı değişiklikleri gelmektedir (Hwang ve ark 2016). Ayrıca fiziksel aktiviteye katılımın; direk ve dolaylı olarak fizyolojik, bilişsel ve öğrenme mekanizmalarını etkileyerek beyin fonksiyonlarını, kognisyonu artırdığını ileri sürülmektedir (Hilman ve ark 2008). Bu yüzden son zamanlarda, kognisyonu geliştirmek için fiziksel aktivitenin teşvik edilmesine olan ilgi artmakta ve egzersizin olumlu yönde etkilediğine dair kanıtlar da oluşmaktadır (Gajewski ve Falkenstein 2016).

#### **1.4.1. HIIT'in Kognisyon üzerine Etkileri**

Egzersizle geliştirilen kardiyovasküler uygunluğun bilişsel performansın artırılmasına aracılık eden bir faktör olduğu ileri sürülmektedir (Sing ve ark 2005). HIIT'in diğer egzersiz türlerine göre daha iyi kardiyolojik uygunluk gibi fizyolojik cevaplar oluşturduğu düşünüldüğünde bilişsel fonksiyon üzerinde de daha iyi etki oluşturacağı düşünülebilir, ancak bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar sınırlıdır (Coetse ve Terblanche 2017)

Egzersiz ile kognisyon arasındaki ilişkiye aracılık eden faktörlerin anjiyogenez, sinaptogenez ve nörojenez gibi mekanizmalar olduğu öne sürülmektedir. Burada etkilenen bölge kognitif fonksiyonlar açısından önemli olan hipokampüstür. Egzersizin beyin kaynaklı nörotrofik faktör (BDNF) düzeyini artırarak kognisyonu etkilediği gösterilmiştir (Niu ve ark 2018). Bununla birlikte, bu biyolojik mediatörlerdeki artışın direk aerobik dayanıklılık ile ilişkili olmadığı ve antrenmanın kognisyonu farklı yollarla etkilediği öne sürülmüştür (Smiley-Oyen ve ark 2008, Hotting ve ark 2013).

Costigan ve ark (2016) yaptığı bir çalışmada HIIT'in farklı protokolleri adolesanlara uygulanmış ve bilişsel fonksiyonlarda anlamlı şekilde gelişmeler olduğu tespit edilmiştir. Ancak HIIT'in sporcular üzerinde kognisyonu ne derecede etkilediği ile ilgili yeterli veri bulunmamaktadır.

### **Beyin Kaynaklı Nörotrofik Faktör (BDNF)**

Beyin kaynaklı nörotrofik faktör (BDNF), periferik ve merkezi sinir sistemlerinde bulunan, nöron gelişimi, plastisite, farklılaşma ve sağkalımda önemli rol oynadığı bilinen nörotrofin protein ailesinin bir üyesidir (Hartman ve ark 2012 ve Lesmann ve ark 2003). BDNF, trombositlerde depolanır ve pıhtılaşma işlemleri sırasında salınır; bu, plazma BDNF (Fujimura ve ark 2002 ve Knaepen 2010) konsantrasyonuna göre yaklaşık 200 kat daha yüksek olan serum BDNF konsantrasyonlarına yol açar. BDNF, beyin bölgelerinde, serebral korteks, hipotalamus ve serebellumda özellikle hipokampusta yüksek konsantrasyonlarda bulunan bir proteindir (Murer ve ark 2001). BDNF üretiminin yapıldığı yerlerden biri de iskelet kası hücreleridir (Matthews ve ark 2009 ve Ogborn ve ark 2010), ancak kasta üretilen BDNF'nin serum veya plazmada ölçülen BDNF seviyelerine doğrudan katkısının olmadığı düşünülmektedir (Rasmusen ve ark. 2009, Seifert ve ark 2010, Zoladz 2007). BDNF düzeyindeki artışların hipokampusa bağımlı olan öğrenme ve hafıza görevlerinde, gelişmiş biliş ile olumlu yönde ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, insanlarda akut fiziksel egzersizin beyindeki BDNF seviyelerini arttırdığına ve sağlıklı bireylerde ve hastalarda bilişsel işlevlerin geliştirilmesinde rolü olduğuna inanılmaktadır (Nagamatsu ve ark 2014, Roig ve ark 2013, Roing ver ark 2013). Egzersizin hem zihinsel (Roig ve ark 2013, Smith ve ark 2010) hem de ruh halini iyileştirdiğini gösteren (Josefsson ve ark 2014, Rethorst ve Trivedi, 2013, Stathopoulou ve ark 2006) ve BDNF aktivitesinin bu etkilere aracılık edebileceğini gösteren çok sayıda kanıtlar vardır. (Erickson ve ark 2012, Heyman ve ark 2012, van Praag ve ark 2005, Vaynman ve ark 2004). Egzersize bağlı BDNF artışlarına ilişkin kanıtlar göz önüne alındığında, ruh halinin veya kognisyonun iyileştirilmesinde BDNF aktivitesinin uyarılması potansiyel bir strateji olarak görülebilir (Schmidt ve Duman 2010). Daha spesifik olarak, egzersizin sağlıklı bireylerde BDNF seviyesi üzerine olan etkisinin egzersizin tipine ve yoğunluğuna bağlı olduğu görülmüştür (Ferris ve ark 2007, Knaepen ve ark 2010, Winter ve ark



2007). Aerobik antrenmanların BDNF düzeylerini anlamlı bir şekilde artırdığı ortaya konmuştur. Ayrıca, aerobik egzersiz programının, istirahat durumundaki BDNF seviyelerini önemli ölçüde artırdığıda gösterilmiştir (Szuhany ve ark 2015). Ayrıca egzersizle birlikte düzeyi artan FGF21 de beyinde peroksizom proliferatör aktive edilmiş reseptör  $\gamma$  koaktivatör 1 $\alpha$  (PGC1- $\alpha$ ) üzerinden kognisyon üzerindeki etkiye katkıda bulunmaktadır (Johanna 2014).

### **Fibroblast Büyüme Faktörü 21 (FGF21)**

Fibroblast büyüme faktörü 21 (FGF21), FGF ailesinde 209 amino asitlik bir polipeptididir. FGF21, hücre çoğalması, büyümesi ve farklılaşmasını sağlayan fibroblast büyüme faktörü ailesinin bir üyesidir. FGF21 protein ekspresyonu ve salgısı insülin tarafından düzenlenir (İzumiya ark 2008). FGF21 endokrin hormon benzeri etki eder ve karaciğer, pankreas, testis, kalp, timus, beyinde ve yağ dokusunda görülür (Brahma ve ark 2014, Fon Tacer ve ark 2010, Kharitonov ve Shanafelt 2009, Nishimura ve ark 2000). FGF21, glukoz ve lipid metabolizmasını kontrol ederek metabolik düzenlemenin ilerlemesinde önemli bir rol oynar (İzumiya ve ark 2008 ve Hojman ve ark 2009). Açlık ve ketojenik durum sırasında FGF21 seviyesinde artış meydana gelir ve besleme sonrası bu artış tekrar eski seviyelerine dönmeye başlar (Badman ve ark 2007). Bir çalışmada farelerde 12 saatlik açlık sonrası FGF21 seviyelerinde artış olduğu tespit edilirken insanlarda bu süre yaklaşık 7 gün olarak tespit edilmiştir (Inagaki ve ark 2007, Galman ve ark 2008). FGF21 seviyelerinin obezite, metabolik sendrom ve diyabet gibi çeşitli patolojik koşullar altında da arttığı gösterilmiştir (Bobbert 2013, Mahili 2011).

FGF21 beyinde glia hücreleri ve nöronlar tarafından üretilebilir (Johanna 2014) Ek olarak, FGF21'in eksojen uygulamayı takiben kan beyin bariyerini geçebildiği gösterilmiştir ve insan beyin omurilik sıvısında tespit edilmiştir (Hsueh 2007). FGF21'in beyinde peroksizom proliferatör aktive edilmiş reseptör  $\gamma$  koaktivatör 1 $\alpha$  (PGC1- $\alpha$ ) düzeyinin ve aktivitesinin artmasına aracılık ederek nöroprotektif etkilere neden olabilmektedir. Ayrıca; mitokondrial antioksidan enzimlerin seviyelerini ve mitokondrial biyogenezi artırabilmektedir (Johanna 2014).

