



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**MAKSİMUM KALP ATIM HIZININ %80-85'İ ARALIĞINDA
UYGULANAN DEVAMLI KOŞU EGZERSİZİ İLE EK
AĞIRLIKLA YAPILAN STEP-UP EGZERSİZLERİNİN
YETİŞKİN SEDANTER ERKEKLERDE
KARDİYOİRESPIRATUVAR UYGUNLUK, KALP HIZI
DEĞİŞKENLİĞİ, BACA KUVVETİ VE VÜCUT
KOMPOZİSYONU DEĞERLERİNE ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

Aysberg Şamil ÖNLÜ

**HAREKET VE ANTRENMAN BİLİMLERİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

DANIŞMAN

Doç. Dr. Dicle ARAS

ANKARA

2024

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAKSİMUM KALP ATIM HIZININ %80-85'İ ARALIĞINDA
UYGULANAN DEVAMLİ KOŞU EGZERSİZİ İLE EK
AĞIRLIKLA YAPILAN STEP-UP EGZERSİZLERİNİN
YETİŞKİN SEDANTER ERKEKLERDE
KARDİYORESPIRATUVAR UYGUNLUK, KALP HIZI
DEĞİŞKENLİĞİ, BACAK KUVVETİ VE VÜCUT
KOMPOZİSYONU DEĞERLERİNE ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

Aysberg Şamil ÖNLÜ

**HAREKET VE ANTRENMAN BİLİMLERİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

DANIŞMAN

Doç. Dr. Dicle ARAS

ANKARA

2024

ETİK BEYAN

Ankara Üniversitesi

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Yüksek Lisans tezi olarak hazırlayıp sunduğum “Maksimum Kalp Atım Hızının %80-85'i Aralığında Uygulanan Devamlı Koşu Egzersizi İle Ek Ağırlıkla Yapılan Step-Up Egzersizlerinin Yetişkin Sedanter Erkeklerde Kardiyorespiratuvar Uygunluk, Kalp Hızı Değişkenliği, Bacak Kuvveti Ve Vücut Kompozisyonu Değerlerine Etkilerinin İncelenmesi” başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı:

Tarih:

İmza:

KABUL VE ONAY

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Spor Bilimleri Anabilim Dalında
Aysberg Şamil ÖNLÜ tarafından hazırlanan
“Maksimum Kalp Atım Hızının %80-85’i Aralığında Uygulanan Devamlı Koşu Egzersizi İle
Ek Ağırlıkla Yapılan Step-Up Egzersizlerinin Yetişkin Sedanter Erkeklerde
Kardiyorespiratuvar Uygunluk, Kalp Hızı Değişkenliği, Bacak Kuvveti Ve Vücut
Kompozisyonu Değerlerine Etkilerinin İncelenmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri
tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak OY BİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi:

İmza

Prof. Dr. Filiz Fatma ÇOLAKOĞLU

Gazi Üniversitesi

Jüri Başkanı

İmza

Doç. Dr. Dicle Aras

Ankara Üniversitesi

Üye

İmza

Doç. Dr. Hakan Karabıyık

Ankara Üniversitesi

Üye

Tez hakkında alınan jüri kararı, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu tarafından onaylanmıştır.

İmza

Prof. Dr. Fügen AKTAN

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

Maksimum Kalp Atım Hızının %80-85'i Aralığında Uygulanan Devamlı Koşu Egzersizi ile Ek Ağırlıkla Yapılan Step-up Egzersizlerinin Yetişkin Sedanter Erkeklerde Kardiyorespiratuvar Uygunluk, Kalp Hızı Değişkenliği, Bacak Kuvveti ve Vücut Kompozisyonu Değerlerine Etkilerinin İncelenmesi

Belirli kalp atım hızı aralıklarında uygulanan egzersizler farklı adaptasyonlara sebep olur ve vücutta belirli fizyolojik değişikliklere yol açar. Bunlara kardiyorespiratuvar uygunluğun artması, kalp kaslarının hipertrofisi, uzun süre fiziksel aktiviteye devam edebilme becerisi ve dinlenik kalp atım hızının düşmesi örnek olarak verilebilir. Bu çalışmanın amacı ise aynı kalp atım hızı aralığında uygulanan iki farklı egzersizin vücutta farklı değişikliklere sebep olup olmayacağı konusunda bilgi sahibi olmaktır. Çalışma, koşu ve ek ağırlıkla yapılan step-up egzersizlerinin %80-85 kalp atım aralığında uygulanmasını karşılaştırmıştır. Çalışma öncesinde katılımcılara Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi-1 uygulanmıştır. Katılımcıların izometrik bacak kuvvetleri dinamometre ile ölçülmüş olup vücut kompozisyon ölçümleri biyoempedans analizi ile yapılmıştır. Çalışmaya 18-40 yaş aralığında, herhangi bir kalp rahatsızlığı geçmişi olmayan 36 sağlıklı erkek birey gönüllü olarak dahil edilmiştir. Katılımcılar ek ağırlık ile step-up, koşu ve kontrol olarak üç gruba ayrılmış, step-up ve koşu grubu egzersizleri düzenli olarak, haftada üç gün, 6 hafta boyunca uygulamışlardır. Egzersiz protokolü her antrenman günü 10 dakika ve 2 set olarak uygulanmaya başlanmış ve bu süre her hafta 1 dakika artırılmıştır. Katılımcılar Polar Nabız Bandı H10 kullanarak, maksimum kalp atım hızlarının %80-85 aralığında egzersize devam etmişlerdir. Egzersizin ilk seti ve ikinci seti sonrasında katılımcıların kalp atım hızı değerlerinin toparlanma hızları not edilmiştir. Çalışma sonunda ise üç grubun ön test-son test değerleri karşılaştırılmış ve sonuç olarak vücut kompozisyonunda ve egzersiz süresince ölçülen kalp hızı değişkenliği parametrelerinde anlamlı değişiklikler bulunmazken, dinlenik halde ölçülen kalp atım hızı, kalp hızı değişkenliği, VO₂maks değerleri, bacak kuvveti ve toparlanma süreleri adına istatistiksel olarak anlamlı bulgular elde edilmiştir. Dolayısıyla yüksek şiddetle uygulanan devamlı aerobik egzersizlerin kardiyorespiratuvar uygunluk ve bacak kuvveti üzerine olumlu değişiklikler yarattığı ve bu değişikliklerin ek ağırlık ile uygulanan step-up egzersizinde daha belirgin olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bacak kuvveti, kalp hızı değişkenliği, kalp atım hızı iyileşmesi, VO₂maks

SUMMARY

Examining the Effects of Continuous Running and Weighted Step-Up Exercising at 80-85% of Maximum Heart Rate on Cardiorespiratory Fitness, Heart Rate Variability, Leg Strength, and Body Composition in Sedentary Adult Males

Exercises performed within specific heart rate ranges lead to distinct adaptations and result in notable physiological changes in the body. These changes include enhancements in cardiorespiratory fitness, cardiac muscle hypertrophy, increased endurance for prolonged physical activity, and a reduction in resting heart rate. This study aims to investigate whether two different exercises performed at the same heart rate range induce different physiological changes. The study compared continuous running and weighted step-up exercises conducted at 80-85% of maximum heart rate. Prior to the intervention, participants underwent the Yo-Yo Intermittent Recovery Test-1. Isometric leg strength was assessed using a dynamometer, and body composition was measured through bioelectrical impedance analysis. The study included 36 healthy male volunteers aged 18-40 years with no history of cardiovascular disease. Participants were divided into three groups: weighted step-up, running, and control. The step-up and running groups engaged in their respective exercises regularly, three times a week, for six weeks. The exercise protocol commenced with 10 minutes and 2 sets per training session, increasing by 1 minute each week. Participants maintained their heart rate within 80-85% of their maximum using a Polar H10 Heart Rate Monitor. Recovery heart rate values were recorded after the first and second sets of exercise. At the conclusion of the study, pre-test and post-test values among the three groups were compared. While no significant changes were observed in body composition and heart rate variability parameters during exercise, significant improvements were found in resting heart rate, heart rate variability, VO₂max, leg strength, and recovery times. Consequently, it was concluded that high-intensity continuous aerobic exercises elicit positive changes in cardiorespiratory fitness and leg strength, with these changes being more pronounced in the weighted step-up exercise group.

Keywords: Heart Rate Variability, heart rate recovery, leg Strength, VO₂max

İÇİNDEKİLER

Etik Beyan	ii
Kabul ve Onay	iii
Özet	iv
Summary	v
İçindekiler	vi
Önsöz	viii
Simgeler ve Kısaltmalar	ix
Şekiller	x
Çizelgeler	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Enerji Sistemleri	3
1.1.1. Fosfajen Sistemi	4
1.1.2. Anaerobik Glikoliz	4
1.1.3. Aerobik Enerji Sistemi	5
1.2. Aerobik Aktivite	5
1.3. Aerobik Egzersiz	6
1.4. Aerobik Dayanıklılık	6
1.4.1. Kardiyak Hipertrofi	7
1.4.2. Kalp Atım Hızı	7
1.4.3. Kardiyak Debi	8
1.5. Otonom Sinir Sistemi	8
1.6. Kalp Hızı Değişkenliği	9
1.7. Amaç ve Hedefler	10
1.7.1. İkincil Amaçlar	10
2. GEREÇ VE YÖNTEM	11
2.1. Araştırma Grubu	11
2.2. Araştırma Deseni	11
2.3. Veri Toplama Araçları	12
2.3.1. Vücut Kompozisyonunun Belirlenmesi	12
2.3.2. Kalp Hızı Değişkenliği ve Dinlenik Kalp Atım Hızı	12
2.3.3. Bacak Kuvveti Ölçümleri	13
2.3.4. Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi-1 (Yo-Yo IR1)	13
2.4. Uygulanan Antrenman	14
2.4.1. Step-up Egzersizi Uygulaması	15
2.4.2. Koşu Egzersizi Uygulaması	15
2.5. Verilerin Analizi	16
3. BULGULAR	17
3.1. Vücut Kompozisyonu Değerleri ve Ortalama Karşılaştırmaları	17
3.2. Bacak Kuvveti Değerleri ve Ortalama Karşılaştırmaları	17
3.3. Bacak Kuvveti Değerleri Farklarının Ortalama Karşılaştırmaları	18
3.4. Kardiyorespiratuvar Uygunluk Değerleri ve Ortalama Karşılaştırmaları	18
3.5. Kardiyorespiratuvar Uygunluk Değerleri ve Farklarının Ortalama Karşılaştırmaları	19
3.6. Dinlenik Kalp Hızı Değişkenliği Değerleri ile Toparlanma Süreleri ve Ortalama Karşılaştırmaları	20
3.6.1. Katılımcıların Dinlenik KHD verileri ve Ortalama Farkları	20

3.6.2. Katılımcıların Egzersiz sonrasında maksimal KAH'ın %65'ine Ulaştıkları Süreler ve Ortalama Farkları	21
3.7. Katılımcılardan Egzersiz Süresince Elde Edilen KHD verileri ve Ortalama Farkları	22
4. TARTIŞMA	24
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	33
KAYNAKLAR	35
EKLER	41
Ek-1. Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu	41
Ek-2. Test ve Çalışma Programı	43
Ek-3. Etik Kurul Onayı	45



ÖNSÖZ

Çalışmam ve çalışmamın dışında bana sürekli destek olan ve rehberlik eden, samimi tavsiyeleri ve içten rehberliği ile benim gelişimimde oynadığı kritik rolün hakkını asla ödeyemeyeceğim, hayatta karşılaşılan her zorluk ve engelin aslında yeni bir fırsat olduğu gerçeğini bana en güzel şekilde, her zaman cesaret ve ilham verici şekilde anlatan, ilgi, destek ve bilgeliği için sayın danışman hocam Doç. Dr. Dicle ARAS’a,

Her ihtiyacım olduğunda büyük bir anlayış ve sabırla bana yardım edip zamanını harcayan değerli arkadaşım ERDEM ÇAKAN’a,

Dönütleri ile tezime katkı sağlayan kıymetli hocalarım Prof. Dr. Filiz Fatma ÇOLAKOĞLU ve Doç. Dr. Hakan KARABIYIK’a,

Her zaman yanımda olan ve beni her konuda destekleyen canım aileme,

Çalışmamın her aşamasında maddi ve manevi desteği ile yanımda olan sevgili ve kıymetli kuzenim SUNJA CEHAR ÖNLÜ’ye,

Ve çalışmaya katılarak haftalarca emek veren gönüllü arkadaşlarıma,

En içten teşekkürlerimi sunuyor, tez çalışmamın spor bilimleri alanına katkı sağlamasını diliyorum.

Aysberg Şamil ÖNLÜ

SİMGELER VE KISALTMALAR

ACSM	Amerikan Spor Hekimliği Koleji
ATP	Adenozin Tri-Fosfat
HICT	Yüksek Şiddetli Devamlı Antrenman
HIFT	Yüksek Şiddetli Fonksiyonel Antrenman
HIIT	Yüksek Şiddetli Aralıklı Antrenman
HICT	Yüksek Şiddetli Devamlı Antrenman
KAH	Kalp Atım Hızı
KHD	Kalp Hızı Değişkenliği



ŞEKİLLER

Şekil 2.1. Çalışma başlangıç planı	12
Şekil 2.2. Yo-Yo IR seviye 1 testi	13
Şekil 2.3. 6 haftalık egzersiz planı	15
Şekil 2.4. Step-up egzersizi uygulaması	15
Şekil 2.5. Koşu egzersizi uygulaması	16



ÇİZELGELER

Çizelge 3.1. Ön ve son testlerden elde edilen vücut ağırlığı, vücut yağ oranı ve yağsız vücut ağırlığı ortalama değerlerinin gup içi ve gruplar arası karşılaştırmaları	17
Çizelge 3.2. Ön ve son testlerden elde edilen bacak kuvveti ortalama değerlerinin gup içi ve gruplar arası karşılaştırmaları	18
Çizelge 3.3. Ön ve son testlerden elde edilen bacak kuvveti ortalama değerlerinin farklarının gruplar arası karşılaştırmaları	18
Çizelge 3.4. Ön ve son testlerden elde edilen VO ₂ maks ortalama değerlerinin gup içi ve gruplar arası karşılaştırmaları	19
Çizelge 3.5. Ön ve son testlerden elde edilen VO ₂ maks ortalama değerlerinin farklarının gruplar arası karşılaştırmaları	19
Çizelge 3.6. Dinlenme sırasında elde edilen KHD parametreleri ortalama değerlerinin grup içi ve gruplar arası karşılaştırmaları	20
Çizelge 3.7. Yüklenmeler sonrasında maksimal kalp atım hızı değerinin %65'ine döndükleri süreler ile bunlara ait ortalama karşılaştırmaları	21
Çizelge 3.8. yüklenmeler sonrasında maksimal kalp atım hızı değerinin %65'ine döndükleri süreler ile bunlara ait ortalama karşılaştırmalarının grafiği	22
Çizelge 3.9. Egzersiz süresince Koşu egzersiz grubundan elde edilen KHD parametreleri ve ortalama farkları	23
Çizelge 3.10. Egzersiz süresince Step-up egzersiz grubundan elde edilen KHD parametreleri ve ortalama farkları	23

1. GİRİŞ

Düzenli fiziksel aktivite, beden sağlığını ve mental iyi olma durumunu etkileyen önemli bir faktör olarak tanımlanmıştır. Düzenli fiziksel aktivitenin faydaları; kardiyovasküler hastalık geçirme riskinin düşmesi ve kardiyovasküler sebeplerden ölüm oranının hem sağlıklı bireylerde hem de iskemik kalp rahatsızlığı olan bireylerde düşmesi (Caspersen vd., 1985; Naughton, 1985; Oberman, 1985), yağ ve karbonhidrat metabolizmalarının (Lennon vd., 1983; Rosenthal vd., 1983; Seals vd., 1984) ve kan basıncının normalleşmesi (Blair vd., 1984; Paffenbarger vd., 1984), uygun vücut ağırlığının ve vücut kompozisyonunun korunması (Brownell, 1984; Brownell ve Stunkard, 1980; Thompson vd., 1982) ve bazı durumlarda yaşlı bireylerde kemik mineral içeriğinin korunması (ALOIA, 1981; Krølner vd., 1983) olarak sıralanabilir.