Çalışmalarda sağlıklı insanlarda günlük fiziksel aktivite ve egzersizle ilgili serum FGF21 seviyesinin arttığı gösterilmiştir (Matthews ark 2009). FGF21'deki

artış, serbest yağ asidi ve gliserol salınımına yol açan lipolitik etkinin artmasına neden olur. Ancak, akut egzersizin ve antrenmanın FGF21 ekspresyonuna etkisi henüz net değildir ve egzersizin FGF21 ekspresyonuna neden olduğu moleküler mekanizmalar açıklığa kavuşturulmamıştır.

### **1.5. Wingate Testi**

Anaerobik güç testleri, bir sporcunun kısa sürede veya nispeten kısa bir mesafede hem güç hem de hız üretme kabiliyetini değerlendirmek için hem klinikte hem de sahada kullanılan testlerdir. Bunlar arasında en yaygın kullanılanı Wingate Bisiklet Ergonometrisi Testidir. Özellikle sporcuların performansı hakkında bilgi edinmek ve alt ekstremité güçlerini değerlendirmek amacıyla kullanılır. Wingate testi basit, invazif olmayan, kas performansını ölçmeye yönelik, bacakların yüksek miktarlarda mekanik güç üretme yeteneğinin bir yansıması olan en yüksek gücü elde etmek için güvenli olacak şekilde tasarlanmıştır (Brian ve ark 2018, Krishnan ve ark 2017).

## **2. GEREÇ VE YÖNTEM**

### **2.1. Çalışma Tasarımı ve Araştırma Grubunun Özellikleri**

Çalışma protokolü Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulunun 06.02.2019 tarihi ve 2019/60 sayılı kararı ile onaylandı. Çalışma öncesinde tüm katılımcılara çalışma hakkında bilgi verildi ve aydınlatılmış onam formları imzalatıldı.

Çalışmaya Konya Anadolu Selçukspor alt yapısında futbol geçmişi en az 6 yıl olan 18-23 yaşları arasında 20 gönüllü elit sporcu dahil edildi. Katılımcılar beden kütle indeksi 25'den küçük olan ve herhangi bir akut veya kronik hastalığı olmayan bireylerden seçildi.

Antrenman programlarına başlamadan 1 hafta önce tüm katılımcılara maksimal oksijen tüketim kapasitesini belirlemek için Hoff saha testi, kognitif fonksiyonlarını belirlemek için Mini-Mental Durum testi ve laktat değerlerini belirlemek için kan laktat ölçümü (Laktat Pro 2 Arkray Japonya) yapıldı. Daha sonra iki grup oluşturuldu (HIIT ve Antrenman). Antrenman grubunda futbolcular kendi haftalık programlarına devam ettiler. HIIT grubundakiler ise kendileri için oluşturulan protokolü uyguladılar.

Çalışma için katılımcılar 6 haftalık antrenman programlarından bir hafta önce ve antrenmanlardan sonra olmak üzere 2 kez Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Egzersiz Fizyolojisi Laboratuvarına geldiler ve her iki geldiklerinde de venöz kanları alınarak anaerobik

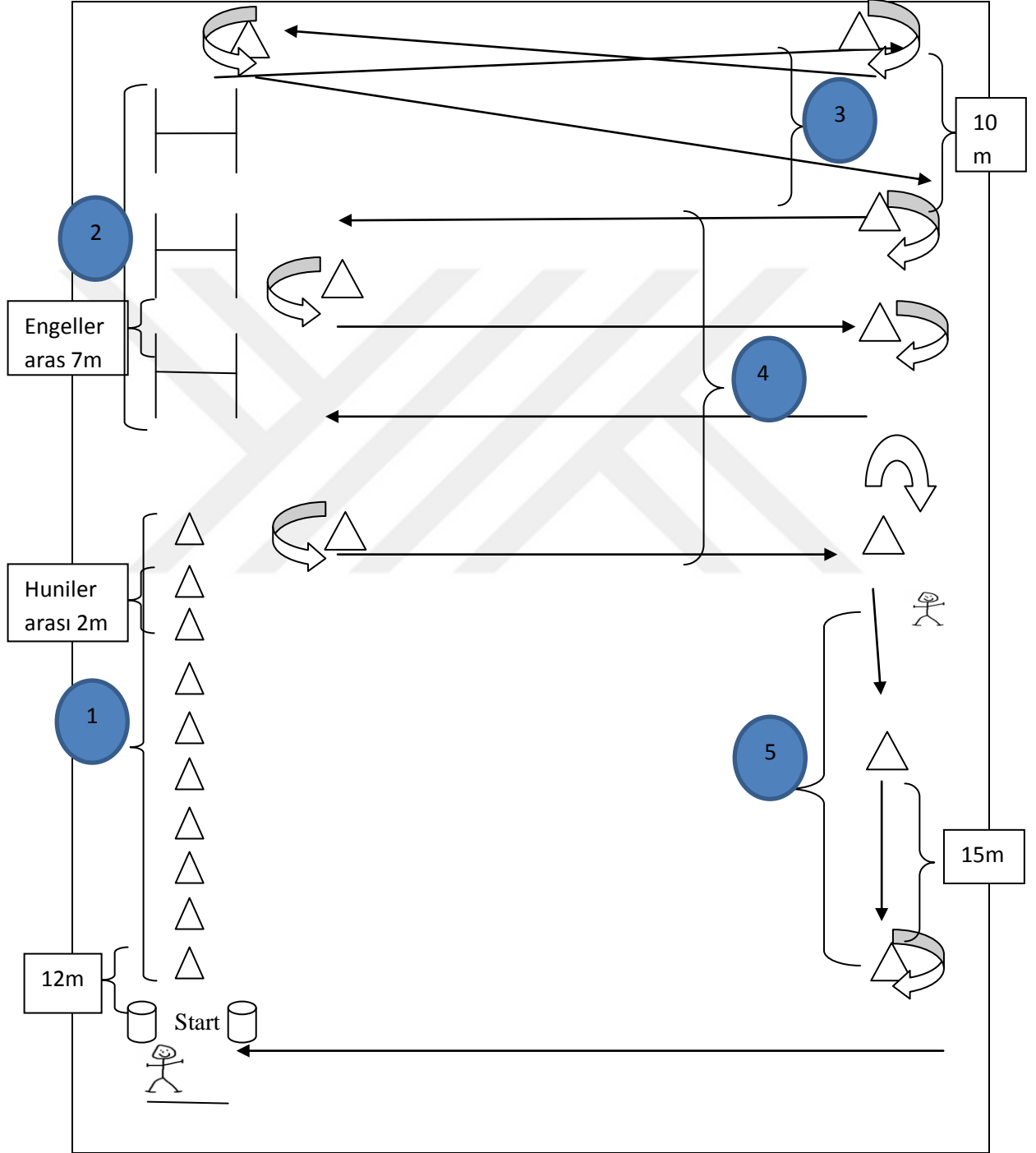
### **2.2. Araştırma Verileri için Uygulanan Ölçümler**

#### **2.2.1. Boy ölçümü, kilo ve vücut yağ ölçümü**

Boy uzunluğu belirlenirken kişilerden çıplak ayakla ve dik durmaları istendi. Ayaklar topuklardan bitişik pozisyonda, baş karşıya bakacak şekilde dururken, derin bir inspirasyon sonrası nefeslerini tuttuklarında başın üzerinde en yüksek nokta hassasiyetle ölçüldü.

Katılımcıların vücut ağırlıkları ve vücut yağ oranları biyoelektrik impedans analizörü (Philips Hollanda) ile belirlendi. Kişiler üzerlerinde yalnızca şort ve sporcu atleti ile ölçüme katıldılar.

### 2.2.2. Hoff saha testi:



Şekil 1. Hoff Saha Testi Parkuru

Katılımcılar için Anadolu Selçukspor Saraçoğlu tesislerinde toplam mesafesi yaklaşık 300 metre olan alan üzerine Hoff saha testi parkuru kuruldu. Testte her tur yaklaşık 290 m'dir. Katılımcılara 10 dakika (5 dakika jog 5 dakika sıçrama ve germe) ısınma egzersizi yaptırıldı ve her katılımcı için 1 tur adaptasyon testi yapıldı.

1. Katılımcı düdük sesiyle birlikte mümkün olduğunca hızlı top sürerek 8 koniyi geçerek teste başladı.

2. 30 cm'lik 3 engelden top sürerek top engellerin altından sporcular üstünden atlayarak engeli geçti.

3. Engelden sonra hızlı bir şekilde 3 köşe top sürmesini yaptı.

4. Hunilerin etrafından geçecek şekilde koşarak top sürmeye devam etti..

5. 2 huniyi düz koşarak geçti son huninin etrafından dönerek başlangıç noktasına geldi (Şekil 1. Hoff saha testi parkuru).

Bu aşamalar 8 dk boyunca top sürerek tekrar edildi ve süre bittiğinde düdük sesiyle test sonlandırıldı ve durduğu nokta toplam mesafe (m) kaydedildi. Toplam mesafe (m) hesaplanarak tahmini  $VO_{2max}$  ölçüldü (Şekil 2. Hoff saha testi koşu mesafesi hesaplama skalası)

| Hoff-Helgerud test<br>meter | Maximal oxygen uptake<br>mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> | Hoff-Helgerud test<br>meter | Maximal oxygen uptake<br>mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> |
|-----------------------------|---|-----------------------------|---|
| 1300                        | 48  | 1600                        | 63  |
| 1320                        | 49  | 1620                        | 64  |
| 1340                        | 50  | 1640                        | 65  |
| 1360                        | 51  | 1660                        | 66  |
| 1380                        | 52  | 1680                        | 67  |
| 1400                        | 53  | 1700                        | 68  |
| 1420                        | 54  | 1720                        | 69  |
| 1440                        | 55  | 1740                        | 70  |
| 1460                        | 56  | 1760                        | 71  |
| 1480                        | 57  | 1780                        | 72  |
| 1500                        | 58  | 1800                        | 73  |
| 1520                        | 59  | 1820                        | 74  |
| 1540                        | 60  | 1840                        | 75  |
| 1560                        | 61  | 1860                        | 76  |
| 1580                        | 62  | 1880                        | 77  |
|                             |   | 1900                        | 78  |

Şekil 2. Hoff saha testi koşu mesafesi hesaplama skalası (Hoff J. ve Helgerud J. 2003).

### 2.2.3. Laktat Testi

Her iki antrenman grubundaki sporculardan da antrenmanlara başlamadan önce ve antrenmanlar tamamlandıktan sonra dinlenme durumunda kan örneği alındı. Laktat ölçüm cihazı (Laktat Pro 2, Arkray, Japonya) kullanılarak laktat konsantrasyonu belirlendi. Belirlenen laktat değerleri hemen kaydedildi (Diego ve ark 2018).

### 2.2.4. Wingate Testi

Katılımcılar Wingate testi için Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Spor Fiziyojisi Laboratuvarına sabah saat 10.00 ve 12.00 arası 5'er kişilik gruplar halinde geldi. Tüm katılımcılar ölçümden en az 2 saat önce hafif kahvaltı yapmaları ve fiziksel aktivite yapmamaları konusunda uyarıldı. Test, Monark Peak Bike Ergomedik 894E model cihazıyla (Monark, Sweden) yapıldı. Katılımcılar 5 dakikalık bir ısınma periyodunun ardından teste alındı. Her katılımcı için sele mesafesi, gidon ve oturma yüksekliği ayarlandı ve kaydedildi. Oturma yüksekliği ayarlanırken kişinin bir ayağındaki pedal en altta ve yere paralelken diz açısının 175° derece fleksiyonda olmasına dikkat edildi ve kişinin ayakları sıkma perlonlarıyla pedala sabitlendi. Kg başına 75 gr yük ayarlandı ve katılımcı hazır olduğunda teste başlandı. Pedal hızı 100 devir/dk hıza ulaştığında kefe otomatik olarak yükü verdi. Katılımcılar kefedeki dirence karşı 30 sn boyunca maksimal güçle pedal çevirmesi için sözlü cesaretlendirme yapıldı.

Ölçüm sona erdiğinde; pik güç (PG), ortalama güç (OG), minimum güç (MG) değerleri elde edildi ve yorgunluk indeksi hesaplandı.

Yorgunluk indeksi test sırasındaki güç azalmasını yüzde olarak göstermektedir. Aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır.

$$\text{Yorgunluk indeksi \%} = \frac{\text{Pik (PG)} - \text{Minimum güç (MG)}}{\text{Pik Güç}} \times 100$$

### 2.2.5. Mini-Mental Durum Test

Tüm katılımcılara kendileri için belirlenen antrenman programlarına başlamadan önce ve programları bittikten sonra kognitif fonksiyonlarını belirlemek

için Mini-Mental Durum testi uygulandı. İki grubun da testi sabah saat 10.00-11.00 arası yapması sağlandı. Test sessiz bir odada gerçekleştirildi ve katılımcılara testteki sorular yöneltildi. Katılımcıların sorulara verdikleri cevapların puan değerleri hesaplanarak toplam puan belirlendi. 6 haftalık antrenman öncesi ve sonrası belirlenen puanlar karşılaştırıldı.

### **2.3. Antrenmanlar**

#### **2.3.1. Antrenman Protokolü**

Katılımcılara 6 hafta süresince, haftanın beş günü sabahları saat 11’de normal antrenman yaptırıldı. Normal Antrenman; pazartesi kuvvet antrenmanını, Salı dayanıklılık antrenmanını, Çarşamba sürat antrenmanını ve Perşembe ve Cuma ise teknik-taktik antrenmanını içeriyordu.

#### **2.3.2. HIIT Protokolü**

Futbolculara 6 hafta sürecek yüksek yoğunluklu aralıklı antrenmanlar haftanın üç günü (Pazartesi, Çarşamba, Cuma günleri) sabah saat 11’de uygulandı. Antrenmanların aynı saatte yapılmasına özen gösterildi. Katılımcıların el bileğine polar saat ve kalp atımlarını takip etmek için polar göğüs bandı (Polar V800 Finland) takılarak ısınmaları istendi.

10 dakika olan ısınma (5 dakika jog 5 dakika jog ve stretching) egzersizlerinden hemen sonra HIIT antrenmanına geçildi. Katılımcılar kendilerini hazır hissettiklerinde her katılımcıdan önceden belirlenen maksimum kalp atım hızının (HRmax’ların) %85-90’ nında 90 saniye boyunca koşuktan sonra düdük sesiyle beraber 90 saniye yürümelere istendi ve bu döngü 3 kez tekrarlandı. Dinlenmenin ardından soğuma egzersizleri (stretching) yapıldı ve antrenman sonlandırıldı (Abbas ve ark 2017).

Katılımcıların her birinde bulunan polar saat ile kalp atım hızları takip edilerek katılımcıların kalp atım hızları % 85 altına düştüğünde uyarıldı.

## **2.4. Kan Örneklerinin Alınması ve Biyokimyasal Analiz**

Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Spor Fizyolojisi Laboratuvarında katılımcılardan 6 haftalık antrenman öncesinde ve sonrasında venöz kan örnekleri alındı. Nüve marka NF 1200R marka santrifüj cihazında 3200 devirde 20 dakika santrifüj edilip serum ve plazmalar ayrıldı ve örnekler analiz yapılmaya kadar -80 °C'de saklandı.