Aerobik egzersizler iskelet kaslarının iş yapabilme becerisini, kas fiberlerinin kapiller yoğunluğunu artırıp kan perfüzyonunun artmasını sağlayarak, geliştirir. Kapiller yoğunluğun artması ise arteriel ve arteriolar damarların vazoregülatör becerilerini artırarak kanın vücutta ihtiyaç duyulan bölgeye taşınmasını kolaylaştırır. Bununla birlikte, kalbin kan pompalama hacmini yani kardiyak çıkışı güçlendirir. Dolayısıyla bu değişimler maksimal oksijen alabilme kapasitesini artırarak vücudun dayanıklılığını geliştirir, dolaşım sistemini güçlendirir, aerobik iş için gerekli yakıtları tüketebilmek için oksijenin daha verimli kullanılmasını sağlar ve bununla birlikte iş yapabilme kapasitesi ve performansta artış görülür. Çalışmalar, kardiorespiratuar kondisyonun geliştirilmesi konusunda en önemli parametrenin egzersiz şiddeti olduğunu vurgulamıştır (Jackson vd., 1968; Shephard, 1968). Şiddet olarak tanımlayabileceğimiz değerler ise, kalp atım hızı, maksimal kalp atım hızının % değerleri, laktat eşiği, güç, hız, enerji tüketimidir. Kalp atım hızı takibi ise, sağlıklı erişkin bireyler ve atletler için aerobik egzersiz reçetelerini uygularken kullanılan en yaygın metod olarak kabul edilmektedir (Karvonen ve Vuorimaa, 1988). Antrenman ya da yapılan iş sırasında uygulanan egzersizin şiddeti, çeşitli aparatlar kullanılarak elde edilen kalp atım hızı verileri sayesinde belirlenebilir (Karvonen vd., 1988). Çok düşük egzersiz şiddetleri, istenilen sonuçları vermeyebilecekken, çok yüksek egzersiz şiddetleri ise sürantreye yol açabilmektedir (Kuipers, 1988). Genel popülasyon için önerilen egzersiz şiddeti ise maksimum kalp atım hızının 60-90% arasında olmalı, 15 dakika ile 60 dakika arasında sürmeli ve haftanın 3-5 günü aralığında uygulanmalıdır (American College of Sports Medicine, 201, p91).

Aerobik kondisyon, kaslara oksijeni ulaştırma ve bunu egzersiz sırasında enerji üretmek için kullanma becerisi olarak tanımlanabilir (Armstrong vd., 2007). Aerobik kondisyon üç önemli etken ile doğrudan bağlantılıdır; maksimum oksijen alımı (VO_{2maks}), anaerobik eşik ve iş verimliliği (Pate ve Kriska, 1984). “Anaerobik eşik” terimi ise vücudun gerekli enerjiyi sadece oksijen kullanarak elde edemediği bir egzersiz şiddetinin ölçümü olarak tanımlanmaktadır. Başka bir deyişle, laktat birikimi ile ilişkili enerjinin net katkısının gözlemlendiği egzersiz şiddetidir (Svedahl, 2003).

Aerobik egzersizler, minimum 20 dakika süren ve kalp atım hızının, maksimalinin %60-80’ine kadar yükseldiği aktiviteler olarak adlandırılabilir (Carter vd., 2003). Ayrıca, maksimal kalp atım hızının %90’ında uygulanan farklı egzersiz türlerinde aerobik dayanıklılığı geliştirdiği gözlemlendiğinden, aerobik dayanıklılığın farklı metodlarla da geliştirebileceği belirtilmektedir (Helgerud vd., 2001). Dolayısıyla aerobik dayanıklılığı artırabilmek için farklı şiddetlerde egzersizler uygulanabilir. Yüksek şiddetli fonksiyonel antrenman (HIFT), yüksek şiddetli interval antrenman (HIIT), yüksek şiddetli sürekli antrenman (HICT) farklı şiddetlerdeki antrenmanlara örnek olarak gösterilebilir.

Dayanıklılık sporcularında spora özgü gereklilikleri geliştirmek için HIIT metodu sıklıkla kullanılmaktadır. Aynı zamanda HIFT ile de spora özgü fonksiyonel patternleri içeren antrenman tekniği de tercih edilmektedir (Gist vd., 2015). Ayrıca HIFT metodu dayanıklılık ve direnç egzersizlerinin birlikte kullanılmasını sağlayarak, bir antrenman içerisinde farklı kazanımların elde edilmesini sağlar (Feito vd., 2018).

Kalp atım hızı otonom sinir sistemi aktivitesinin hassas bir yansımasıdır ve kalp atım hızı psikolojik, konumsal ve çevresel koşullardan kolaylıkla etkilenir; bu nedenle, görünüşte stabil dış koşullar altında bile kalp atış hızında dalgalanmalar yaygındır (Vogel, 2004). Kalp ritmi, otonom sinir sisteminin sempatik ve parasempatik aktivitelerinden etkilenir. Bununla birlikte baroreseptörler ve kemoreseptörler tarafından algılanan rahatsızlıklara yanıt vererek kardiyovasküler homeostaziyi korumaya çalışan, kalp atış hızını da etkileyen eden bazı geri bildirim mekanizmaları da vardır. Kalp atım hızını etkileyen bir diğeri önemli etken ise kalp atım hızının respiratuar ritme senkronize olmasıdır. Tüm bu mekanizmalar, sağlıklı bir bireyin istirahat halinde bile kalp atım hızındaki sürekli değışimlerden sorumludur. Bu değışikliklere kalp hızı değışkenliği denir (Martinez vd., 2017).

Otonom kardiyak düzenleme, dayanıklılık egzersizlerine uyumun önemli bir belirleyicisidir. Dinlenik durumda vagal kalp hızı değişkenliğinin, farklı popülasyonlarda VO_{2maks} ve aerobik dayanıklılık performansının dayanıklılık antrenmanları sonucunda gelişmesi ile bağlantılı olduğu gözlenmiştir. (Boutcher vd., 2013; Hautala vd., 2003; Hedelin vd., 2001; Versterinen vd., 2013; Versterinen vd., 2015) Bir antrenman periyodu sırasında artan dinlenik kalp hızı değişkenliği, dayanıklılık performansındaki veya VO_{2maks} 'taki iyileşmelerle ilişkilendirilmiştir (Boutcher vd., 2013; Buccheit vd., 2010; Da Silve vd., 2014; Hautala vd., 2003; Nummela vd., 2010).

Aerobik gelişim için en çok tercih edilen aktivitelerden biri koşudur. Koşuyu yürüyüşten ayıran faktörler ise yükselen hız, birim zamanda alınan mesafe ve bir süzülme evresinin bulunmasıdır. Koşu döngüsünde, her iki ayağında yere değmediği iki farklı evre bulunmaktadır. Hızın artmasıyla birlikte bu evreler uzar ve yerde kalma süresi azalır. Yürümekten farklı olarak koşu için gerekli momentum kolların ve bacakların savrulması sonucunda oluşur (Mann, 1982). Step-up egzersizinin direkt Türkçe çevirisi, basamak çıkmak olarak adlandırılmaktadır. Egzersiz, diz seviyesinde veya daha aşağıdaki bir seviyede bulunan kutu, basamak veya bunun gibi sabit kalabilen sert bir cismin üzerine, tek bacak ekleminin kalça fleksiyonu ile, çıkarak gerçekleştirilir. Step-up egzersizi, kuadriseps, hamstring, kalça ve abdominal kas gruplarının yardımıyla gerçekleşir. Ayrıca egzersiz literatürde “unilateral standing” olarak da geçmektedir (Graham, 2011).

Bir araştırmada tek taraflı uygulanan direnç egzersizlerinin, çift taraflı hareketlerdeki kuvveti de olumlu etkileyeceği gözlenmiştir. Bununla beraber tek taraflı uygulanan egzersizlerin avantajı olarak da koordinasyonun ve stabilizör kasların, çift taraflı uygulanan egzersizlerde yeteri kadar aktif olmadıklarından dolayı, gelişimine katkıda bulunduğu gözlenmiştir (McCurdy vd., 2010). Bu tez çalışmasının amacı ise, iki farklı egzersizi, aynı kalp atım hızında ve aerobik dayanıklılık koşullarını sağlar doğrultuda bir antrenman periyodu şeklinde uygulayarak sonuçları karşılaştırmaktır.

1.1. Enerji Sistemleri

Enerji sistemleri, organizmanın ihtiyaç duyduğu enerjiyi üretmek için kullandığı biyokimyasal yolları kapsar. İskelet kaslarının kasılabilmesi ve gevşeyebilmesi için gereken enerji, besinlerden veya daha önce tüketilen ve hücrelerde depolanan substratlardan sağlanır. Gerekli enerji, uygulanacak egzersizin şiddetine ve süresine bağlı olarak farklı

mekanizmalarla karşılanabilir ve aynı zamanda her bir enerji sistemi aynı anda da belirli düzeyde aktif olabilir (Swanwick ve Matthews 2018). Bu bağlamda enerji sistemleri, fosfojen sistemi (ATP-Kreatin fosfat sistemi), anaerobik glikoliz ve aerobik sistem olmak üzere üç ana başlıkta incelenebilir.

1.1.1. Fosfajen Sistemi

Fosfojen sistemi, kısa ve ani enerji gereksinimleri için hızlı bir şekilde enerji sağlar. Yoğun kas hareketi içeren aktivitelelerin, örnek olarak kısa mesafe hızlı koşu, ilk bir kaç saniyesinde ATP seviyesi relatif olarak sabit kalır fakat kreatin fosfat düzeyi, sürekli ATP üretmek için kullanıldığından dolayı istikrarlı bir şekilde azalma gösterir. ATP ve kreatin fosfat depolarının kombinasyonu, maksimum eforlu bir koşu sırasında kasların enerji ihtiyacını yalnızca 3 ila 15 saniye karşılayabilir. ATP'nin bu yoğun kas hareketini sağlayacak kadar enerji üretmeye yetmediği ve ATP sentezlenmesi için yeteri kadar kreatin fosfat olmadığından ATP'nin üretilmediği durum ise bitkinlik olarak adlandırılabilir (Kenney vd., 2021). Anaerobik fosfojen sistemin baskın enerji sistemi olduğu aktivitelere 100 metre sürat koşusu, atletizmde atmalar ve atlamalar, bazı artistik cimnastik branşları örnek olarak gösterilebilir (Bencke vd., 2002; Park vd., 2021; Zajac vd., 1999).

1.1.2. Anaerobik Glikoliz

Anaerobik glikoliz, glikozun parçalanarak enerji açığa çıkması olarak tanımlanabilir. Glikoz, kanda dolaşan tüm şekerlerin yaklaşık %99'unu oluşturur. Kanda bulunan glikoz, karbonhidratların sindirimi ve karaciğerde depolanan glikojenin parçalanmasıyla elde edilir. Glikozdan sentezlenen glikojen, vücudun ihtiyacı olduğu duruma kadar karaciğerde ya da kaslarda depolanır. Bu sistemde çok fazla ATP üretilmemesine rağmen, fosfojen sistem ile birlikte kasların yüksek miktarda güç üretebilmesini sağlar. Egzersiz sırasında bir kas lifinin enerji kullanım oranı dinlenme halindeki enerji kullanımından daha fazladır (Umberger vd., 2003). Ancak fosfojen ve glikoliz sistemi, 2 dakikadan fazla süren maksimal yoğunlukta uygulanan egzersizler için gereken enerjinin tamamını karşılama kapasitesine sahip değildir (Maughan ve Gleeson, 2010; Spriet, 2022). Enerjinin çoğunluğunun anaerobik glikoliz sistemi tarafından karşılanan spor branşlarına atletizmde 200m ve 400m, 4.000 metre bisiklet, binicilik, kayak branşında 500m ve 1000m, yüzme branşında 200m ve güreş olarak örnek verilebilir (Dal Monte, 1983; Newsholme vd., 1994, Powers ve Howley, 1995; Van Someren, 2006).

1.1.3. Aerobik Enerji Sistemi

Aerobik enerji sistemi, besin maddelerinin oksijen yardımıyla parçalanması sonucunda enerji üretilen bir sistemdir. İnsan metabolizmasının büyük bir kısmını oluşturur ve yaşamın genelinde enerji üretimi için baskın rol oynar. Aerobik enerji sistemi gerekli enerjiyi karbonhidratlardan ya da yağlardan sağlar Anaerobik enerji sistemlerinin hızlı enerji sağlama kapasitesiyle karşılaştırıldığında, oksidatif sistem, mitokondrial süreçler içeren karmaşık biyokimyasal reaksiyonlar nedeniyle daha yavaş bir şekilde aktive olur. Ancak, oksidatif enerji üretimi, uzun süreli enerji sağlama kapasitesi açısından daha üstündür. Bu nedenle, aerobik enerji sistemi, dayanıklılık gerektiren aktivitelerde birincil enerji üretim mekanizması olarak önemli bir rol oynar (Kenney vd., 2021). Bütün spor branşlarında, belli oranlarda aerobik enerji sistemi etkin olsada, atletizmde 800m, 1500m, 5000m, 10.000m, maraton branşında, 10.000 metre kano branşında, motor sporlarında, kürek ve yelken sporunda, 800m, 1500m gibi yüzme branşlarında daha baskın enerji sistemidir (Dal Monte, 1983; Newsholme vd., 1994; Powers ve Howley, 1995; Van Someren, 2006).

1.2. Aerobik Aktivite

Fiziksel aktivite, dinlenme seviyelerinin üzerinde enerji harcamasına neden olan ve iskelet kaslarının istemli bir şekilde hareket ettirilmesi olarak tanımlanır. Fiziksel aktivite, şiddetine bağlı olarak aerobik (yürüme, hafif tempolu koşu, vb.) ve anaerobik (mobilya hareket ettirmek, ağırlık kaldırmak, vb.) etkinliklerin bir karışımı olabilir (Gordon ve Medicine, 2021). Fiziksel aktivite, belirli fitness kazanımlarını elde etmek üzere planlanmış bir şekilde uygulanıyorsa buna da egzersiz adı verilir (Caspersen vd., 1985). ACSM, çoğu yetişkinin sağlıklı ve iyi olma halini sürdürmek amacıyla düzenli bir egzersiz rejimi uygulamasını önermektedir. Ayrıca, daha yüksek düzeyde fiziksel aktivitenin daha olumlu sağlık sonuçlarıyla ilişkili olduğunu vurgulamaktadır (Haskell vd., 2007). Aynı zamanda fiziksel aktivite sırasında enerji tüketimi artıyor olsa da bu durum her zaman fiziksel aktivitenin egzersiz olduğunu yansıtmaz ve bu nedenle enerji tüketiminin yüksek olduğu bir fiziksel aktivite sağlık veya performans ile ilgili olan egzersiz ile karıştırılmamalıdır.

1.3. Aerobik Egzersiz

Aerobik egzersiz, vücudun metabolik sisteminin enerji üretmek için oksijeni kullanmasını gerektiren, tekrarlı ritmik hareketlerden oluşan ve sağlık ya da performans düzeyini iyileştirmek amacıyla planlanmış fiziksel aktivite türünü ifade eder. Kardiyovasküler sistemin oksijeni alımını ve taşıma kapasitesini artırarak kardiyorespiratuar uygunluğun gelişmesini sağlar (Millstein, 2020). Aerobik egzersiz sırasında, aktif olarak kullanılan kasların enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla kardiyovasküler sistemin fonksiyonları otonom sinir sistemi tarafından hassas bir şekilde ayarlanır. Kardiyovasküler ve pulmoner sistemlerin düzenli olarak belirli şiddetlerde uyarılması, vücudun dayanıklılık aktivitelerindeki performansının artması yönünde uyum sağlamasına neden olur. Bu süreç, kalp fonksiyonunu ve periferik kan dolaşımını iyileştirerek kasların enerji üretme kapasitesini artırır (Gordon ve Medicine, 2021; Kenney vd., 2021).

1.4. Aerobik Dayanıklılık

Dayanıklılık, uzun süreli fiziksel aktiviteler sırasında vücudun enerji verimliliğini ve performansını sürdürme kapasitesidir (Caspersen vd., 1985). Kas dayanıklılığı belirli kaslara veya kas gruplarına özgü iken, kardiyorespiratuar dayanıklılık, büyük kas gruplarını kullanarak uzun süreli, dinamik tüm vücut egzersizini sürdürebilme yeteneği ile ilgilidir. Kas dayanıklılığı, tek bir kas ya da kas grubunun yüksek yoğunlukta, tekrarlı ya da statik kasılma becerisi olarak adlandırılmaktadır. Güreş yapan sporcunun rakibini sabit bir pozisyonda tutmaya çalışması, boks yapan sporcunun aynı tekniği birçok defa uygulaması, bir atletin 100m koşusu kas dayanıklılığı ile alakalıdır ve daha çok anaerobik enerji sistemi ile bağlantılıdır. Aerobik dayanıklılık ise, büyük kas gruplarının uzun süreli ve dinamik olarak egzersizleri sürdürebilme becerisi ile ilgilidir (Bouchard vd., 1992; Gibala vd., 2006). Sistemik bir şekilde uygulanan aerobik egzersizler sonucunda aerobik dayanıklılık becerisi, dokulara yeterli miktarda oksijen taşımak amacıyla oluşan adaptasyonlar sayesinde gelişir. Bu adaptasyonlar; kalp büyüklüğü, atım hacmi (her bir kalp atımında pompalanan kan hacmi), kalp atış hızı, kalp debisi (kalbin her bir dakikada pompaladığı toplam kan hacmi), kan akış hızı, kan basıncı ve kan hacminde meydana gelen değişiklikleri içerir (Fagard, 1996; Hermansen ve Wachtlova, 1971; Jacobs vd., 1987; Martino vd., 2002; Millstein, 2020).

1.4.1. Kardiyak Hipertrofi

Gerekli oksijen ve enerji talebini karşılamak amacıyla kalp kası ve ventrikül hacimlerinde artışlar meydana gelir (Ehsani vd., 1991; Milliken vd., 1988). Bu artışlar kardiyak hipertrofi olarak adlandırılır. Önceki çalışmalarda, uzmanlar bu durumu patolojik olarak değerlendirirken, günümüzde kardiyak hipertrofi, kronik dayanıklılık antrenmanları sonucunda gözlemlendiğinde normal kabul edilmektedir (Fagard, 1996; Prior ve La Gerche, 2012). Kardiyak hipertrofi, kronik direnç egzersizleri sonucunda, sol ventrikül duvarının kalınlaşması ile gerçekleşirken kronik dayanıklılık egzersizleri sonucunda sol ventrikül hacminin büyümesi ile gerçekleşir. Direnç egzersizleri sırasında yükselen kan basıncına karşı sol ventrikül duvarının kalınlaşması, kalbin kasılma yeteneğini geliştirebilir. Bu adaptasyon, kalbin daha etkili bir şekilde kanı pompalamasını sağlayarak artan yük altında daha verimli bir performans sergilemesine katkıda bulunabilir. Dolayısıyla, sol ventrikül duvarının kalınlaşması, kasılma stresine karşı direnç sağlayarak ve daha fazla dayanıklılık sağlamak için olumlu bir adaptasyon olarak değerlendirilebilir. Bununla birlikte, dayanıklılık egzersizleri sonucunda, sol ventrikül hacminde genişleme meydana gelmektedir. Bu sayede ventrikül içerisine dolabilecek kan miktarı artarak atım hacmi yükselecektir (Kenney vd., 2021).

1.4.2. Kalp Atım Hızı

Kronik aerobik egzersiz sonucunda edinilen adaptasyonların, dinlenik kalp atım hızı, submaksimal egzersiz sırasındaki kalp atımı ve egzersiz sonrası toparlanma süreci üzerinde büyük bir etkisi vardır. Dinlenik kalp atım hızı, düzenli aerobik egzersizler sonucunda daha düşük bir değer göstermektedir. Bu değişim özellikle aerobik egzersizin ilk haftalarında, sedanter bireylerde daha kolay gözlenmektedir. Bu adaptasyon, kalbin parasempatik aktivitesinin artmasıyla açıklanabilir (Wilmore vd., 1998). Submaksimal şiddette egzersizlerde ise iş gücü için gereken kardiyak debi, daha düşük kalp atımlarında sağlanabilmektedir ve bu da kalbin daha az güç harcamasına neden olmaktadır (Kenney vd., 2021).

1.4.3. Kardiyak Debi

Kardiyak debi, kalbin bir dakikada pompaladığı kan hacmi olarak tanımlanır. Dolayısıyla, bu büyüklük aslında iki değişkenin çarpımıdır: her bir atımda pompalanan kan hacmi ve kalp hızı. Kardiyak debi, bireylerin fiziksel yapısına göre büyük ölçüde değişir. Cinsiyet veya yaş gibi diğer faktörler de kardiyak debi ihtiyaçlarını etkiler (Collis vd., 2001). Bu faktörlere ek olarak, her bireyin hücresel ihtiyaçları dinamik olarak değişir. Uyku esnasında veya bir maraton koşarken ihtiyaçların aynı olmadığı açıktır. Bununla birlikte, yalnızca oturmak ve ayağa kalkmak bile bu ihtiyaçlarda değişikliklere neden olabilir ve kardiyak debide bir ayarlama gerektirir. Bu farklı koşullarda kardiyak debiyi kontrol eden sistem, otonom sinir sistemidir (Thomas, 2011).

1.5. Otonom Sinir Sistemi

Otonom ya da vejetatif sinir sistemi, istemsiz vücut yanıtlarını yönetmekle görevlidir. Ayrıca, vücudun dışarıdan gelen uyarılara rağmen stabil kalmasını sağlar; bu duruma homeostaz denir. Otonom sinir sistemi üç ayrı bileşen ile açıklanabilir:

Sempatik sinir sistemi: Enerji harcanması gereken ve metabolizma için stres yaratabilecek durumlar ile bağlantılıdır. Örneğin, tehlikeli olarak algılanan bir durumda kalp atım hızının artması gösterilebilir.

Parasempatik sinir sistemi: Enerjiyi depolama ve koruma, vücudu homeostazda tutma görevine sahiptir. Dolayısıyla, tehlikeli durum ortadan kalktığında kalp atım hızının normale dönmesinden sorumludur.

Enterik sinir sistemi: Gastrointestinal sistemin kontrolünde görevlidir.

Parasempatik sinir sistemi, gereksiz enerji harcamadan yeterli kardiyak debiye ulaşmak açısından uygun kalp atım hızını korumakla sorumludur. Sempatik sinir sistemi ise yüksek enerji ihtiyacı olan durumlara vücudu hazırlamak adına kalp atım hızını geçici olarak yükseltmekle görevlidir. Her iki sistemin aktivitelerinin artması ya da azalması ve vücudun ihtiyaçlarına yanıt verme süreleri, kalp atım hızının sürekli olarak değişmesine neden olur.

Kalp atış hızı değişimlerinin, "anlık kalp atış hızı" serisinin bir zaman serisi olarak ele alınıp spektrumunun analiz edilmesi durumunda belirli frekanslarda bazı baskın tepe noktalarının ortaya çıktığı belirtilmiştir (Akselrod vd., 1981; Rompelman vd., 1980; Saykr, 1973). Bu frekanslardan düşük frekanslı tepe noktası, vücut sıcaklığını düzenlemekle ilgili damarların genişleyip daralmasındaki döngüsel değişimlerle, orta frekanslı tepe noktaları ise kan basıncını algılayan sinirlerin tepkisiyle ilişkilendirilmiştir (Hyndman, 1974). Bu ilişkiyi açıklamak için yapılan çalışmada, bilinci açık 7 köpekte kan basıncı, elektrokardiyogram ve respiratuar aktivite gözlenmiş ve manyetik kaset üzerine kaydedilmiştir. Nova bilgisayar adlı bir elektronik cihaz ile elektrokardiyogram kayıtlarından elde edilen R dalgaları arasındaki sayısal veriler ile RR değerleri elde edilmiştir. Denekler üzerinde yapılan iki farklı farmakolojik uygulama ile parasempatik ve sempatik sinir sistemlerinin bloke edilmesi hedeflenmiştir. Parasempatik sistemin blokajı sonrasında yüksek frekanslı tepe noktalarının, sempatik sinir sistemi blokajı sonrasında ise düşük frekanslı tepe noktalarının azaldığı gözlemlenmiştir. Her iki farmakolojik madde birlikte uygulandığında ise tüm tepe noktalarının kaybolduğu ve kalp atış serisinin neredeyse metronom gibi gözlendiği fark edilmiştir (Akselrod vd., 1981).

1.6. Kalp Hızı Değişkenliği

“Sağlıklı bir bireyin istirahat halinde bile kalp atım hızında sürekli değişimler gözlenir. Bu değişikliklere kalp hızı değişkenliği (KHD) denir” (Martínez vd., 2017). Kalp hızı değişkenliği analizleri sonucunda sağlık açısından; fetal monitorizasyon (Nageotte, 2015), hipertansiyon (Ferrario vd., 2012) ve uyku problemleri (Lado vd., 2012) ile ilgili bilgiler elde edilebilir. Aynı zamanda akut kontrol açısından sürekli gözlemlen tutulan hastaların sağlık durumlarıyla ilgili yorumlar yapılabileceğini içeren çalışmalar bulunmaktadır (Barnaby vd., 2002; Ferrario vd., 2012; Ryan vd., 2011).

Kalp hızı değişkenliği, sporcu performansını değerlendirmek için de önemli bir parametre olarak kabul edilmektedir. Sporcuların uygulanan antrenman yüklerine fizyolojik tepkilerini izlemek için KHD analizleri kullanılmaktadır (Amano vd., 2001; Kaikkonen vd., 2012; Oliveira vd., 2013; Plews vd., 2012). HRV değerlerinin artması, sporcuların fiziksel kondisyonlarının ve performans potansiyellerinin yüksek olduğunu, tam tersi durumda ise yorgunluk, stresin tolere edilememesi ve aşırı yüklenme durumlarını gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, KHD ölçümleri sporcuların antrenman ve rekabet sırasındaki fizyolojik tepkilerini izlemek için de kullanılabilir (Dong, 2016).

1.7. Amaç ve Hedefler

Bu çalışmanın amacı, yüksek şiddetli devamlı egzersiz uygulamasının kardiyorespiratuvar uygunluk, bacak kuvveti ve vücut kompozisyonu üzerindeki etkilerini incelemektir. Yüksek şiddetli devamlı antrenman metodunun, aerobik egzersizler için kabul edilebilecek fazlalıkta şiddette uygulanmasının fizyolojik adaptasyonlar ve performans üzerindeki farklılıklarını belirlemek amaçlanmıştır.

Bu tez çalışmasının amacı, koşu ve step-up egzersizlerini, aynı kalp atım hızı aralığında ve aerobik dayanıklılık geliştirme koşullarına uygun bir antrenman periyodu şeklinde uygulayarak bu iki egzersizin etkilerinin karşılaştırılmasıdır.

1.7.1. İkincil Amaçlar

1. Koşu ile karşılaştırıldığında, aerobik dayanıklılığı geliştirmek için kullanılabilecek, egzersiz şiddetinin yüksek olduğu ve egzersizin devamlı olduğu, düzenli koşunun faydalarının yanı sıra farklı kazanımların da elde edilebileceği yeni bir antrenman protokolünü literatüre eklemek.

2. Aynı kalp atım hızı aralığında ve sürede uygulanan farklı iki egzersizin kalp hızı değişkenliği parametreleri üzerindeki etkilerini karşılaştırmak.

3. Bireylerin ev ortamında uygulanması zor olan koşu egzersizinden daha ekonomik bir şekilde uygulayabileceği bir egzersizi literatüre kazandırmak.

Bu araştırmanın önemi, belirli kalp atım hızı aralıklarında uygulanan farklı egzersiz türlerinin yetişkin sedanter erkeklerde kardiyorespiratuvar uygunluk, kalp hızı değişkenliği, bacak kuvveti ve vücut kompozisyonu gibi kritik sağlık ve performans ölçütlerine olan etkilerini sistematik olarak araştırarak, egzersiz biliminin derinlemesine anlaşılmasına katkıda bulunmasıdır. Aynı zamanda, bu çalışma, sedanter bireylerin fiziksel aktiviteye başlamasını teşvik etmek için daha etkili antrenman stratejilerinin geliştirilmesine de ışık tutmaktadır. Yüksek şiddetli devamlı antrenman metodunun sunduğu potansiyel faydaların ortaya konulması, hem sağlık profesyonelleri hem de egzersiz programı tasarlayıcıları için değerli bilgiler sağlayacaktır. Bu araştırma, sedanter bireylerde sağlık ve performansın artırılmasına yönelik yeni ve yenilikçi yaklaşımların geliştirilmesine olanak tanıyarak, toplum genelinde daha sağlıklı yaşam tarzlarının benimsenmesine katkıda bulunabilir.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

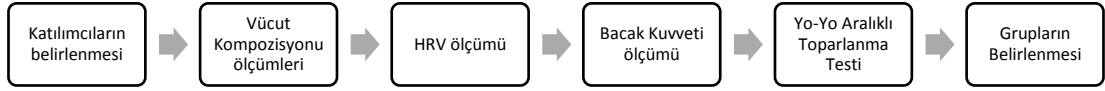
2.1. Araştırma Grubu

Bu çalışmanın örneklem grubunu, son 6 aydır düzenli egzersiz programı uygulamayan, kronik bir sağlık problemi olmayan ve son altı ay içinde yaralanma veya cerrahi operasyon geçirmemiş, Ankara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi'nden çalışmaya gönüllü olarak katılmak isteyen 18-40 yaş aralığında 36 sedanter erkek katılımcı oluşturmaktadır. Katılımcılar, çalışma süresince herhangi bir ergojenik yardımcı veya sinir sistemi ve hormonlarını etkileyen herhangi bir ilaç kullanmamaları, çalışma boyunca uygulanan egzersiz programı dışında herhangi bir egzersiz programına dahil olmamaları konularında uyarılmışlardır. Katılımcılar randomize bir şekilde üç farklı gruba koşu grubu, step-up grubu ve kontrol grubu olarak üç farklı gruba eşit olarak (n=12) ayrılmıştır. Örneklem sayısının belirlenmesinde, G-Power 3.1.9.7 yazılımı kullanılarak üç grup için ANOVA: fixed effects, omnibus, one way seçeneği ile elde edilen sonuç dikkate alınmıştır (Kang, 2021). Çalışmanın etik kurul onayı, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulu'ndan alınmıştır. Tüm katılımcılara, çalışmaya gönüllü olarak katıldıklarını belirten, çalışma ile ilgili detayların belirtildiği ve araştırmacıya her zaman ulaşabilecekleri iletişim bilgilerini içeren bilgilendirilmiş onam formu verilmiş ve okuduktan sonra imzalamaları istenmiştir. Çalışmaya katılmaları durumunda oluşabilecek riskler hakkında bilgilendirilmiş ve diledikleri zaman gönüllü olmaktan vazgeçerek çalışmadan ayrılacakları belirtilmiştir.