### **2.4.1. Beyin Kaynaklı Nörotrofik Faktör (BDNF) Seviyelerinin Ölçümü**

Plazma BDNF seviyeleri insan BDNF ELISA kit (Bioassay Technology Laboratory Korein) kullanılarak edildi. Test prosedürü kısaca şöyle idi:

1. 50 µL standart kuyucuklara eklendi.
2. 40 µL örnek kuyucuklara eklendi ve örnek kuyucuklarına 10 µL anti BDNF antikor eklenmedi. Standartlar biyotinlenmiş madde içerdiğinden standart kuyucuklara antikor eklenmedi.
3. Kuyucuklara 50 µL streptavidin-HRP eklendi ve karıştırıldı. Üzeri kapatılarak 37 ° C'de 60 dakika inkübe edildi.
4. Kuyucuklar sonra boşaltıldı ve 350 µL yıkama tamponu ile toplamda 5 kez yıkandı.
5. Kuyucuklara 50 µL substrat A çözeltisi, 50 µL substrat B çözeltisi eklendi. Üzeri kapatılarak karanlıkta 37 ° C'de 10 dakika boyunca inkübe edildi.
6. Kuyucuklara 50 µL durdurma çözeltisi eklendi ve 10 dk içinde ELISA okuyucusunda (Powerwave XS, Biotek, ABD) 450 nm'de optik dansite ölçüldü.

### **2.4.2. Fibroblast Büyüme Faktörü 21 (FGF21)**

Plazma FGF21 seviyeleri insan FGF21 ELISA kit (Bioassay Technology Laboratory Korein) kullanılarak edildi. Test prosedürü kısaca şöyle idi:

1. 50 µL standart kuyucuklara eklendi.
2. 40 µL örnek kuyucuklara eklendi ve örnek kuyucuklarına 10 µL anti FGF21 antikor eklendi. Standartlar biyotinlenmiş madde içerdiğinden standart kuyucuklara antikor eklenmedi.



3. Kuyucuklara 50 µL streptavidin-HRP eklendi ve karıştırıldı. Üzeri kapatılarak 37 ° C'de 60 dakika inkübe edildi.
4. Kuyucuklar sonra boşaltıldı ve 350 µL yıkama tamponu ile toplamda 5 kez yıkandı.
5. Kuyucuklara 50 µL substrat A çözeltisi, 50 µL substrat B çözeltisi eklendi. Üzeri kapatılarak karanlıkta 37 ° C'de 10 dakika boyunca inkübe edildi.
6. Kuyucuklara 50 µL durdurulma çözeltisi eklendi ve 10 dk içinde ELISA okuyucusunda (Powerwave XS, Biotek, ABD) 450 nm'de optik dansite ölçüldü.

## **2.5. İstatiksel analiz**

İstatistiksel analizler SPSS (IBM SPSS Statistics 24) adlı paket program kullanılarak yapıldı. Bulguların yorumlanmasında frekans tabloları ve tanımlayıcı istatistikler kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında Independent Sample-t test iki bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında Paired Sample-t test istatistikleri kullanıldı. Normal dağılıma sahip olmayan iki bağımsız grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında Mann-Whitney U test iki bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında Wilcoxon test istatistikleri kullanılmıştır.

### 3. BULGULAR

**Çizelge 1.** HIIT ve Antrenman gruplarının antropometrik değerleri

|                      | Antrenman grubu (n=10) |                   | HIIT grubu (n=10) |                   |
|----------------------|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                      | Antrenman öncesi       | Antrenman sonrası | Antrenman öncesi  | Antrenman sonrası |
| Boy uzunluğu(m)      | 1,76±0,05              | 1,79±0,05         | 1,79±0,04         | 1,77±0,04         |
| Vücut ağırlığı(kg)   | 71,34±5,43             | 71,62±6,97        | 70,50±8,48        | 71,56±5,05        |
| Vücut yağ yüzdesi(%) | 14,17±1,75             | 13,32±2,84        | 12,75±2,96        | 14,04±1,67        |

Katılımcıların boy, vücut ağırlığı ve vücut yağ yüzdeleri açısından gruplar arası farklılık yoktu ( $p>0,05$ ) (Tablo 1).

**Çizelge 2.** HIIT ve Antrenman gruplarının performans parametrelerinin karşılaştırılması

|                                | Antrenman grubu (n=10) |                   | HIIT grubu (n=10) |                        |
|--------------------------------|------------------------|-------------------|-------------------|------------------------|
|                                | Antrenman öncesi       | Antrenman sonrası | Antrenman öncesi  | Antrenman sonrası      |
| Pik güç (W)                    | 1119,20±156,50         | 1052,10±124,11    | 1186,10±161,68    | 1133,70±157,27         |
| Ortalama güç (W)               | 604,60±55,79           | 586,61±43,16      | 619,20±65,36      | 576,59±40,77           |
| Yorgunluk indeksi              | 76,82±3,99             | 77,67±3,47        | 78,48±5,11        | 81,09±4,26*            |
| VO <sub>2</sub> max (ml/dk/kg) | 55,30±2,12             | 56,20±2,15        | 56,40±4,30        | 58,70±1,64*            |
| Laktat(mmol/l)                 | 1,53±0,25              | 3,04±1,04         | 1,42±0,24         | 3,40±0,89 <sup>a</sup> |

“\*”,  $p<0,05$ , Normal Antrenman Grubunun 6 haftalık antrenman sonrasına göre

“<sup>a</sup>”,  $p<0,05$ , Grup içi 6 haftalık antrenman öncesine göre

HIIT grubunun antrenman sonrası yorgunluk indeksi değerleri antrenman grubunun antrenman sonrası değerlerinden anlamlı olarak daha yüksekti ( $p<0,05$ ). HIIT grubunun antrenman sonrası VO<sub>2</sub>max değerleri Antrenman grubun antrenman sonrası değerlerinden anlamlı olarak daha yüksektir ( $p<0,05$ ). Pik güç, ortalama güç ve laktatın antrenman öncesi ve sonrası değerleri açısından gruplar arası anlamlı farklılık saptanmadı ( $p>0,05$ ). Ancak laktat değerleri grup içi antrenman öncesine göre anlamlı düzeyde arttı ( $p<0,05$ ) (Tablo 2).

**Çizelge 3.** HIIT ve Antrenman gruplarına göre bazı parametrelerin karşılaştırılması

|                 | Antrenman grubu (n=10) |                   | HIIT grubu (n=10) |                        |
|-----------------|------------------------|-------------------|-------------------|------------------------|
|                 | Antrenman öncesi       | Antrenman sonrası | Antrenman öncesi  | Antrenman sonrası      |
| Minimental test | 25,70±2,75             | 26,80±1,69        | 27,50±1,58        | 28,70±1,64*            |
| BDNF (pg/ml)    | 0,84±1,18              | 1,01±1,22         | 0,49±0,37         | 1,22±0,83 <sup>a</sup> |
| FGF21 (pg/ml)   | 51,15±22,79            | 41,94±16,25       | 40,54±22,74       | 39,36±20,13            |

\*<sup>ab</sup>, p<0,05, Normal Antrenman Grubunun 6 haftalık antrenman sonrasına göre

<sup>a</sup>, p<0,05, Grup içi 6 haftalık antrenman öncesine göre

HIIT grubunun antrenman sonrası Mini-mental değerleri antrenman grubun antrenman sonrası değerlerinden anlamlı olarak daha yüksekti(p<0,05). BDNF, FGF21 değerleri açısından gruplar arası anlamlı fark saptanmadı (p>0,05). BDNF değerleri her iki grupta da antrenman öncesi değerlerine göre anlamlı olarak yükseldi (p<0,05). (Tablo 3)

#### 4. TARTIŞMA

Bu çalışmada genç elit futbolcularda 6 haftalık yüksek yoğunluklu aralıklı antrenman programının dayanıklılık kapasitesi kognitif fonksiyonlar üzerine etkisi olup olmadığının ortaya konması amaçlanmıştır.

Analiz edilen verilere göre, 6 haftalık yüksek yoğunluklu aralıklı antrenman sonrası HIIT grubunun yorgunluk indeksi değerleri normal antrenman grubuna göre anlamlı olarak daha yüksekti. Pik güç, ortalama güç, ve laktatın antrenman öncesi ve sonrası değerleri açısından ise gruplar arası anlamlı farklılık saptanmadı. Naimo ve arkadaşlarının (2015) yaptığı bir çalışmada üniversite hokeyi oyuncularına 4 hafta boyunca HIIT antrenmanı uygulanmış ve pik güç, ortalama güç değerlerinde anlamlı şekilde artış tespit edilmiş. Yapılan başka bir çalışmada ise 20 kadın ve 20 erkekten oluşan bir gruba kısa süreli HIIT antrenmanı yaptırılmış ve pik güç, minimum güç de anlamlı olmayan artma eğilimi tespit edilmiş (Astorino ve ark 2012). Ancak bu iki çalışmada da bizim bulgularımızdan farklı olarak yorgunluk indeksinde artış saptanmamış. Bu durum bu iki çalışmanın da süre olarak bizim çalışmamızdan daha kısa olması ile açıklanabilir. Antrenman yoluyla daha uzun süreli fizyolojik uyarıcılar laktik asidin taşınmasını ve eliminasyonunu hızlandırabilir ve böylelikle yorgunluğun başlaması daha yavaş olabilir.

Dayanıklılık performansı elit genç futbolcuların başarısının anahtar bir belirleyicisi olmasına rağmen (Helgrud 2001, Hoff ve Helgrud 2004), teknik ve taktik beceriler gibi, geliştirilmesi için zaman gerektiren birçok değişken de önemli rol oynar (Memmert 2010, Kannekens ve ark 2011). Bu bağlamda, özellikle geleneksel uzun süreli antrenmanlara kıyasla, HIIT gibi zaman verimli antrenman, bu sporcuların dayanıklılık performansını artırmak için mükemmel bir yaklaşım sunabilir. Bu bakımdan, HIIT kısa zamanda aynı zamanda  $VO_{2max}$  diğer antrenman stratejilerinden daha fazla geliştirir (Engel 2018). Örneğin, (Sperlich ve ark 2011 ve Helgrud ve ark 2007) futbolculardaki 5 - 8 hafta HIIT sonrası  $VO_{2max}$ 'da % 7-11'lik bir iyileşme bildirmişlerdir. Bu çalışmaya benzer şekilde çalışmamızda da HIIT grubunun antrenman sonrası  $VO_{2max}$  değerleri normal antrenman grubunun antrenman sonrası değerlerinden anlamlı olarak daha yüksekti. HIIT, daha geniş bir kas lifi popülasyonunu uyararak ve kardiyorespiratuar sinyalleri arttırarak büyük adaptif yanıtlar indükleyebilir. Bunun sonucunda da  $VO_{2max}$  ve anaerobik kapasitede

iyileşmeler meydana gelir. Ouerghi ve arkadaşları (2014) aerobik kapasitenin 6 haftada özellikle 12. haftada sıradan antrenman yapanlara göre HIIT yapan oyunculara daha iyi bir düzeyde arttığını tespit etmişler. Bunun sonucunda futbolcuların özellikle rekabet gerektiren durumlarda aralıklı yapılan antrenmanlarla daha iyi sonuçlar aldıkları söylenebilir. Daussin ve arkadaşları (2008) aralıklı antrenmanların sedanter bireylerde  $VO_{2max}$ 'ı iyileştirmede sürekli antrenmandan daha etkili olduğunu tespit etmişler ve bunun sonucunda aralıklı antrenmanın futbolcular için de faydalı olacağı sonucuna varmıştır. Çalışmamızda da  $VO_{2max}$  değerlerinin HIIT grubunda yüksek çıkması bu sonucu desteklemektedir.

Literatürdeki çalışmalara bakıldığında egzersizin BDNF üzerine etkisi daha çok aerobik egzersizlerle ilişkilendirilmiştir. Örneğin Zoladz ve arkadaşları (2008) tek bir aerobik egzersiz oturumundan sonra akut BDNF seviyelerinde bir artış gözlemlenmiştir ve bu durum yapılan diğer çalışmalarla da benzeşmektedir (Mackay ve ark 2017, Hsueh ve ark 2018, Morais ve ark 2018). Bizim çalışmamızda da 6 haftalık antrenman sonrası BDNF düzeylerinde anlamlı artış saptandı. Ancak gruplar arası farklılık saptanmadı. Bu durumun çalışmamızda yer alan katılımcıların hepsinin elit sporcu olmasından ve yaptıkları antrenmanlara bağlı olarak BDNF düzeylerinin sedanter bireylere göre daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülebilir. Bu veriler, yüksek yoğunluklu (% 80 maksimum yük) hızlı ve güçlü hareketlerin ve daha fazla tekrar sayısının BDNF seviyesindeki artışı teşvik etmek için yeterli olabileceğini desteklemektedir. Ayrıca, kullanılan kas kütlesi miktarının da nörotrofin seviyelerinde bir etkisi olabilir (Walsh ve ark 2016). Kognisyon üzerine etkili olduğu ve egzersizle seviyesinin arttığı belirtilen FGF21 düzeylerinde de gruplar arası anlamlılık saptanmadı. Ancak bilişsel düzeyin belirlenmesi için yapılan Mini-Mental Durum test sonuçlarımızda HIIT grubu antrenman sonrası değerleri Normal Antrenmana göre anlamlı yüksekti.

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada genç elit futbolcularda 6 haftalık yüksek yoğunluklu aralıklı antrenman programının dayanıklılık kapasitesi ve kognitif fonksiyonlar üzerine etkisi olup olmadığının ortaya konması amaçlandı.

6 hafta boyunca yapılan HIIT ve antrenman programının performansa pozitif yönde etki ettiği belirlendi. Özellikle HIIT antrenmanı yapan grupta  $VO_{2max}$  düzeyi ve yorgunluk indeksi Antrenman grubuna göre anlamlı derecede yüksekti. Ancak 6 hafta boyunca yapılan antrenmanlar sonucunda, antrenmanlara verilen laktat cevaplarında gruplar arasında fark yoktu. Kognitif fonksiyonlarını belirlemek için yaptığımız mini-mental durum testi sonuçları HIIT grubunda antrenman grubuna göre anlamlı yüksek çıktı. Laboratuvar sonuçlarından BDNF ve FGF21'e baktığımızda gruplar arası anlamlı fark yokken BDNF değerleri gruplarda antrenman öncesi ve sonrası anlamlı olarak yükseldi.

Sonuç olarak, 6 haftalık HIIT antrenmanının sporcuların performans değerlerini ve kognitif fonksiyonlarını antrenman grubuna göre daha iyi düzeyde etkilediği söylenebilir bu yüzden normal antrenmana ek olarak HIIT antrenmanlarının uygulanması futbolcunun performansı ve maç koşullarına adaptasyonu açısından daha faydalı olabilir.