2.2. Araştırma Deseni

Bu çalışmada deneysel araştırma modeli kullanılmıştır. Deneysel modeller, grupların rastgele seçilip seçilmemesine göre tam (gerçek) ve yarı deneysel olarak iki kategoriye ayrılır (Aydoğdu vd., 2017). Bu çalışmada, üç grubun yer alması, bu grupların rastgele seçilmesi ve her bir gruba ön ve son test uygulanması nedeniyle, tam deneysel araştırma modellerinden biri olan ön-son test kontrol gruplu model tercih edilmiştir. Katılımcılar, çalışmaya dahil olan tüm süreçler hakkında bilgilendirilmiştir. Çalışmanın birinci gününde, öncelikle katılımcıların boy ve vücut kompozisyonu ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sonrasında, katılımcıların dinlenik kalp atım hızı ve kalp hızı değişkenliği verileri toplanmıştır. Daha sonra, bacak kuvveti ve aerobik dayanıklılık ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Tüm ölçümler, Ankara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Performans

Laboratuvarında yapılmıştır. Sürecin devamında, katılımcılar, paragrafın başında belirtildiği gibi, STEP-UP, KOŞU ve KONTROL grupları olmak üzere üç ayrı gruba, ön-test sonuçlarından aerobik dayanıklılık için belirlenen $VO_{2\text{maks}}$ düzeylerinin, one-way ANOVA testi ile ortalamaları arasında anlamlı bir fark oluşturmayacak şekilde ayrılmıştır.



Şekil 2.1. Çalışma başlangıç planı

2.3. Veri Toplama Araçları

2.3.1. Vücut Kompozisyonunun Belirlenmesi

Katılımcıların boy uzunlukları stadiometre (Holtain Ltd, İngiltere) ile , çıplak ayakla ve dik bir şekilde ayakta dururken, topuklarını birbirine bitişik şekilde konumlandırarak ölçülmüştür. Başları, Frankfort düzlemine göre düz tutulmuş, kollar serbestçe yanlara sarkıtılmıştır. Derin bir nefes alındıktan sonra, nefes tutularak başın en yüksek noktası 1 mm hassasiyetle cm cinsinden ölçülmüştür (Lohman, 1988). Vücut kompozisyonu ölçümü PlusAvis 333 (Jawon Medical, Güney Kore) medikal tartı kullanılarak belirlenmiştir. Katılımcılar, yaş, cinsiyet ve fiziksel aktivite düzeyi gibi bilgileri cihaza girdikten sonra, elektrotları tutarak ve kollarını yaklaşık 30 derece açıyla yanlarına doğru gererek cihazdan ölçüm alınmıştır (Kushner, 1991). Katılımcılar, ölçümden en az 4 saat öncesinde yemeyi ve içmeyi bırakmaları, en az 12 saat öncesinde alkol ve diüretik ürünler almayı ve zorlu fiziksel aktiviteleri bırakmaları konularında uyarılmışlardır. Ölçüm sırasında tüm katılımcıların üzerlerindeki metal eşyaları çıkarmaları istenmiştir.

2.3.2. Kalp Hızı Değişkenliği ve Dinlenik Kalp Atım Hızı

Katılımcıların kalp atım hızlarını belirlemek amacıyla Polar H10 göğüs bandı kullanılmıştır. Bu cihaz ile, ön ve son test sırasında, katılımcılar yatar pozisyonda iken, dışarıdan gelebilecek uyaranların mümkün olduğunca az olduğu boş bir odada, 10'ar dakikalık ölçümler alınmıştır ve 5. dakikadan sonra kaydedilen veriler değerlendirilmiştir. Aynı cihazlar egzersiz uygulaması sırasında da katılımcılar tarafından kullanılmış ve egzersiz sürecinin tamamında veri toplanmıştır. Elde edilen veriler Kubios HRV Standard (ver.

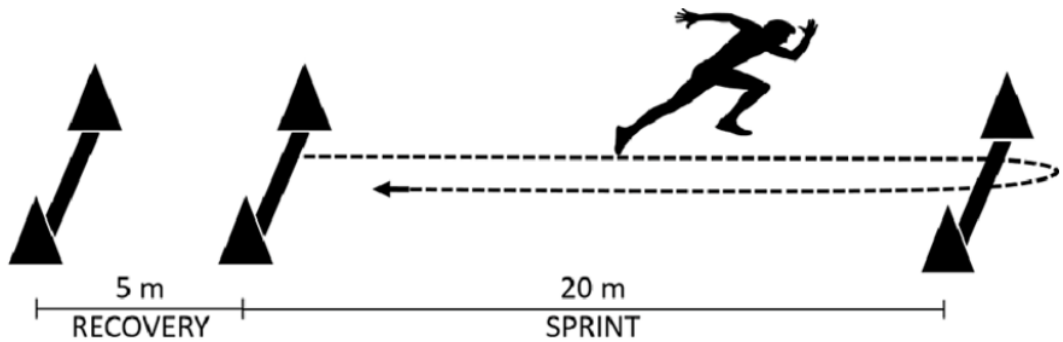
3.4.2)'a aktarılmıştır. Bu yazılım sayesinde enerji harcaması, antrenman yükü, ortalama kalp atım hızı, minimum kalp atım hızı ve maksimum kalp atım hızı ile HRV'ye ait RMSSD, SDNN, pNN50 gibi zaman-alan parametreleri ve HF, LF, LF/HF gibi frekans alan parametreleri ölçülmüştür. Çalışma kapsamında katılımcılardan toplanan veriler, IBM SPSS 27.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) kullanılarak analiz edilmiştir.

2.3.3. Bacak Kuvveti Ölçümleri

Bu ölçüm için sırt ve bacak (Takei-Back&Lift, Japonya) dinamometresi kullanılmıştır. Katılımcılar dinamometre sehpasına ayaklarını yerleştirdikten sonra, bacakları 15 derece açıyla bükülü iken, kollar gergin, sırt düz ve gövde hafif öne eğik pozisyonda, elleri ile kavradıkları dinamometre barını pozisyonunu bozmadan dikey olarak maksimum oranda, dizleri ekstansiyona getirene kadar sırt kullanılmadan sadece bacaklar kullanılarak yukarı çekmişlerdir. Çekme hareketi, kişiler 1 dakika dinlendikten sonra tekrar edilip her katılımcı için en iyi değer kaydedilecek şekilde ölçümü yapılmıştır. (Alp vd., 2015; Saygın vd., 2005).

2.3.4. Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi-1 (Yo-Yo IR1)

Yo-Yo IR seviye 1 testi, bireylerin aerobik sistemini maksimum düzeyde aktive eden aralıklı egzersiz yapma kapasitesine odaklanır. Bu test, artan hızlarda gerçekleştirilen 2 × 20 metrelik mekik koşularından oluşur ve her biri 10 saniyelik aktif dinlenme periyotları ile ayrılır. Koşuların ve dinlenme periyodunun başlangıcı sesli komut ile katılımcılara bildirilir.



Şekil 2.2. Yo-Yo IR seviye 1 testi

Katılımcılar, hızı sürdüremeyeceği ana kadar koşuya devam ettiler ve o noktada kat edilen mesafe test sonucu olarak kaydedildi. Test sonucunda elde edilen mesafe verileri;

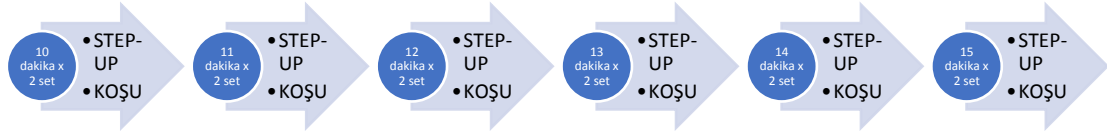
$$\text{Yo-YoIR1 test: } \text{VO}_{2 \text{ maks}} (\text{mL} * \text{kg}^{-1} * \text{min}^{-1}) = \text{IR1 distance (m)} \times 0,0084 + 36,4$$

formülünde kullanılarak katılımcıların $\text{VO}_{2\text{maks}}$ miktarları hesaplandı.

2.4. Uygulanan Antrenman

Aerobik egzersiz, vücudun metabolik sisteminin enerji üretmek için oksijeni kullanmasını gerektiren, tekrarlı ve yapılandırılmış fiziksel aktivite türünü ifade eder (Gellman, 2020). Planlı ve kronik bir şekilde uygulanan aerobik egzersiz, aerobik antrenman olarak tanımlanabilir. Antrenman sonrasında istenilen kazanımların elde edilmesi için egzersizlerin ulaşmak istenilen amaca yönelik seçilmesi ve hacim ve şiddetin buna uygun şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Antrenman hacmini belirlemek için kullanılan stratejilerden biri, toplam hareket sayısını, elementler, tekrar sayısını ve kat edilen mesafeyi kullanmaktır. Alternatif olarak, antrenmanın yoğunluğunu ölçmek için sporcunun egzersizi gerçekleştirdiği hız veya ortalama kalp atım hızı kullanılabilir (Bompa ve Buzzichelli, 2019).

Egzersiz şiddetini belirlemek için ortalama kalp atım hızı kullanılmıştır. Egzersiz yükünü belirlemeden önce tahmini maksimum kalp atım hızı, Tanaka'nın denklemi kullanılarak hesaplanmıştır ($208 - 0,7 \times \text{yaş}$) (Tanaka vd., 2001). İki egzersiz için de, egzersiz şiddetinin kalp atım hızının %80-85'i aralığında olması uygun görülmüştür. KOŞU ve STEP-UP egzersiz grubu için oluşturulan egzersiz planlamasında, egzersizlerin etkilerini maksimum düzeyde gözlemleyebilmek amacıyla Lineer Yükleme modeli kullanılmıştır. Bu model referans alınması ile progresif yükleme kapsamında, egzersizlerin set sürelerinin her hafta 1 dakika artırılması ile uygulanan gün için 2 dakika, ve çalışma sonunda toplam 10 dakika artırılmıştır (Bompa ve Buzzichelli, 2019). 18 seansı kapsayan ve haftanın 3 günü 6 hafta uygulanan süreç için egzersizler 10 dakika ve 2 set ile başlarken, son hafta uygulanan egzersizler 15 dakika ve 2 set ile tamamlanmıştır (Şekil 2.3). Her iki set arasındaki dinlenme süresi, kalp atım hızına bağlı olarak belirlenmiştir. Katılımcıların kalp atım hızları, maksimal kalp atım hızlarının %65'inin altına düştüğünde, egzersizin ikinci setine başlamaları talimatı verilmiştir.



Şekil 2.3. 6 haftalık egzersiz planı

2.4.1. Step-up Egzersizi Uygulaması

Katılımcılar, vücut ağırlıklarının %20'sine eşit olan sırt çantalarını takarak diz eklemleri hizasında bir basamağa sagittal düzlemde çıkıp inmişlerdir. Egzersiz, her iki bacak ile basamağa çıkma ve inme hareketinin sürekli olarak tekrarlanması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Egzersizin hızı, her egzersiz günü boyunca kalp atım hızının maksimal kalp atım hızının %80-85'i aralığında kalması şartına bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Katılımcılar, kalp atım hızlarını belirtilen aralıkta tutarak belirlenen süre boyunca egzersizi sürdürmüşlerdir. Kalp atım hızı belirtilen aralığın üzerine çıktığında egzersiz yavaşlatılmış ve gerektiğinde kısa bir ara verilmiştir.



Şekil 2.4. Step-up egzersizi uygulaması

2.4.2. Koşu Egzersizi Uygulaması

Katılımcılar, koşu egzersizini koşu bandında %0 eğimde gerçekleştirmiştir. Egzersiz sırasında koşu bandının eğimi sabit olarak sıfırda tutulmuş ve katılımcılara herhangi bir ek direnç uygulanmamıştır. Egzersizin hızı, her egzersiz günü boyunca kalp atım hızının maksimal kalp atım hızının %80-85'i aralığında kalması şartına bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Katılımcıların kalp atım hızı için belirlenen aralığın dışına çıktığı takdirde, koşu

bandının hız seviyesi azaltılmış ve gerekli görüldüğü durumda katılımcılar uygulamaya yürüyerek devam etmişlerdir.



KOŞU 1.Set



Yürüyerek
Dinlenme



KOŞU 2.Set



Yürüyerek
Dinlenme

Şekil 2.5. Koşu egzersizi uygulaması

2.5. Verilerin Analizi

Araştırmadan elde edilen verilerin istatistiksel analizinde IBM SPSS 27.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) programı kullanılmıştır. Ortalama karşılaştırmalarında kullanılacak testin parametrik veya parametrik olmayışının belirlenmesi için ilk olarak verilerin dağılımı, çift yönlü varyans analizi ile test edilmiştir. Katılımcı sayısı iki grupta da 50'nin altında olduğu için normallik dağılımı Shapiro Wilk ile değerlendirilmiştir. Grup içi istatistiklerde dağılımın normal olduğu verilerde ortalama farkları, parametrik test olan Bağımlı Örneklem t-Testi (Paired Sample t-Test) ile normal olmadığı verilerde ise parametrik olmayan Wilcoxon testi ile belirlenmiştir. Parametreler arası korelasyonlar için ise yine dağılımın normalliğine bağlı olarak Pearson veya Spearman korelasyon testleri kullanılmıştır. Gruplar arası istatistiksel analiz için dağılımın normal olduğu verilerde One-way ANOVA, anlamlı fark gösteren grup veya grupları belirlemek amacıyla post-hoc LSD testleri uygulanmıştır. Dağılımın normal olmadığı verilerde ise Kruskal Wallis-H Testi uygulanmıştır. Tüm istatistiksel analizlerde alfa değeri 0,05 olarak kabul edilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Vücut Kompozisyonu Değerleri ve Ortalama Karşılaştırmaları

Katılımcıların vücut kompozisyonu analizinden elde edilen parametrelerin ön ve son testlerin ortalamaları ve ortalama farkları Çizelge 3.1.'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. Ön ve son testlerden elde edilen vücut ağırlığı, vücut yağ oranı ve yağsız vücut ağırlığı ortalama değerlerinin grup içi ve gruplar arası karşılaştırmaları

Değişkenler		Kontrol grubu (n=12)	Koşu grubu (n=12)	Step-up grubu (n=12)	P_{-}
Vücut ağırlığı (kg)	Ön test	72,85±16,85	78,36±11,56	75,10±14,45	0,687
	Son test	73,08±16,63	79,11±11,22	75,91±15,45	0,646
	P_{-}	0,662	0,094	0,161	
Vücut yağ oranı (%)	Ön test	16,34±6,44	18,37±5,68	19,18±5,34	0,555
	Son test	17,75±5,99	18,56±6,76	19,26±4,30	0,862
	P_{-}	0,266	0,683	0,884	
Yağsız vücut kütlesi (kg)	Ön test	56,19±9,12	59,08±7,31	55,76±7,25	0,621
	Son test	55,80±8,43	59,49±6,79	56,33±8,35	0,533
	P_{-}	0,506	0,312	0,454	
* p<0,05; ** p<0,01					

Sonuçlar incelendiğinde, grup içi ve gruplar arası ön test veya son test ortalamalarını karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı anlaşılmaktadır ($p>0,05$). Yine sonuçlara göre her bir grubun ön ve son testleri arasında da anlamlı farka rastlanmadığı görülmektedir.

3.2. Bacak Kuvveti Değerleri ve Ortalama Karşılaştırmaları

Dinamometre aracılığıyla yapılan bacak kuvveti test sonuçları ile gruplara ait ortalama farklılıkları Çizelge 3.2.'de gösterilmektedir.

Sonuçlara göre gruplar arası ön veya son test ortalamalarında fark bulunamazken, egzersiz gruplarında grup içi ön ve son test karşılaştırmasında anlamlı farka ulaşılmıştır. Koşu grubunda fark $p<0,022$ ve step-up egzersiz grubunda ise $p<0,001$ düzeyinde anlamlı olarak kaydedilmiştir.

Çizelge 3.2. Ön ve son testlerden elde edilen bacak kuvveti ortalama değerlerinin grup içi ve gruplar arası karşılaştırmaları

Değişkenler		Kontrol grubu	Koşu grubu	Step-up grubu	P_{-}
Bacak kuvveti (kg)	Ön test	113,25±17,93	116,19±14,77	111,75±13,73	0,831
	Son test	114,54±17,29	121,60±17,68	126,75±15,98	0,295
	P_{-}	0,155	0,022*	0,001**	
* p<0,05; ** p<0,01					

3.3. Bacak Kuvveti Değerleri Farklarının Ortalama Karşılaştırmaları

Dinamometre aracılığıyla yapılan bacak kuvveti test sonuçları ile gruplara ait farkların ortalama farklılıkları Çizelge 3.3.'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.3. Ön ve son testlerden elde edilen bacak kuvveti ortalama değerlerinin farklarının gruplar arası karşılaştırmaları

Değişken		Kontrol grubu	Koşu grubu	Step-up grubu	P_{-}
Bacak kuvveti (kg)	Fark	1,29±2,92	5,41±6,17	15,00±7,89	0,001**
* p<0,05; ** p<0,01					

Sonuçlara göre, gruplar arasındaki ön test ve son test farklarından elde edilen değerler arasında anlamlı farklar bulunmuştur ($p=0,001^{**}$). Yapılan post-hoc analizi, bu farkın step-up egzersiz grubundan kaynaklandığını göstermiştir. Gruplar arasındaki anlamlı farkın, step-up egzersiz grubu ile kontrol grubu ($p=0,001^{**}$) ve step-up egzersiz grubu ile koşu egzersiz grubu ($p=0,001^{**}$) arasında olduğu görülmüştür.

3.4. Kardiyorespiratuvar Uygunluk Değerleri ve Ortalama Karşılaştırmaları

Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi-Seviye I ile ölçülen VO_{2max} değerleri ve gruplara ait ortalama farklılıkları Çizelge 3.3.'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.4. Ön ve son testlerden elde edilen VO₂maks ortalama değerlerinin grup içi ve gruplar arası karşılaştırmaları

Değişkenler		Kontrol grubu	Koşu grubu	Step-up grubu	<i>P</i> ₋
VO ₂ maks (ml:kg:dk)	Ön test	41,45±1,94	41,97±2,15	41,98±1,72	0,776
	Son test	41,36±1,87	43,01±2,78	44,41±1,96	0,019*
	<i>P</i> ₋	0,821	0,067	0,000**	
* p<0,05; ** p<0,01					

Sonuçlara göre gruplar arası ön test ortalamalarında fark bulunamazken, son test sonuçları farklı bulunmuştur. Yapılan post-hoc analizine göre farkın step-up egzersiz grubundan kaynaklandığı anlaşılmıştır. Step-up egzersiz grubunda elde edilen sonuç kontrol grubundan anlamlı olarak farklıdır (p=0,017*). Gruplar arası ön ve son test sonuçlarına göre ise benzer şekilde tek fark step-up grubunda görülmüştür (p<0,000**).

3.5. Kardiyorespiratuvar Uygunluk Değerleri ve Farklarının Ortalama Karşılaştırmaları

Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi-Seviye I ile ölçülen VO₂maks değerleri ve gruplara ait ortalama farklılıkları Çizelge 3.3.'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.5. Ön ve son testlerden elde edilen VO₂maks ortalama değerlerinin farklarının gruplar arası karşılaştırmaları

Değişkenler		Kontrol grubu	Koşu grubu	Step-up grubu	<i>P</i> ₋
VO ₂ maks (ml:kg:dk)	Fark	-0,09±1,36	1,04±1,58	2,43±0,87	0,001**
* p<0,05; ** p<0,01					

Sonuçlara göre, gruplar arasındaki ön test ve son test farklarından elde edilen değerler arasında anlamlı farklar bulunmuştur (p=0,001**). Yapılan post-hoc analizi, bu farkın step-up egzersiz grubundan kaynaklandığını göstermiştir. Gruplar arasındaki anlamlı farkın, step-up egzersiz grubu ile kontrol grubu (p=0,001**) ve step-up egzersiz grubu ile koşu egzersiz grubu (p=0,037*) arasında olduğu görülmüştür.

3.6. Dinlenik Kalp Hızı Değişkenliği Değerleri ile Toparlanma Süreleri ve Ortalama Karşılaştırmaları

Bu bölümde katılımcıların dinlenme sırasında elde ettikleri kalp hızı değişkenliği (KHD) verileri ve ortalama farkları ve ile 6 haftalık yüklenmeler sonrasında maksimal kalp atım hızı değerinin %65'ine döndükleri süreler ile bunlara ait ortalama karşılaştırmaları iki alt başlık üzerinden incelenecektir.

3.6.1. Katılımcıların Dinlenik KHD verileri ve Ortalama Farkları

Çizelge 3.4.'de dinlenme sırasında elde edilen KHD parametreleri ve ortalama farkları gösterilmektedir.

Çizelge 3.6. Dinlenme sırasında elde edilen KHD parametreleri ortalama değerlerinin grup içi ve gruplar arası karşılaştırmaları

Parametreler		Kontrol grubu	Koşu grubu	Step-up grubu	P_{-}
Ortalama KAH (atım:dk)	Ön test	74,24±8,12	69,30±8,52	69,87±10,46	0,380
	Son test	77,92±11,88	64,80±6,44	61,250±8,82	0,001**
	P_{-}	0,300	0,020*	0,001**	
RMSSD (ms)	Ön test	41,35±36,81	48,90±21,10	79,00±50,34	0,089
	Son test	60,13±86,18	86,91±111,38	106,67±80,96	0,550
	P_{-}	0,242	0,290	0,232	
SDNN (ms)	Ön test	41,85±22,28	53,28±16,53	76,25±34,84	0,018*
	Son test	55,50±66,82	70,02±72,91	86,37±58,02	0,603
	P_{-}	0,360	0,476	0,572	
pNN50 (yüzde)	Ön test	14,39±14,61	26,84±16,86	31,59±17,17	0,059
	Son test	13,50±23,70	33,92±25,19	44,16±27,89	0,034*
	P_{-}	0,864	0,348	0,070	
HF (ms ²)	Ön test	1280,41±2731,08	1218,80±1053,28	4166,62±5611,65	0,136
	Son test	3403,66±9540,53	18200,70±53209,37	6390,12±10502,35	0,539
	P_{-}	0,306	0,338	0,305	
LF (ms ²)	Ön test	895,16±788,02	1099,30±465,71	2470,25±1773,35	0,008**
	Son test	1511,50±2502,07	13593,20±39762,88	2056,12±1793,57	0,424
	P_{-}	0,342	0,345	0,638	
LF:HF oranı	Ön test	2,16±1,95	1,21±0,66	1,46±1,72	0,356
	Son test	1,54±0,99	1,22±1,52	1,12±1,29	0,756
	P_{-}	0,235	0,983	300	

* p<0,05; ** p<0,01; Ortalama KAH: Ortalama kalp atım hızı; RMSSD: Ardışık RR intervalleri arasındaki ardışık farkların karelerinin ortalama karekökü; SDNN: Normal sinüs aralıklarının standart sapması; pNN50: 50 ms üzerinde farklılık gösteren NN aralıkları; HF: Yüksek frekanslı bant değerinin mutlak güç değeri; LF: Düşük frekanslı bant değerinin mutlak güç değeri; ms: milisaniye; ms²: milisaniye kare

Sonuçlara göre, gruplar arası ön test ortalamalarında SDNN ($p=0,018^*$) ve LF ($p=0,008^{**}$) parametreleri dışında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Son test ortalamalarında ise ortalama KAH ($p=0,001^{**}$) ve pNN50 ($p=0,034^*$) anlamlı olarak farklı bulunmuştur. Yapılan post-hoc analizine göre, son test KAH ortalamalarındaki fark koşu egzersiz grubu ile kontrol grubu arasında ($p=0,003^{**}$) ve step up egzersiz grubu ile kontrol grubu arasında ($p<0,001^{**}$) gözlenmiştir. pNN50 ortalamaları arasındaki fark ise yalnızca kontrol grubu ile step-up egzersiz grubu arasında ($p=0,013^*$) anlamlı bulunmuştur.

3.6.2. Katılımcıların Egzersiz sonrasında maksimal KAH'ın %65'ine Ulaştıkları Süreler ve Ortalama Farkları

Çizelge 3.5.'de yüklenmeler sonrasında maksimal kalp atım hızı değerinin %65'ine döndükleri süreler ile bunlara ait ortalama karşılaştırmaları gösterilmektedir.

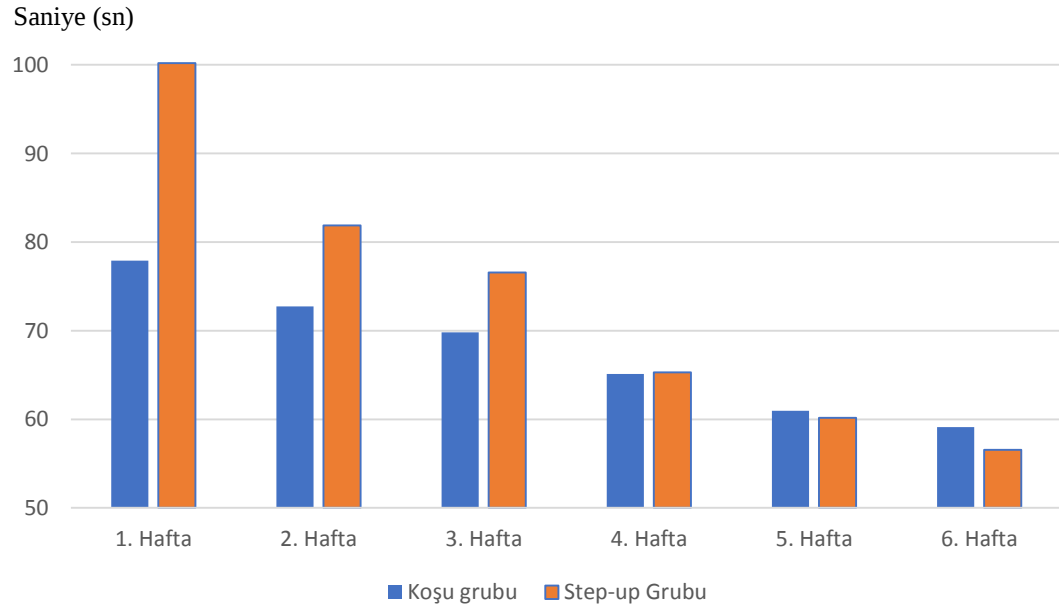
Çizelge 3.7. Yüklenmeler sonrasında maksimal kalp atım hızı değerinin %65'ine döndükleri süreler ile bunlara ait ortalama karşılaştırmaları

Haftalar	Koşu grubu (sn)	Step-up grubu (sn)	P_{-}
1.	77,90±14,54	100,19±36,60	0,140
2.	72,75±21,80	81,87±25,41	0,434
3.	69,80±10,36	76,56±25,67	0,501
4.	65,10±14,77	65,31±20,26	0,981
5.	60,95±9,02	60,18±11,03	0,877
6.	59,10±12,64	56,56±18,15	0,743
P_{-}	0,001**	0,000**	
* $p<0,05$; ** $p<0,01$; s: saniye			

Sonuçlara göre, gruplar arasında dinlenme sürelerinin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Koşu egzersiz grubunda 6 haftanın ortalama değerleri karşılaştırıldığında ($p=0,001^{**}$) ve step-up egzersiz grubunda aynı değerler karşılaştırıldığında ($p=0,000^{**}$) anlamlı farklar gözlenmiştir. Gruplar arasındaki anlamlı farklar, koşu grubunda şu şekilde gözlenmiştir: 1. hafta ile 4. hafta arasında ($p=0,022$), 1. hafta ile 5. hafta arasında ($p=0,030^*$), 1. hafta ile 6. hafta arasında ($p=0,002^{**}$), 2. hafta ile 6. hafta arasında ($p=0,009^*$), 3. hafta ile 5. hafta arasında ($p=0,034^*$), 3. hafta ile 6. hafta arasında ($p=0,040^*$), 4. hafta ile 6. hafta arasında ($p=0,019^*$).

Step-up grubundaki haftalık dinlenme süreleri arasındaki anlamlı farklar ise şu şekilde gözlenmiştir: 1. hafta ile 3. hafta arasında ($p=0,023^*$), 1. hafta ile 4. hafta arasında ($p=0,015^*$), 1. hafta ile 5. hafta arasında ($p=0,019^*$), 1. hafta ile 6. hafta arasında ($p=0,005^{**}$), 2. hafta ile 4. hafta arasında ($p=0,020^*$), 2. hafta ile 5. hafta arasında ($p=0,016^*$), 2. hafta ile 6. hafta arasında ($p=0,002^{**}$), 3. hafta ile 6. hafta arasında ($p=0,001^{**}$).

Çizelge 3.8. yüklenmeler sonrasında maksimal kalp atım hızı değerinin %65'ine döndükleri süreler ile bunlara ait ortalama karşılaştırmalarının grafiği



3.7. Katılımcılardan Egzersiz Süresince Elde Edilen KHD verileri ve Ortalama Farkları

Çizelge 3.4.'de egzersiz süresince elde edilen KHD parametreleri ve ortalama farkları gösterilmektedir.