## 6. KAYNAKLAR

- Afzalpour ME, Chadorneshin HT, Foadoddini M, Eivari, HA, 2015. Comparing interval and continuous exercise training regimens on neurotrophic factors in rat brain. *Physiol, Behav*, 147, 78–83.
- Allender S, Cowburn G, Foster C, 2006. Understanding participation in sport and physical activity among children and adults a review of qualitative studies. *Health Educ Res* 21, 826–35.
- American Collage of Sports Medicine 2011. Quantity and quality of exercise for devoloping and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal and neuromotor fitness in apparently healthy adults. *Med Sci Sports*, 22-265.
- Arazi H, Keihaniyan A, Amin E, Amir O, Sheida T A A, and Rodrigo R C 2017. Effect of heart rate vs. speed-based high intensit interval training on aerobic and aneorobic capacitymof female soccer players. *Sports Basel*, 5, 3, 57.
- Arcos AL, Yanci, J, Mendiguchia J, Gorostiaga EM, 2014. Rating of muscular and respiratory perceived exertion in professional soccer players. *J. Strength Cond. Res*, 28, 3280–3288.
- Astorino TA, Allen RP, Roberson DW, Jurancich M, 2012. Effect of high-intensity interval training on cardiovascular function,  $VO_{2max}$ , and muscular force. *J Strength Cond Res*, 26, 1, 138.
- Badman MK, Pissios P, Kennedy AR, Koukos G, Flier JS, Maratos Flier E 2007. Hepatic fibroblast growth factor21 is regulated by PPARalpha and is a key mediator of hepatic lipid metabolism in ketotic states. *Cell Metab*, 5, 426–37.
- Bangsbo J, Mohr M, Poulsen A, Perez-Gomez J, Krstrup P, 2006. Training and testing the elite athlete. *J Exerc Sci Fit*, 4, 1
- Bartram S, 2015. High-Intensity Interval Training. 16-20
- Billat LV, 2001. İnterval training for performance : ascientific and empirical practice. Special recommendations for middle-and long distance raning. Part1: aerobic interval training. *Med Sci Sports*, 31, 1, 13-31.
- Billat VL, Slawinsky J, Bocquet V, Demarle A, Laffite L, Chassaing P, 2000. Intermittent runs at the velocity associated with maximal oxygen uptake enables subjects to remain at maximal oxygen uptake for longer time than intense but submaximal runs. *Eur J Appl Physiol*, 81, 188-196.
- Bobbert T, Schwarz F, Fischer-Rosinsky A, Pfeiffer AF, Mohlig M, Mai K, Spranger J, 2013. Fibroblast growth factor 21 predicts themetabolic syndrome and type 2 diabetes in Caucasians. *Diabetes Care*, 36, 145–149
- Bompa TO, 2011. Theory and Methodology of Training: Periodization. *Antrenman Kuramı ve Yöntemi -Dönemleme-*. 4. baskı, Çevirenler: Keskin, İ., Tuner, A.B., Küçükgöz, H., & Bağırğan, T., Ankara, Spor Yayınevi ve Kitabevi, s. 26-352.
- Brahma MK, 2014. Fibroblast growth factor 21 is induced upon cardiac stress and alters cardiac lipid homeostasis. *J Lipid Res*, 55, 2229–2241.
- Brian K, Emily B, Cassie W, Paul B, Wade H, John M, and Cherilyn M, 2018. The influence of citrus aurantium and caffeine complex versus placebo on the cardiac autonomic response, a double blind crossover design. *J Int Soc Sports Nutr*, 15, 34.
- Buchheit M, Laursen PB, 2013. High intensity interval training, sulotions to the programming puzzle: Part 1: cardiopulmonary emphasis. *Med Sci Sports*, 43, 5, 313-38.
- Burgomaster AK, Howarth RK, Phillips SM, Rakobowchuk M, MacDonald JM, McGee SL, Gibala JM, 2008. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J Physiol*, 586, 1, 151- 160
- Chan CH, Fong TD, Lee, Yau QK, Yung PS, Chan KM 2016. Power and endurance in Hong Kong professional football players. *Asia-pasific journal Med Sci Sports*, 5,1-5

- Cho Y, Tachibana S, Hazen BC, Moresco JJ, Yates JR, Kok B, Saez E, Ross RS, Russell AP, Kralli A, 2019. Perml regulates CaMKII activation and shapes skeletal muscle responses to endurance exercise training. *Molecular Metabolism*, 23, 88-97
- Cicioni-Kolsky D, Lorenzen C, Williams MD, Kemp JG, 2013. Endurance and sprint benefits of high-intensity and supramaximal interval training. *European J. Sport Sci*, 13, 3, 304-11.
- Clemente FM, Nikolaidis PT, 2016. Profile of 1-month training load in male and female football and futsal players. *SpringerPlus* 5, 694.
- Coetsee C. ve Terblance E. 2017. The effect of three different exercise training modalities on cognitive and physical function in a healthy older population
- Costigan SA, Eather N, Plotnikoff RC, Hilman CH, Lubans DR, 2016. High-Intensity Interval Training for cognitive mental Health in Adolescents. *Medicine & Science in sports Exercise*. 48, 10, 1985-1993.
- Coswig VS, Gentil P, Naves JP, Viana RB, Bartel C, Del Vecchio FB, 2016. Commentary: The Effects of High Intensity Interval Training vs Steady State Training on Aerobic and Anaerobic Capacity. *Frontiers in physiology*, 7, 495.
- Craik FI, Bialystok E. 2006. Cognition through the lifespan: mechanisms of change. *Trends in cognitive sciences*, 10, 3, 131-8.
- Daussin FN, Ponsot E, Dufour SP, 2007. Improvement of  $VO_{2max}$  by cardiac output and oxygen extraction adaptation during intermittent versus continuous endurance training. *Eur J Appl Physiol*, 101, 377–383.
- Demir H, 1999. 12-16 Yaş Erkek Badmintoncularda Kuvvet Antrenmanlarının Aerobik Güce Etkisi. *Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 1, 66-69.
- Diego WP, Teresa VE, Juan Carlos RC, Carlos PA, Jose Vicente SA, Diaz P, 2018. Effects of work-interval duration and sport specificity on blood lactate concentration, heart rate and perceptual responses during high intensity interval training.
- Driller MW, Fell JW, Gregory JR, Shing CM, Williams AD, 2009. The effects of high-intensity interval training in well-trained rowers. *International journal of sports physiology and performance*, 4, 1, 110-21.
- Engel FA, 2018. High-intensity interval training performed by young athletes: a systematic review and meta-analysis. *Front Physiol*, 9, 1012.
- Erickson KI, Miller DL, Roecklein KA, 2012. The aging hippocampus: interactions between exercise, depression, and BDNF. *The Neuroscientist: a review journal bringing neurobiology, neurology and psychiatry*, 18, 82–97.
- Ferris LT, Williams JS, Shen CL, 2007. The effect of acute exercise on serum brain-derived neurotrophic factor levels and cognitive function. *Med Sci Sports Exerc*, 39, 728–734.
- Fitzpatrick JF, Hicks KM, Hayes PR, 2018. Dose-response relationship between training load and changes in aerobic fitness in professional youth soccer players. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* doi: 10.1123/ijsp.2017-0843
- Fon Tacer K, 2010. Research resource: comprehensive expression atlas of the fibroblast growth factor system in adult mouse. *Mol Endocrinol* 24, 2050–2064.
- Freitas DA, Rocha-Vieira E, Soares BA, Nonato LF, Fonseca SR, Martins JB, 2018. High intensity interval training modulates hippocampal oxidative stress, BDNF and inflammatory mediators in rats. *Physiol. Behav.* 184, 6–11.
- Fujimura H, Altar CA, Chen R, Nakamura T, Nakahashi T, Kambayashi J, Sun B, Tandon NN, 2002. Brain-derived neurotrophic factor is stored in human platelets and released by agonist stimulation. *Thromb Haemost*, 87, 728–734.
- Gajewski PD, Falkenstein M, 2016 Physical activity and neurocognitive functioning in aging – a condensed updated review. *Eur Rev Aging Phys Act*, 13,1,1–7.
- Galman C, 2008. The circulating metabolic regulator FGF21 is induced by prolonged fasting and PPARalpha activation in man. *Cell Metab* 8, 169–174.