Çizelge 3.9. Egzersiz süresince Koşu egzersiz grubundan elde edilen KHD parametreleri ve ortalama farkları

Parametreler	MeanRR	RMSSD	SDNN	pNN50	HF	LF	LF:HF
Haftalar	(ms)	(ms)	(ms)	(yüzde)	(ms ²)	(ms ²)	
1.	363,10±3,90	3,83±1,57	3,20±0,89	0,01±0,02	1,90±1,91	3,30±2,54	2,99±2,74
2.	363,20±6,62	3,59±1,02	2,94±0,52	0±0	2,00±1,24	2,2±1,68	1,81±2,06
3.	365,30±6,23	3,84±1,33	3,17±0,63	0±0	1,80±1,68	2,70±2,00	2,90±2,70
4.	366,10±4,60	3,77±1,23	3,12±0,72	0±0	2,00±2,62	3,30±2,86	3,05±2,72
5.	364,30±6,01	3,53±1,02	2,98±0,53	0±0	1,70±1,88	2,70±1,76	3,97±3,91
6.	369,00±10,97	3,59±1,56	3,21±1,03	0±0	2,00±1,76	2,90±2,37	2,40±2,62
P₊	0,617	0,898	0,636	0,075	0,981	0,810	0,412
* p<0,05; ** p<0,01; MeanRR: R zirvelerinin birbirine olan aralıklarının ortalaması; RMSSD: Ardışık RR intervalleri arasındaki ardışık farkların karelerinin ortalama karekökü; SDNN: Normal sinüs aralıklarının standart sapması; pNN50: 50 ms üzerinde farklılık gösteren NN aralıkları; HF: Yüksek frekanslı bant değerinin mutlak güç değeri; LF: Düşük frekanslı bant değerinin mutlak güç değeri; ms: milisaniye; ms ² : milisaniye kare							

Çizelge 3.10. Egzersiz süresince Step-up egzersiz grubundan elde edilen KHD parametreleri ve ortalama farkları

Parametreler	MeanRR	RMSSD	SDNN	pNN50	HF	LF	LF:HF
Haftalar	(ms)	(ms)	(ms)	(yüzde)	(ms ²)	(ms ²)	
1.	369,50±15,86	4,05±3,38	3,75±2,04	0,07±0,21	2,12±2,94	4,37±2,44	3,49±2,04
2.	368,37±7,98	2,88±0,60	2,55±0,56	0±0	0,62±0,51	2,00±1,19	3,31±1,77
3.	372,25±12,60	3,06±0,46	2,85±0,50	0±0	0,87±0,64	3,12±1,45	5,03±3,60
4.	371,87±10,65	3,37±1,16	3,21±1,08	0±0	3,12±5,27	5,87±6,81	3,00±2,08
5.	372,87±10,03	4,48±3,57	3,85±2,03	0,7±0,21	1,87±2,03	4,25±2,60	2,99±1,36
6.	378,25±9,92	3,43±0,82	3,91±1,81	0,02±0,5	1,25±0,70	5,50±6,48	4,10±2,74
P₊	0,038*	0,307	0,091	0,700	0,188	0,248	0,279
* p<0,05; ** p<0,01; MeanRR: R zirvelerinin birbirine olan aralıklarının ortalaması; RMSSD: Ardışık RR intervalleri arasındaki ardışık farkların karelerinin ortalama karekökü; SDNN: Normal sinüs aralıklarının standart sapması; pNN50: 50 ms üzerinde farklılık gösteren NN aralıkları; HF: Yüksek frekanslı bant değerinin mutlak güç değeri; LF: Düşük frekanslı bant değerinin mutlak güç değeri; ms: milisaniye; ms ² : milisaniye kare							

Sonuçlar incelendiğinde koşu egzersiz grubunda uygulama süresince elde edilen KHD parametreleri ve ortalama farkları arasında anlamlı farkın sadece step-up egzersiz grubunda ve MeanRR parametresinde olduğu (p=0,038) anlaşılmaktadır. Post-Hoc sonrası MeanRR için anlamlı farkın 1. Hafta ve 6. Hafta arasındaki farktan (p=0,018*) kaynaklandığı gözlenmiştir.

4. TARTIŞMA

Araştırmanın tartışma bölümünde, maksimum kalp atım hızının %80-85'i aralığında uygulanan devamlı koşu egzersizi ile ek ağırlıkla yapılan step-up egzersizinin, yetişkin sedanter erkeklerde kardiyorespiratuvar uygunluk, kalp hızı değişkenliği, bacak kuvveti ve vücut kompozisyonu değerlerine etkileri, çalışma bulguları, literatürdeki benzer araştırmalarla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Katılımcılardan saptanan vücut kompozisyonu verilerinin analiz edilmesiyle elde edilen bulgulara göre, vücut ağırlığı, vücut yağ yüzdesi, yağsız vücut ağırlığı değerlerinde değişiklikler gözlenmiş, ancak bu değişiklikler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Yapılan çalışmada (Schoenfeld vd., 2014), aerobik egzersizin oruçlu ve oruçsuz uygulanmasının vücut kompozisyonuna etkisi incelenmiştir. Araştırmaya, yaşları $22,4 \pm 2,8$ yıl olan, boyu $163,4 \pm 4,7$ cm ve ağırlığı $62,2 \pm 6,5$ kg olan 20 sağlıklı genç kadın üniversite öğrencisinin gönüllü olarak katıldığı belirtilmiştir. Katılımcılar düzenli olarak haftada birkaç gün aerobik egzersiz yapmakta olduğu ve katılımcıların bir kısmının üniversite atletizm sporcuları olduğu ifade edilmiştir. Egzersiz programı 4 hafta boyunca haftada 3 gün, 1 saat süreyle sabit tempolu aerobik temelli koşudan oluşmaktadır ve egzersiz koşu bandında %0 eğimde gerçekleştirildiği ve katılımcıların maksimum kalp atım hızının, 220-yaş formülü kullanılarak elde edildiği belirtilmiştir. Katılımcıların, egzersizi 50 dakika boyunca maksimum kalp atım hızının %70'i şiddetinde gerçekleştirdiği ifade edilmiştir. Çalışma süresince, katılımcılara bir diyetisyen tarafından hazırlanan kişisel diyet planları verildiği ve kilo kaybını teşvik etmek amacıyla kalori açığı oluşturacak şekilde ayarlandığı belirtilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, katılımcıların yağ oranlarında, vücut kitle endekslerinde ve vücut ağırlıklarında istatistiksel olarak anlamlı düşüşler gözlemlendiği raporlanmıştır ancak, oruçlu ve oruçsuz durumlar arasında anlamlı bir fark gözlenmediği belirtilmiştir. Bir diğer araştırmanın bulguları ise aerobik egzersizlerin enerji açığı oluşturmaması, uyku kalitesini artırması, açlık hissini baskılamasından dolayı yağ oranının azalmasını sağladığı belirtilmiştir (Guo vd., 2023). Bu bulgular, yağ kütlesinin azalmasının ve kilo kaybının doğrudan egzersiz şiddetinden veya süresinden etkilenmediğini; bunun yerine uyku kalitesi ve enerji açığı gibi parametreler ile birlikte değerlendirildiğinde etkilerinin kanıtlanabileceğini göstermektedir. Tez çalışmasından elde edilen veriler ile incelenen çalışmaların bulguları arasındaki farklılıkların, katılımcıların diyetlerinin kalori açığı oluşturacak şekilde düzenlenmiş olmasından kaynaklandığı düşünülebilir.

Yapılan çalışmada Pignato vd. (2019), dört haftalık yüksek yoğunluklu aerobik antrenman ve dairesel antrenmanının fiziksel olarak aktif erkeklerde vücut kompozisyonu üzerindeki etkilerini karşılaştırmıştır. Katılımcılar aerobik antrenman ve dairesel antrenman olarak iki gruba ayrılmış ve egzersiz sırasında antrenman şiddeti olarak belirlenen kalp atım hızı parametresi Polar H7 kalp atış hızı sensörleri ve Polar Team kalp atış hızı tespit sistemi (Polar Electro Oy, Kempele, Finlandiya) kullanılarak izlenirken, vücut kompozisyonunun değerlendirilmesi için Tanita Analizör MC-780MA (Tanita, Tokyo, Japonya) kullanıldığı belirtilmiştir. Antrenman programı ise 4 hafta boyunca, aerobik egzersiz grubu için haftada 3 gün, 30 dakikalık devamlı koşu, dairesel antrenman programı için ise belirlenen total vücut direnç egzersizleri için 1 tekrar maksimum değerlerinin %60'ı ile 10 tekrar ve her egzersizden sonra 15-30 saniye aralığında dinlenme şeklinde olduğunu belirtilmişlerdir. Egzersiz şiddetlerinin ise maksimum kalp atım hızlarının yaklaşık %80-85'i olarak belirlendiği ifade edilmiştir. Çalışma sonrasında elde edilen son test verilerine göre aerobik egzersiz ve dairesel antrenman gruplarının her ikisinde de vücut kütlesi ve yağ kütlesinde düşüş gözlemlenmiştir fakat bu düşüş gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir değer ifade etmezken gruplar kendi içlerinde değerlendirildiğinde, ön test-son test farkları arasında anlamlı farklılıklar olduğunu da gözlemlenmiştir. Farklı olarak dairesel antrenman grubunun yağsız vücut kütlesinde artış olduğunu ve bu artışın istatistiksel olarak anlamlı bir bulgu olarak ifade edildiğini belirtmişlerdir. Tez çalışması ve incelenen çalışma vücut kompozisyonu bakımından değerlendirildiğinde vücut kompozisyonunda değişiklikler gözlenmiş fakat bu değişiklikler istatistiksel olarak anlamlı olarak nitelendirilmemiştir. Pignato vd. (2019)'nın çalışmasında aerobik egzersizi karşılaştırdıkları dairesel antrenman metodunda yağsız kütlede artış, çalışma metodunda direnç egzersizlerinin kullanılmasından ve belirtilen dirençlerin bu gelişim için optimal aralıkta olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Tez çalışmasında da bu çalışma ile benzer bulgular gözlenmiş fakat elde edilen bulgular istatistiksel olarak anlamlı bulunamamıştır. Bu durum için ise egzersizlerin şiddetlerinin benzer fakat uygulama sürelerinin farklı olmasından kaynaklandığı belirtilebilir. Dolayısıyla, kalori alımı kontrol edilmediğinde bile düzenli fiziksel aktivite dönemi sonrasında vücut kompozisyonunda değişikliklerin gözlenebildiği söylenebilir.

Bacak kuvveti üzerine elde edilen bulgular incelendiğinde, maksimum kalp atım hızının %80-85 aralığında uygulanan her iki egzersizin de izometrik bacak kuvvetini istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde geliştirdiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu değişikliğin, ek ağırlıkla uygulanan step-up egzersizi için daha belirgin olduğu gözlenmiş ve ön test-son test farklarının analizine bakıldığında anlamlı farklar gözlenmiştir. Bunun nedeni, step-up

egzersizinin alt ekstremite kas gruplarını, izometrik kas kuvvetinin gelişimi için daha uygun bir hareket açıklığında çalıştırması olabilir. Ayrıca, egzersizlere ek ağırlık eklenmesinin ve egzersizin bir döngüsünün yavaş uygulanması izometrik kas kuvvetini artırmayı destekleyici bir etki yarattığı da ifade edilebilir.

Mair vd. (2019) ve ekibinin 11 katılımcı ile yaptığı bir çalışmada, ev ortamında uygulanan step up egzersizinin, toplum içerisinde kendi ihtiyaçlarını giderebilecek şekilde bağımsız yaşayan yaşlı popülasyona dahil olan kadınlar üzerinde alt ekstremite kuvvetinin ve fonksiyonel becerilerin olumlu olarak etkileyip etkilemediğini araştırmışlardır. Katılımcıların çalışmaya dahil edilme kriterleri ise egzersizleri yardım almadan uygulayabiliyor olmaları, huzur evinde ya da bakımları için destek aldıkları bir yerde yaşamıyor olmaları ve düzenli egzersiz yapmıyor olmaları şeklinde belirtilmiştir. Katılımcıların alt ekstremite fonksiyonel becerilerini ölçmek için 20 santimetre yüksekliğinde 10 basamaktan oluşan normal bir merdiveni kullanarak mümkün olan en hızlı şekilde yukarı çıkmaları istenmiş ve bu süreyi kaydetmişlerdir. İzometrik bacak kuvveti için ise cybex izokinetik dinamometre kullanılmış olup, dominant olan taraflardan diz ekstensör kas gruplarının kuvvetini ölçmüşlerdir. Katılımcıların antrenman programı ise günde 3 defa olacak şekilde, haftanın 3 günü ve 6 hafta olarak belirlenmiş olup, bu günleri ve gün içerisindeki zamanlamalar katılımcılara bırakıldığı ifade edilmiştir. Ekipman olarak ise ayarlanabilir step tahtaları ve ağırlık yelekleri kullanıldığı belirtilmiştir. Katılımcıların antrenman programı sabit olmakla birlikte, her çalışma için 4 set ve 10 defa step-up egzersizini mümkün olan en kısa sürede uygulamış oldukları ifade edilmiştir. Ağırlık yeleği ile belirlenen yük ise katılımcıların kendi vücut ağırlıkları ile belirlendiği ve her hafta %2,5 değerinde artırıldığı belirtilmiştir. Çalışma sonrasında elde edilen verilere göre, alt ekstremite güç çıktısında %10-11 oranında iyileşme, alt ekstremite fonksiyon testinde merdiven çıkma süresinde %9 oranında azalma ve normalize merdiven çıkma gücünde %10 oranında artış gözlemlendiği ifade edilmiştir. Tez çalışması, Mair ve arkadaşlarının çalışması ile karşılaştırıldığında, her iki çalışmada da uygulanan step-up egzersizinin bacak kuvvetini artırdığı gözlenmiştir. Bu bulgular, step-up egzersizinin izometrik kuvveti geliştirmek için uygun bir egzersiz olduğunu destekler bulguları içermektedir.

Tez çalışmasının bulguları, step-up grubunun VO_{2max} düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış olduğunu göstermektedir. Bu artış, maksimum kalp atımının %80-85 aralığında ek ağırlıkla yapılan step-up egzersizlerinin kardiyorespiratuvar uygunluk üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Ek ağırlık kullanılarak uygulanan

step-up egzersizlerinin, koşu egzersizlerine kıyasla alt ekstremita kas gruplarını daha optimal bir düzeyde strese maruz bırakarak aerobik dayanıklılığın gelişmesini sağladığı düşünülmektedir. Dolayısıyla, bu egzersizlerin kardiyorespiratuvar uygunluk üzerinde daha belirgin bir etki yaratması beklenmektedir. Ek ağırlık kullanımının ve egzersizin direnç temelli uygulanmasının, aerobik dayanıklılığı artıran adaptasyonlara yol açabilecek fizyolojik etkinliği artırabileceği anlaşılmaktadır. Bu sonuçlar, literatürde direnç egzersizlerinin kardiyorespiratuvar faydaları üzerine yapılan önceki çalışmalarla (Ramos-Campo vd., 2021) da uyumlu olup, ek ağırlık kullanımının aerobik kapasite üzerindeki potansiyel faydalarını desteklemektedir.

Bayati vd. tarafından (2011) yürütülen çalışmada, kronik hastalığı olmayan, ortalama yaşları $25 \pm 0,8$ yıl, ortalama boy uzunlukları $1,72 \pm 0,08$ m, ortalama kiloları 70 ± 11 kg ve ortalama vücut yağ yüzdesi $18 \pm 6\%$ olan 24 kişilik bir gruptan oluştuğu ifade edilmiştir. Bu gruplardan ikisinin belirli egzersiz protokollerini bisiklet ergometresinde uyguladığı ve üçüncü grubun kontrol grubu olarak belirlendiği ifade edilmiştir. 4 hafta olarak belirledikleri periyot için egzersiz uygulanan gruplardan biri, 30 saniyelik maksimum eforla başlayıp ardından 4 dakikalık dinlenme periyotlarıyla, her hafta 3 gün boyunca egzersizleri gerçekleştirmişlerdir. İlk haftada 3 set gerçekleştirilirken, 3. haftada bu sayı 5'e yükseltildiği ve son haftada tekrar 4 sete düşürüldüğü belirtilmiştir. Diğer egzersiz grubu ise, ölçülen maksimum dayanıklılık gücü değerlerinin $\%125$ 'i ile 30 saniye süren egzersizlerle, ardından 2 dakikalık dinlenme periyotlarıyla egzersizleri tamamladıkları belirtilmiştir. Bu grubun 6 interval ile başladığı ve 3. haftada 10 interval gerçekleştirdiği, 4. haftada ise 8 interval gerçekleştirdiği belirtilmiştir. Sonuçlar, her iki egzersiz grubunda da VO_2 maks değerlerinde anlamlı artış olduğunu belirtmiştir. Bu bağlamda yapılan Tez çalışmasının VO_2 maks ile ilgili sonuçları ile Bayati ve diğer araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen araştırmanın sonuçlarının benzerlik gösterdiği görülmektedir. Her iki egzersiz metodu da yüksek yoğunlukta ve sürekli olarak kardiyorespiratuvar sistem üzerinde stres oluşturmaktadır. Bu stres, zamanla kardiyovasküler sistemin adaptasyonunu ve maksimum oksijen tüketimini artırarak VO_2 maks değerlerini yükseltebilir. Dolayısıyla, bu çalışma sonuçları, her iki egzersiz yönteminin de kardiyorespiratuvar uygunluk üzerinde benzer etkilere sahip olabileceğini önermektedir.

Bir diğer çalışmada, fiziksel olarak aktif ve yaş ortalaması $20,15 \pm 0,56$ olan 40 erkek katılımcının çalışmaya dahil edildiği belirtilmiştir. Katılımcılar, randomize bir şekilde iki farklı gruba ayrılmıştır. Bir grup, Billat 30s-30s HIIT yöntemini uygularken, diğer grup

ise hem devamlı egzersiz hem de HIIT yöntemini içeren bir egzersiz planını takip etmiştir. Billat 30s-30s HIIT metodu için antrenman yükü maksimal aerobik hızın %100'ünde 30 saniye ve %50'sinde 30 saniye dinlenme şeklinde maksimum döngü olarak belirtilmiştir. İkinci grubun antrenman yükü ise belirlenen mesafelerin istenilen zamanda tamamlanması şeklinde belirlendiği ifade edilmiştir. İkinci grubun setler arasında dinlenmesi ise katılımcıların kalp atım hızlarının dakika başına 120 atıma düşmesi olarak belirtilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, her iki grup da VO_2 maks değerlerinde gelişme göstermiştir, ancak bu gelişim HIIT grubunda daha belirgin olarak gözlenmiştir (Obradović vd., 2016). Elde edilen bulgular, HIIT metodunun aktif dinlenme periyotları ile birlikte uygulandığında VO_2 maks gelişimi için etkili bir yöntem olarak kabul edilebileceğini göstermektedir. Tez çalışması ve incelenen çalışmanın metodlarının farklı olmasına rağmen, VO_2 maks değerinde artış göstermesi, aerobik dayanıklılık için optimal bir gelişim aralığının varlığını ve egzersiz şiddetinin bu düzeye yakın olması durumunda benzer adaptasyonların sağlanabileceğini desteklemektedir.

Tez çalışmasında her iki egzersiz grubunda da %80-85 maksimum kalp atım hızında egzersiz yüklemesi sonucunda toparlanma sürelerinin anlamlı bir şekilde kısaldığı gözlenmiştir. Bu bulgu, her iki egzersiz türünün de aerobik kapasiteyi ve kalp-dolaşım sisteminin etkinliğini artırdığını göstermektedir. Dolayısıyla belirlenen egzersiz şiddetinin ve setler arasındaki dinlenme periyodunun kalp atım hızına göre düzenlenmesi, toparlanma sürelerinin geliştirilmesi için etkili bir yöntem olduğu yorumu yapılabilir. Ayrıca, toparlanma sürelerindeki kısalma, egzersiz sonrası otonom sinir sisteminin uygulanan yüke adapte olduğunu ve hızlı bir şekilde parasempatik aktiviteyi artırarak kalp atımını normal değerlere getirebilme yeteneğinin geliştiğini göstermektedir. Bu durum, aerobik dayanıklılığın arttığının bir göstergesidir.

Yapılan bir çalışmada, 29 kişiden oluşan ve kronik kalp yetmezliği tanısı bulunan katılımcılarda rehabilitasyon amaçlı uygulanan HIIT ve devamlı egzersiz metodlarının kalp atım hızı iyileşmesi üzerine etkileri karşılaştırılmıştır. Yapılan kardiyopulmoner egzersiz testi sonucunda katılımcıların VO_2 maks ve maksimum iş yükü değerlerini elde edilmişlerdir. Kalp atım hızı iyileşme süresi ise, kardiyopulmoner egzersizin hemen sonrasında alınan kalp atım hızı değeri ve bundan bir dakika sonrasında alınan kalp atım hızı değerinin farkı ile elde edildiği belirtilmiştir. Antrenman şiddeti ise devamlı egzersiz grubu için, maksimum iş yükü değerinin %50'si ile, HIIT grubu için ise maksimum iş yükü değerinin %100'ü ile 30 saniye ve takip eden 30 saniye dinlenme şeklinde 40 dakika olacak şekilde uygulandığı

belirtilmiştir. Araştırma sonuçlarında ise katılımcıların VO_2 maks değerlerinde artış ve ayrıca kalp atımının iyileşme süresinde olumlu değişiklikler gözleendiği ifade edilmiştir. Hem sürekli hem de aralıklı egzersiz antrenman programları, kronik kalp yetmezliği hastalarında egzersiz kapasitesini artırdığı belirtilmiştir “Ancak, aralıklı egzersiz antrenmanı yerine sürekli egzersiz antrenmanı, parasempatik aktivitenin bir belirtisi olan kalp atım hızı iyileşmesini olumlu etkilediği ve bu durumun da devamlı antrenman metodunun otonom sinir sistemine etkisinin daha büyük olduğu belirtilmiştir” (Dimopoulos vd., 2006). Tez çalışması ve incelenen araştırma, kalp atım hızı iyileşmesi ve VO_2 maks değerleri açısından benzer sonuçlar göstermektedir. Bu durum, fiziksel aktivitenin düzenli olarak uygulanmasının ve devamlı egzersiz metodlarının kullanılmasının egzersiz sonrası kalp atım hızı iyileşmesini olumlu yönde etkilediğini desteklemektedir. Ayrıca, devamlı egzersiz metodlarında kalp atım hızı iyileşmesinin daha etkili olmasının sebeplerinden biri olarak, devamlı egzersizin otonom sinir sistemine stresle başa çıkmak için gerekli aralığı sağlaması ve dolayısıyla adaptasyonun gerçekleşmesine yardımcı olduğu yorumlanmıştır.

Tez çalışmasından elde edilen dinlenik kalp hızı değışkenliği verilerinde, ortalama kalp atım hızı ve pNN50 değerlerinde step-up ve koşu gruplarında anlamlı farklar elde edilmiştir. Dinlenik kalp atım hızındaki düşüş, kalp-dolaşım sisteminin etkinliğinin arttığını ve parasempatik aktivitenin baskın hale geldiğini göstermektedir. pNN50 değerlerindeki artış ise parasempatik aktivitenin arttığını ve genel kardiyovasküler sağlığını iyileştirdiğini göstermektedir. Bu bulgular, egzersizin otonom sinir sistemi üzerindeki olumlu etkilerini desteklemektedir (Shaffer vd., 2014). Egzersiz süresince elde edilen kalp hızı değışkenliği verilerinde, sadece STEP-UP egzersiz grubunda meanRR parametresinde anlamlı farklılık gözlenmiştir. Bu anlamlı farklılık, kalp hızı değışkenliği parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan çeşitli matematiksel işlemler ve sayı değerlerinin fazlalığı nedeniyle tesadüfi olarak nitelendirilmiştir. Diğer parametrelerde değışiklik gözlenmemesi ise, uygulanan egzersiz şiddetine ve artan süreye vücudun fizyolojik olarak yanıt verebildiğini ve bu yüklenmenin 6 haftalık süreç için verimli olduğunu göstermektedir. Kalp hızı değışkenliği, kalbin çevresel stres faktörlerine ne kadar esnek ve duyarlı olduğunu gösteren önemli bir sağlık göstergesidir. Bu sonuçlar, step-up egzersizinin ek ağırlık ile uygulanmasının otonom sinir sistemi fonksiyonlarını iyileştirerek genel sağlık ve iyilik hali üzerinde olumlu etkiler yaratabileceğini göstermektedir.

Melanson ve Freedson (2001), 14 sedanter erkek katılımcı üzerinde yürüttükleri bir çalışmada, 16 haftalık ve haftada 3 gün, her seans 30 dakika uygulanan aerobik egzersizin dinlenik halde ölçülen kalp hızı değişkenliği parametrelerine etkilerini incelemişlerdir. Katılımcılardan yatar pozisyonda 10 dakika boyunca ve atım başına 10 atım olacak şekilde ayarlanmış metronom eşliğinde bir solunum döngüsünü tamamlamalarını istemişlerdir. Bu süreçte EKG ile kalp atım hızı ve kalp hızı değişkenliği verileri elde edilmiştir. VO_2 maks değerleri ise bisiklet ergometresinde, açık-devre indirekt kalorimetre ile elde edildiği belirtilmiştir. Katılımcılara 16 hafta boyunca, haftada 3 gün egzersiz programı uygulanmış ve her 4 haftada bir katılımcıların dinlenik kalp atım hızı ve kalp hızı değişkenliği değerlerini tekrar ölçülmüşlerdir. Egzersiz şiddetinin kalp atım hızı rezerv yöntemine göre hesaplandığı, ilk iki hafta rezerv kalp atım hızının %70'i ile, çalışmanın devamında ise %80 ile uygulandığı ve her 4 haftada bir dinlenik kalp atım hızı tekrar ölçülerek egzersiz şiddetinin buna göre belirlendiği belirtilmiştir. Çalışma sonucunda, katılımcıların vücut kompozisyonlarında ve dinlenik kalp atım hızı değerlerinde değişiklikler gözlemlendiği, ancak bu değişikliklerini istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığını raporlamışlardır. VO_2 maks değerlerinde ise anlamlı artışlar gözlemlendiğini ifade etmişlerdir. Kalp hızı değişkenliği parametrelerinde, özellikle 12. hafta ölçümlerinin sonrasında RMMSD, pNN50 ve HFpower değerlerinde artışlar kaydetmişlerdir. Bu çalışmanın bulguları, tez çalışmasının bulgularıyla vücut kompozisyonundaki değişimler ve VO_2 maks analizleri açısından benzerlik göstermektedir. Bu benzerlik, aerobik egzersiz uygulamalarının şiddetinin kalp atım hızına bağlı olarak belirlenmesinin, VO_2 maks değerlerini geliştirmek için uygun bir yöntem olduğunu göstermektedir. Aynı çalışmanın kalp atım hızı sonuçları ile tez çalışmasının sonuçları, dinlenik halde alınan kalp atım hızlarının düşüşleri bakımından benzerlik gösterirken, istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemesi bakımından örtüşmemektedir. Bunun sebebinin, çalışmada kullanılan metronomun katılımcıların nefes alıp verme etkinliğinden kaynaklanan kardiyak regülasyonu etkilemesi ve ayrıca direnç egzersizi ile uygulanan aerobik egzersizlerin dinlenik kalp atım hızının düşmesi konusunda daha etkili olması olduğu düşünülmektedir. Kalp hızı değişkenliği açısından değerlendirildiğinde, çalışmanın ve tez çalışmasının bulguları benzerlik göstermektedir; ancak incelenen araştırmada, kalp hızı değişkenliği parametreleri 12 haftadan sonra anlamlı bir artış göstermektedir. Tez çalışmasında ise, 6 haftalık egzersiz sonrasında pNN50 değerlerinde step-up egzersiz grubunda anlamlı artışlar gözlenmiştir. Dolayısıyla, egzersiz şiddetinin maksimum kalp atım hızının %80-85'i aralığında belirlendiği ve direnç temelli aerobik egzersiz protokolü, otonom sinir sisteminin parasempatik aktivitesini artırmak için daha etkin bir yöntem olarak yorumlanabilir. Düzenli olarak uygulanan aerobik egzersiz, dinlenik

halde parasempatik aktiviteyi artırarak kalp hızı değişkenliğini olumlu yönde etkilemektedir. Bu da, aerobik egzersizin kalp sağlığı üzerindeki faydalarını desteklemektedir.

Egzersizlerin farklı eksenlerde uygulanması, aerobik dayanıklılık ve genel fiziksel uygunluk üzerinde çeşitli etkiler yaratmaktadır. Farklı eksenlerdeki egzersizlerin kas gruplarını çalıştırma şekilleri, enerji sistemleri üzerindeki yüklenmeleri ve kardiyovasküler adaptasyonları çeşitlilik gösterebilir. Dikey eksen üzerinde yapılan egzersizler, alt ekstremit kaslarını daha yoğun bir şekilde çalıştırırken, yatay eksen üzerinde gerçekleştirilen egzersizler, daha sürekli ve ritmik kas aktivasyonunu teşvik edebilir. Bu durum, farklı enerji sistemlerinin baskın olmasına ve bu sistemlerin optimal şekilde kullanılmasına olanak tanır. Ayrıca, çeşitli eksenlerde yapılan egzersizler, denge ve propriyosepsiyon gibi becerilerin gelişimine de katkıda bulunabilir (Moran vd., 2021). Bu bağlamda, egzersizlerin uygulanış şekli ve eksenlerinin çeşitliliği, hem fizyolojik adaptasyonları hem de psikolojik motivasyonu olumlu yönde etkileyebilir. Dolayısıyla, egzersizlerin farklı eksenlerde uygulanmasının, bireylerin aerobik kapasite ve genel dayanıklılığını artırmada etkili bir strateji olduğu söylenebilir.

Egzersizlerin mekanik yüklerinin farklı kazanımlar sağlaması üzerine yapılan araştırmalar, kas aktivasyonu ve enerji harcaması açısından önemli farklılıklar ortaya koymaktadır. Koşu ve step-up egzersizleri, her ne kadar kalp atım hızına göre aynı şiddette uygulansa da, mekanik yükleri farklıdır ve bu da farklı fizyolojik yanıtlar ve kazanımlar doğurur. Koşu sırasında, özellikle düz zemin ve engebeli zemin koşullarında, bacak sertliği ve kas aktivasyonu gibi biyomekanik değişkenler farklılaşabilir. Engebeli zeminde koşmak bacak kasları aktivasyonunu artırarak enerji ihtiyaçlarının farklılaşmasına neden olur. Benzer şekilde, step-up egzersizleri, özellikle ek ağırlıkla uygulandığında, koşu egzersizinden farklı kas gruplarını ve hareket kalıplarını aktive eder. Bu tür egzersizler, kasların daha yüksek düzeyde uyarılması ve farklı kas gruplarının daha yoğun çalışması nedeniyle, enerji harcamasını ve kas dayanıklılığını artırabilir. Step-up egzersizleri sırasında, bacak kaslarının yanı sıra kalça ve core bölgesi kasları da aktif olarak çalışır, bu kuvvet ve dengeyi parametrelerinin olumlu etkilenmelerine neden olur (Vernillo, 2017; Voloshina, 2015). Bu bağlamda, şiddet olarak belirlenen parametrenin aynı olduğu farklı egzersizlerin, mekanik yüklerindeki farklılıklar nedeniyle çeşitli fizyolojik adaptasyonlar ve performans kazanımları sağlayabileceği sonucuna varılmıştır. Egzersiz programlarının bu farklılıklar göz önünde bulundurularak tasarlanması, hedeflenen fiziksel uygunluk.