- Gibala MJ, Little PJ, MacDonald MJ, Hawley A 2012. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol*, 59, 1077-1084.
- Gil-Rey E, Lezaun A, Los Arcos A, 2015. Quantification of the perceived training load and its relationship with changes in physical fitness performance in junior soccer players. *J. Sports Sci*, 33, 2125–2132.
- Hartmann D, Drummond J, Handberg E, Ewell E, and Pozzo-Miller L 2012. “Multiple approaches to investigate the transport and activity-dependent release of BDNF and their application in neurogenetic disorders,” *Neural Plasticity*, vol Article 203734, 11.
- Helgerud J, Engen, LC, Wisloff U, and Hoff J, 2001. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports in Sports and Exercise* 33, 1925-1931.
- Helgerud J, Høydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, Simonsen T, Helgesen C, Hjorth N, Bach R, and Hoff J, 2007. Aerobic high-intensity intervals improve VO<sub>2</sub>max more than moderate training. *Med Sci Sports in Sports and Exercise* 39, 665-671.
- Heyman E, Gamelin FX, Goekint M, Piscitelli F, Roelands B, Leclair E, 2012. Intense exercise increases circulating endocannabinoid and BDNF levels in humans-possible implications for reward and depression. *Psychoneuroendocrinology*, 37, 844–851.
- Hillman CH, Erickson KI, Kramer AF, 2008. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nat Rev Neurosci*, 9, 58-65.
- Hoff J, Helgerud J, 2004. Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Med*, 4, 34, 3, 165–80.
- Hoff J, Wisloff U, Engen LC, Kemi OJ, Helgerud J, 2002. Soccer-specific aerobic endurance training. *Br. J. Sports Med*, 36, 218– 221.
- Hojman P, Pedersen M, Nielsen AR, Krogh-Madsen R, Yfanti C, Akerstrom T, 2009. Fibroblast growth factor-21 is induced in human skeletal muscles by hyperinsulinemia. *Diabetes*, 58, 2797–801.
- Hötting K, Röder B, 2013. Beneficial effects of physical exercise on neuroplasticity and cognition. *Neurosci Biobehav Rev*, 2013, 37, 2243–57.
- Hsueh H, Pan W, Kastin AJ, 2007. The fasting polypeptide FGF21 can enter brain from blood. *Peptides*, 28, 2382–2386.
- Hsueh SC, Chen KY, Lai JH, Wu CC, Yu YW, Luo Y, 2018. Voluntary physical exercise improves subsequent motor and cognitive impairments in a rat model of Parkinson’s disease. *Int. J. Mol. Sc.*, 19, E508.
- Hwang J, Brothers RM, Castelli DM, Glowacki EM, Chen YT, Salinas MM, 2016. Acute high-intensity exercise-induced cognitive enhancement and brain-derived neurotrophic factor in young, healthy adults. *Neuroscience letter*, 2016, 630, 247-53.
- Impellizzeri FM, Marcora SM, Castagna C, Reilly T, Sassi A, Iaia F, Rampinini E, 2006. Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *Int. J. Sports Med*, 27, 483–492.
- Inagaki T, 2005. Fibroblast growth factor 15 functions as an enterohepatic signal to regulate bile acid homeostasis. *Cell Metab* 2, 217–225.
- Issurin VB 2010. New horizons for the methodology and physiology of training periodization *Sport Med*, 40, 189-206.
- Izumiya Y, Bina HA, Ouchi N, Akasaki Y, Kharitonov A, Walsh K, 2008. “FGF21 is an Akt-regulated myokine,” *FEBS Letters*, vol. 582, 27, 3805–3810.
- Johanna Mäkelä TVT, Maiorana F, Eriksson O, Do HT, Mudò G, Korhonen LT, Belluardo N, Lindholm D, 2014. Fibroblast growth factor-21 enhances mitochondrial functions and increases the activity of PGC-1 $\alpha$  in human dopaminergic neurons via Sirtuin-1. *SpringerPlus*, 3, 1–12.
- Jones AM, Carter H, 2000 The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med*, 29, 6, 373–386.

- Josefsson T, Lindwall M, Archer T, 2014. Physical exercise intervention in depressive disorders: meta-analysis and systematic review. *Scandinavian journal of medicine science in sports*, 24, 259–272.
- Kannekens R, Elferink-Gemser MT, Visscher C, 2011. Positioning and deciding: key factors for talent development in soccer. *Scand J Med Sci Sports*, 21, 6, 846–52.
- Kharitonov A, 2009. FGFs and metabolism. *Curr Opin Pharmacol* 9, 805–810.
- Knaepen K, Goekint M, Heyman EM, Meeusen R 2010. Neuroplasticity -exercise-induced response of peripheral brain-derived neurotrophic factor: a systematic review of experimental studies in human subjects. *Sports Med*, 40, 765–801, 2010.
- Krishnan LCA, Sharma CD, Bhatt CM, Dixit CA, Pradeep P, 2017. Comparison between standing broad jump test and wingate test for assessing lower limb anaerobic power in elite sportmen. *Medical journal armed forces india*, 73, 140-145.
- Laursen PB, and Jenkins DG, 2002. The scientific basis for high-intensity interval training. *Sports Med* 32
- Lee DC, Sui X, Artero EG, Lee IM, Church TS, McAuley PA, Stanford FC, Kohl HW, 3rd, Blair SN, 2011. Long-term effects of changes in cardiorespiratory fitness and body mass index on all-cause and cardiovascular disease mortality in men:the Aerobics Centerlongitudinal Study. *Circulation*, 124, 23, 2483-90.
- Lessmann V, Gottmann K, Malcangio M, 2003. “Neurotrophin secretion: current facts and future prospects,” *Progress in Neurobiology*, vol. 69, 5, 341–374.
- Lucas SJ, Cotter JD, Brassard P, Bailey DM 2015. High-intensity interval exercise and cerebrovascular health: curiosity, cause, and consequence. *J. Cereb. Blood Flow Metab*, 35, 902–911.
- Mackay CP, Kuys SS, Brauer SG, 2017. The effect of aerobic exercise on brain-derived neurotrophic factor in people with neurological disorders: a systematic review and meta-analysis. *Neural Plast*, 10, 1155,
- Manzi V Castagna C, Abt G, 2009. Effect of recovery mode on repeated sprint ability in young basketball players. *J Strength Cond Res*, 22, 923–9.
- Mashili FL, Austin RL, Deshmukh AS, Fritz T, Caidahl K, Bergdahl K, Zierath JR, Chibalin AV, Moller DE, Kharitonov A, Krook A, 2011. Direct effects of FGF21 on glucose uptake in human skeletal muscle: implications for type 2 diabetes and obesity. *Diabetes Metab. Res. Rev.* 27, 286–297.
- Matthews VB, Astrom MB, Chan MHS, 2009. “Brain derived neurotrophic factor is produced by skeletal muscle cells in response to contraction and enhances fat oxidation via activation of AMP-activated protein kinase,” *Diabetologia*, vol. 52,7,1409–1418.
- Matthews VB, Aström MB, Chan MH, Bruce CR, Krabbe KS, Prelovsek O, Akerström T, Yfanti C, Broholm C, Mortensen OH, Penkowa M, Hojman P, Zankari A, Watt MJ, Bruunsgaard H, Pedersen BK, Febbraio MA 2009. Brain-derived neurotrophic factor is produced by skeletal muscle cells in response to contraction and enhances fat oxidation via activation of AMP-activated protein kinase. *Diabetologia*, 52, 1409– 1418.
- Memmert D, 2010 Testing of tactical performance in youth elite soccer. *J Sports Sci Med*, 9, 2, 199–205.
- Milanovic Z, Sporis G, Weston M, 2015. Effectiveness Of High-Intensity Interval Training And Continuous Endurance Training VO2max Improvements: A Systematic Review And Meta-Analysis Of Controlled Trials. *Sports Medicine*, 45, 10, 1469-81.
- Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J, 2005. Fatigue in soccer: A brief review. *Journal of Sports Sciences*, 23, 6, 593 – 599
- Montera D, diaz-Canestro C, 2016. Endurance training and maximal oxygen consumption with ageing: role of maximal cardiac output and oxygen extraction. *European journal of preventive cardiology*, 23, 7, 733-43.

- Morais VAC, Tourino MFDS, Almeida ACS, Albuquerque TBD, Linhares RC, Christo PP, 2018. A single session of moderate intensity walking increases brain-derived neurotrophic factor (BDNF) in the chronic post-stroke patients. *Top. Stroke Rehabil.* 25, 1–5.
- Murer MG, Yan Q, Raisman-Vozari R, 2001. Brain-derived neurotrophic factor in the control human brain, and in Alzheimer's disease and Parkinson's disease. *Progress in neurobiology.* 63, 71–124.
- Nagamatsu LS, Flicker L, Kramer AF, Voss MW, Erickson KI, Hsu CL, Liu-Ambrose T 2014. Exercise is medicine, for the body and the brain. *Br J Sports Med,* 48, 943–944.
- Naimo MA, de Souza EO, Wilson JM, Carpenter AL, Gilchrist P, Lowery RP, Averbuch B, White TM, Joy J, 2015. High-intensity interval training has positive effects on performance in ice hockey players. *Int J Sports Med,* 2015,36, 01, 61–6.
- Nédélec M, McCall A, Carling C, Legall F, Berthoin S, Dupont G. 2012. Recovery in soccer. *Sports Med,* 42, 997–1015.
- Nishimura T, Nakatake Y, Konishi M, Itoh N, 2000. Identification of a novel FGF, FGF21, preferentially expressed in the liver. *Biochim Biophys Acta* 1492, 203–206
- Niu J, Zuo M, Xu Y, Zhang X, Li A, Jia X, Niu J, Li D, Han Y, Yang Y 2018. Aberrant Brain Regional Homogeneity and Functional Connectivity of Entorhinal Cortex in Vascular Mild Cognitive Impairment: A Resting-State Functional MRI Study. *Front Neurol,* 9, 1177.
- Ogborn DI, Gardiner PF 2010. Effects of exercise and muscle type on BDNF, NT-4/5, and TrKB expression in skeletal muscle. *Muscle Nerve,* 41, 385–391.
- Oral, O, Yalnız Fİ, & Deniz E, 2016. Spor ve Sağlık. Özkal, D. (Editör). 1. baskı, Ankara, Nobel Akademik Yayıncılık, s. 35-39.
- Ouerghi N, Khammassi M, Boukorraa S, Feki M, Kaabachi N, Bouassida A 2014. Effects of a high-intensity intermittent training program on aerobic capacity and lipid profile in trained subjects *Open Access Journal of Med Sci Sports,* 5, 243-248
- Owen AL, Wong DP, Paul D, Dellal A, 2012. Effects of a periodized small-sided game training intervention on physical performance in elite professional soccer. *J. Strength Cond. Res,* 26, 2748–2754.
- Rasmussen P, Brassard P, Adser H, Pedersen MV, Leick L, Hart E, Secher NH, Pedersen BK, Pilegaard H. Evidence for a release of brain-derived neurotrophic factor from the brain during exercise. *Exp Physiol* 94: 1062–1069, 2009.
- Rethorst CD, Trivedi MH, 2013. Evidence-based recommendations for the prescription of exercise for major depressive disorder. *Journal of psychiatric practice,* 19, 204–212.
- Robinson MM, Lowe VJ, Nair KS, 2018. Increased brain glucose uptake after 12 weeks of aerobic high-intensity interval training in young and older adults. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 103, 221–227.
- Roig M, Nordbrandt S, Geertsen SS, Nielsen JB 2013. The effects of cardiovascular exercise on human memory: a review with meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev,* 37, 1645–1666.
- Roig M, Skriver K, Lundbye-Jensen J, Kiens B, Nielsen JB 2012. A single bout of exercise improves motor memory. *PLoS One* 7, e44594.
- Santos-Concejero J, Billaut F, Grobler L, Oliván J, Noakes TD, Tucker R, 2017. Brain oxygenation declines in elite Kenyan runners during a maximal interval training session. *Eur. J. Appl. Physiol,* 117, 1017–1024.
- Schmidt HD, Duman RS, 2010. Peripheral BDNF produces antidepressant-like effects in cellular and behavioral models. *Neuropsychopharmacology: official publication of the American College of Neuropsychopharmacology,* 35, 2378–2391.
- Schmidt J, Hansen P, Andersen T, 2014. Cardiovascular adaptations to 4 and 12 months of football or strength training in 65-to 75-year-old untrained men. *Scand J Med Sci Sports,* 24, 86–97.
- Seifert T, Brassard P, Wissenberg M, Rasmussen P, Nordby P, Stallknecht B, Adser H, Jakobsen AH, Pilegaard H, Nielsen HB, Secher NH 2010. Endurance training enhances BDNF release from the human brain. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol,* 298, R372–R377.

- Sevim Y, 2010. Antrenman Bilgisi. Ankara, Pelin Ofset.
- Sing NA, Stavrinou TM, Scarbek Y, Galambos, G, Liber C, Fiatarone Sing MA, 2005. A randomized controlled trial of high versus low intensity weight training versus general practitioner care for clinical depression in older adults. *J Gerontol A Biol Med Sci*, 60, 168-76.
- Smiley-Oyen AL, Lowry KA, Francois SJ, Kohut ML, Ekkekakis P 2008. Exercise, Fitness, and Neurocognitive Function in Older Adults: The “Selective Improvement” and “Cardiovascular Fitness” Hypotheses. *Ann Behav Med*, 36,3, 280-291.
- Smiley-Oyen AL, Lowry KA, Francois SJ, Kohut ML, Ekkekakis P, 2008. Exercise, fitness, and neurocognitive function in older adults: the “selective improvement” and “cardiovascular fitness” hypotheses. *Ann Behav Med*, 36, 3, 280–91.
- Smith PJ, Blumenthal JA, Hoffman BM, Cooper H, Strauman TA, Welsh-Bohmer K, 2010. Aerobic exercise and neurocognitive performance: a meta-analytic review of randomized controlled trials. *Psychosomatic Med*, 72, 239–252.
- Sperlich B, 2011. Effects of 5 weeks of high-intensity interval training vs. volume training in 14-year-old soccer players. *J Strength Cond Res*, 25, 5, 1271–8.
- Stathopoulou G, Powers MB, Berry AC, Smits JAJ, Otto MW, 2006. Exercise Interventions for Mental Health: A Quantitative and Qualitative Review. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 13, 179–193.
- Suarez Arrones L, Torreno N, Requena B, Saez de Villareal E, Casamichana D, Barbero-Alvarez E, 2014. Match-play activity profile in Professional soccer players during official games and the relationship between external and internal load. *J. Sports Med. Phys. Fit*, 55, 1417–1422.
- Szuhany KL, Bugatti M, Otto MW, 2015. A meta-analytic review of the effects of exercise on brain-derived neurotrophic factor. *J psychiatr res*, 60, 56-64.
- van Praag H, Shubert T, Zhao C, Gage FH, 2005. Exercise enhances learning and hippocampal neurogenesis in aged mice. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 25, 8680–8685.
- Vaynman S, Ying Z, Gomez-Pinilla F, 2004. Hippocampal BDNF mediates the efficacy of exercise on synaptic plasticity and cognition. *The European journal of neuroscience*, 20, 2580–2590.
- Walsh JJ, Scribbans TD, Bentley RF, Kellawan JM, Gurd B, Tschakovsky ME, 2016. Neurotrophic growth factor responses to lower body resistance training in older adults. *Appl. Physiol. Nutr. Metab*, 41, 315–323.
- Winter B, Breitenstein C, Mooren FC, Voelker K, Fobker M, Lechtermann A, Krueger K, Fromme A, Korsukewitz C, Floel A, Knecht S 2007. High impact running improves learning. *Neurobiol Learn Mem*, 87, 597–609.
- Zafeiridis A, Kounoupis A, Diplakou K, Kyparos A, Nikolaidis MG, Smilios I, 2015. Oxygen delivery and muscle deoxygenation during continuous, long and short-interval exercise. *Int J Sports Med*, 36, 872-880.
- Zoladz JA, Pilc A, Majerczak J, Grandys M, Zapart-Bukowska J, Duda K 2008. Endurance training increases plasma brain-derived neurotrophic factor concentration in young healthy men. *J Physiol Pharmacol* 59, Suppl 7, 119–132.

## 7. EKLER

### EK A : Etik Kurul Kararı



T.C.  
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞI

GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARARLARI

Toplantı Sayısı: 2019/04

Toplantı Tarihi : 06.02.2019

**Karar Sayısı 2019/60** S.Ü. Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim dalı öğretim üyesi Prof.Dr.Nilsel OKUDAN'ın "Genç Elit Futbolcularda Yüksek Yoğunluklu Aralıklı Antrenmanın Performansa Ve Kognitif Fonksiyona Etkisi" başlıklı araştırmasının değerlendirilme talebi ile ilgili 07.01.2019 tarihli dilekçesi ve ekleri görüşüldü.

Yapılan inceleme ve görüşmelerden sonra; Prof.Dr.Nilsel OKUDAN'ın "Genç Elit Futbolcularda Yüksek Yoğunluklu Aralıklı Antrenmanın Performansa Ve Kognitif Fonksiyona Etkisi" adlı araştırmasının kabulüne oy birliği ile karar verildi.



## 8. ÖZGEÇMİŞ

01 Şubat 1988 yılında Konya’da dünyaya geldi. İlk ve ortaokulu İzmir’de, lise eğitimini Konya’da tamamladı. 2016 yılında Selçuk Üniversitesi Spor Bilimler Fakültesi antrenörlük eğitimini bitirdi. Konyaspor’ da görev yaptı. 2016 yılında Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi “Spor Fizyolojisi” Bilim Dalında Yüksek Lisansa başladı. Halen Konyaspor’ da görev yapmaktadır.