Sonuç olarak, maksimum kalp atım hızının %80-85 aralığında uygulanan devamlı koşu ve ek ağırlıklı step-up egzersizleri, yetişkin sedanter erkeklerde kardiyorespiratuvar uygunluk, kalp hızı değişkenliği, bacak kuvveti ve toparlanma süreleri üzerinde olumlu etkiler sağlamıştır. Bu bulgular, yüksek şiddetli devamlı egzersiz metodunun ve düzenli fiziksel aktivitenin genel sağlık üzerindeki önemini vurgulamaktadır. Ayrıca, bu tür egzersiz programlarının sedanter bireyler için uygulanabilir ve etkili yöntemler olduğunu göstermektedir. Egzersizin bireylerin genel sağlığı üzerindeki olumlu etkileri, toplum sağlığı açısından büyük bir öneme sahiptir ve düzenli fiziksel aktivitenin teşvik edilmesi gerekmektedir. Uygulanan egzersizlerde doğru metodu ve uygun şiddeti belirlemek büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmanın sonuçları, antrenörler için değerli sonuçlar göstermektedir ve egzersiz programlarının düzenlenmesinde dikkate alınmalıdır.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sağlıklı yetişkin erkeklerde altı hafta boyunca, haftada üç kez uygulanan yüksek şiddetli devamlı egzersiz metodunun step-up ve koşu gruplarında vücut kompozisyonu ve bacak kuvveti değerleri incelendiğinde:

- Her iki grubun bacak kuvvetlerinde artış gözlenmiş, step-up ve koşu grubundaki artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.
- Elde edilen ölçümler sonrasında katılımcıların ön test-son test farkları analiz edildiğinde ise istatistiksel olarak anlamlı bulgular elde edilmiş ve bu anlamlı bulguların step-up egzersiz grubundan kaynaklandığı belirlenmiştir.
- Her iki grubun da vücut kompozisyonu ölçümlerinde değişimler gözlenmiş olsa da, bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Step-up ve koşu gruplarında ön test ve son test bulguları sonucunda VO_2 maks verileri incelendiğinde:

- Her iki grubun VO_2 maks değerlerinde artış görülmüş, ancak step-up grubundaki artış istatistiksel olarak anlamlı bulunurken, koşu grubunda anlamlı bir fark gözlenmemiştir.
- Gruplar arası değerlendirmede ise istatistiksel olarak anlamlı bir değer elde edilirken bu değer hem step-up egzersiz ve koşu egzersiz grubu arasında, hem de step-up egzersiz grubu ve kontrol grubu arasında olduğu gözlenmiştir.

Step-up ve koşu gruplarında ön test ve son test bulguları sonucunda kalp hızı değişkenliği verileri incelendiğinde:

- Gruplar arasında ortalama dinlenik kalp atım hızı (KAH) ve pNN50 değerleri arasında anlamlı fark bulunmuştur. KAH için bulunan anlamlı farkın koşu grubu ile kontrol grubu arasında ve step-up grubu ile kontrol grubu arasında olduğu gözlenmiştir.
- pNN50 değeri için ise anlamlı farkın sadece kontrol grubu ile step-up grubu arasında olduğu gözlenmiştir.

Step-up ve koşu gruplarında 6 haftalık yüklenmeler sonrasında maksimal kalp atım hızı değerinin %65'ine döndükleri süreler ve bunlara ait ortalama karşılaştırmalar incelendiğinde:

- Her iki grubun da toparlanma sürelerinin azaldığı ve bu azalmanın grupların kendi içlerinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlenmiştir.

Çalışmanın bulguları, step-up egzersizinin koşu ile karşılaştırıldığında daha fazla kazanım sağladığını göstermektedir. Bu nedenle, gelecekteki araştırmalarda step-up egzersizi ve benzeri ağırlık kullanılarak uygulanan yüksek şiddetli aerobik egzersiz uygulamalarının daha fazla vurgulanması ve katılımcıların bu egzersizi daha sık veya daha yoğun bir şekilde gerçekleştirmesi önerilmektedir.

Bazı araştırmalarda, antrenman yükünün belirlenmesinde kalp atım hızı değişkenliğinin temel alınması önerilmektedir (Javaloyes vd., 2019; Kiviniemi vd., 2007; Vesterinen vd., 2016). Bu yöntem, her bireyin fizyolojik tepkisini daha hassas bir şekilde değerlendirmeyi ve antrenmanın kişiselleştirilmesini sağlayabilir. Çalışma sonuçları, bireyler arasındaki farklılıkların dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır; bu da tek tip bir antrenman programının herkes için uygun olmayabileceğini göstermektedir.

Dolayısıyla, kalp atım hızı değişkenliğine dayalı egzersiz planlaması, bireysel ihtiyaçları karşılamak ve optimal performansı teşvik etmek için daha etkili bir yöntem olabilir. Bu konudaki daha fazla araştırma, bu yaklaşımın uygulanabilirliğini ve etkinliğini daha detaylı bir şekilde inceleyebilir. Bu öneri, egzersiz bilimi ve spor performansı alanındaki gelecekteki araştırmalar için önemli bir yol gösterici olabilir.

Ayrıca, uygulanan aerobik egzersiz metodunun hız, güç üretimi, ivmelenme becerisi gibi parametrelerle ilişkili çalışmaların yapılması ve incelenmesi, bu metodun uzun vadeli etkilerinin anlaşılmasına ve sporcuların antrenman programlarını optimize etmelerine yardımcı olabilir. Bu yönde yapılacak çalışmalar, sporcuların performansını artırmak ve sağlıklı bir yaşam tarzını sürdürmek için etkili egzersiz stratejilerinin belirlenmesine katkıda bulunabilir.

KAYNAKLAR

- Akselrod, S., Gordon, D., Ubel, F.A., Shannon, D.C., Berger, A.C. & Cohen, R.J. (1981). Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *science*, 213(4504), 220-222.
- Aloia, J.F. (1981). Exercise and skeletal health. *Journal of the American Geriatrics Society*, 29(3), 104-107.
- Amano, M., Kanda, T., Ue, H. & Moritani, T. (2001). Exercise training and autonomic nervous system activity in obese individuals. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(8), 1287-1291.
- Bangsbo, J., Iaia, F.M. & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports medicine*, 38, 37-51.
- Bencke, J., Damsgaard, R., Saekmose, A., Jørgensen, P., Jørgensen, K. & Klausen, K. (2002). Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 years old elite and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball, tennis and swimming. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 12(3), 171-178.
- Blair, S.N., Goodyear, N.N., Gibbons, L. W. & Cooper, K.H. (1984). Physical fitness and incidence of hypertension in healthy normotensive men and women. *Jama*, 252(4), 487-490.
- Bompa, T.O. and Buzzichelli, C. (2019). *Periodization-: theory and methodology of training*. Human kinetics.
- Bouchard, C., Dionne, F.T., Simoneau, J.-A. & Boulay, M.R. (1992). 2: Genetics of aerobic and anaerobic performances. *Exercise and sport sciences reviews*, 20(1), 27-58.
- Brownell, K.D. (1984). The psychology and physiology of obesity: implications for screening and treatment. *Journal of the American Dietetic Association*, 84(4), 406-414.
- Brownell, K.D. and Stunkard, A.J. (1980). Physical activity in the development and control of obesity. *Obesity*, 300-324.
- Caspersen, C.J., Powell, K.E. & Christenson, G.M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public health reports*, 100(2), 126.
- Clemente Suarez, V.J. and González-Ravé, J.M. (2014). Four weeks of training with different aerobic workload distributions–Effect on aerobic performance. *European journal of sport science*, 14, S1-S7.
- Cochran, A.J., Percival, M.E., Tricarico, S., Little, J.P., Cermak, N., Gillen, J.B., Tarnopolsky, M.A. & Gibala, M.J. (2014). Intermittent and continuous high-intensity exercise training induce similar acute but different chronic muscle adaptations. *Experimental physiology*, 99(5), 782-791.

- Collis, T., Devereux, R.B., Roman, M.J., de Simone, G., Yeh, J.-L., Howard, B.V., Fabsitz, R.R. & Welty, T.K. (2001). Relations of stroke volume and cardiac output to body composition: the strong heart study. *Circulation*, 103(6), 820-825.
- Dal Monte, A. (1983). The functional values of sport. *Firenze: Sansoni*.
- Dimopoulos, S., Anastasiou-Nana, M., Sakellariou, D., Drakos, S., Kapsimalakou, S., Maroulidis, G., Roditis, P., Papazachou, O., Vogiatzis, I. & Roussos, C. (2006). Effects of exercise rehabilitation program on heart rate recovery in patients with chronic heart failure. *European Journal of Preventive Cardiology*, 13(1), 67-73.
- Dong, J.G. (2016). The role of heart rate variability in sports physiology. *Experimental and therapeutic medicine*, 11(5), 1531-1536.
- Ehsani, A.A., Ogawa, T., Miller, T.R., Spina, R.J. & Jilka, S.M. (1991). Exercise training improves left ventricular systolic function in older men. *Circulation*, 83(1), 96-103.
- Fagard, R. (1996). Athlete's heart: a meta-analysis of the echocardiographic experience. *International journal of sports medicine*, 17(S 3), S140-S144.
- Ferrario, M., Aletti, F., Baselli, G., Signorini, M.G., Cerutti, S., Kamath, M., Watanabe, M. & Upton, A. (2012). Heart rate variability analysis for the monitoring of fetal distress and neonatal critical care. *Heart rate variability (HRV) signal analysis clinical applications*. Press, 24.
- Fox, E.L., Bairstow, J. & Mathews, D.K. (1980). *IT, interval training for lifetime fitness*. Dial Press.
- Gellman, M.D. (2020). *Encyclopedia of behavioral medicine*. Springer.
- Gibala, M.J., Little, J.P., Van Essen, M., Wilkin, G.P., Burgomaster, K.A., Safdar, A., Raha, S. & Tarnopolsky, M.A. (2006). Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *The Journal of physiology*, 575(3), 901-911.
- Gist, N.H., Fedewa, M.V., Dishman, R.K. & Cureton, K.J. (2014). Sprint interval training effects on aerobic capacity: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 44, 269-279.
- Gordon, B. and Medicine, A.C.O.S. (2021). *ACSM's Resources for the Exercise Physiologist*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Guo, Z., Li, M., Cai, J., Gong, W., Liu, Y. & Liu, Z. (2023). Effect of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on fat loss and cardiorespiratory fitness in the young and middle-aged a systematic review and meta-analysis. *International journal of environmental research and public health*, 20(6), 4741.
- Haskell, W.L., Lee, I.-M., Pate, R.R., Powell, K.E., Blair, S.N., Franklin, B.A., Macera, C.A., Heath, G.W., Thompson, P.D. & Bauman, A. (2007). Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*, 116(9), 1081.

- Hermansen, L. and Wachtlova, M. (1971). Capillary density of skeletal muscle in well-trained and untrained men. *Journal of Applied Physiology*, 30(6), 860-863.
- Jackson, J.H., Sharkey, B.J. & Johnston, L.P. (1968). Cardiorespiratory adaptations to training at specified frequencies. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 39(2), 295-300.
- Jacobs, I., Esbjörnsson, M., Sylven, C., Holm, I. & Jansson, E. (1987). Sprint training effects on muscle myoglobin, enzymes, fiber types, and blood lactate. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19(4), 368-374.
- Javaloyes, A., Sarabia, J.M., Lamberts, R.P. & Moya-Ramon, M. (2019). Training prescription guided by heart-rate variability in cycling. *International journal of sports physiology and performance*, 14(1), 23-32.
- Kaikkonen, P., Hynynen, E., Mann, T., Rusko, H. & Nummela, A. (2012). Heart rate variability is related to training load variables in interval running exercises. *European journal of applied physiology*, 112, 829-838.
- Karvonen, J. and Vuorimaa, T. (1988). Heart rate and exercise intensity during sports activities: practical application. *Sports medicine*, 5, 303-311.
- Kenney, W.L., Wilmore, J.H. & Costill, D.L. (2021). *Physiology of sport and exercise*. Human kinetics.
- Kiviniemi, A.M., Hautala, A.J., Kinnunen, H. & Tulppo, M.P. (2007). Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements. *European journal of applied physiology*, 101(6), 743-751.
- Krølner, B., Toft, B. & Tøndevold, E. (1983). Physical exercise as prophylaxis against involutional vertebral bone loss: a controlled trial. *Clinical science (London, England: 1979)*, 64(5), 541-546.
- Laursen, P.B. and Jenkins, D.G. (2002). The scientific basis for high-intensity interval training. *Sports medicine*, 32(1), 53-73.
- Lennon, D., Stratman, F.W., Shrago, E., Nagle, F.J., Madden, M., Hanson, P. & Carter, A.L. (1983). Effects of acute moderate-intensity exercise on carnitine metabolism in men and women. *Journal of Applied Physiology*, 55(2), 489-495.
- Mair, J.L., De Vito, G. & Boreham, C.A. (2019). Low volume, home-based weighted step exercise training can improve lower limb muscle power and functional ability in community-dwelling older women. *Journal of clinical medicine*, 8(1), 41.
- Martino, M., Gledhill, N. & Jamnik, V. (2002). High VO₂max with no history of training is primarily due to high blood volume. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(6), 966-971.
- Maughan, R.J. and Gleeson, M. (2010). *The biochemical basis of sports performance*. Oxford University Press, USA.

- Milliken, M.C., Stray-Gundersen, J., Peshock, R.M., Katz, J. & Mitchell, J. H. (1988). Left ventricular mass as determined by magnetic resonance imaging in male endurance athletes. *The American journal of cardiology*, 62(4), 301-305.
- Millstein, R. (2020). Aerobic exercise. In *Encyclopedia of Behavioral Medicine* (pp. 61-62). Springer.
- Moran, J., Ramirez-Campillo, R., Liew, B., Chaabene, H., Behm, D.G., García-Hermoso, A., ... & Granacher, U. (2021). Effects of vertically and horizontally orientated plyometric training on physical performance: A meta-analytical comparison. *Sports Medicine*, 51, 65-79.
- Nageotte, M.P. (2015). Fetal heart rate monitoring. *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine*,
- Naughton, J. (1985). Role of physical activity as a secondary intervention for healed myocardial infarction. *The American journal of cardiology*, 55(10), D21-D26.
- Newsholme, E., Leech, A. & Duester, G. (1994). *Keep on running: the science of training and performance*. John Wiley & Sons.
- Oberman, A. (1985). Exercise and the primary prevention of cardiovascular disease. *The American journal of cardiology*, 55(10), D10-D20.
- Obradović, J., Vukadinović, M., Pantović, M. & Baić, M. (2016). HIIT vs moderate intensity endurance training: impact on aerobic parameters in young adult men. *Acta Kinesiologica*, 10(Suppl 1), 35-40.
- Oliveira, R., Leicht, A., Bishop, D., Barbero-Alvarez, J.C. & Nakamura, F. (2013). Seasonal changes in physical performance and heart rate variability in high level futsal players. *International journal of sports medicine*, 34(05), 424-430.
- Paffenbarger, R.S., Hyde, R.T., Wing, A.L. & Steinmetz, C.H. (1984). A natural history of athleticism and cardiovascular health. *Jama*, 252(4), 491-495.
- Park, S.-B., Park, D.-S., Kim, M., Lee, E., Lee, D., Jung, J., Son, S.J., Hong, J. & Yang, W.-H. (2021). High-intensity warm-up increases anaerobic energy contribution during 100-m sprint. *Biology*, 10(3), 198.
- Pignato, S., Penna, G. & Patania, V.M. (2019). Effects of high intensity aerobic training and circuit training on body composition in fitness men. *Journal of Physical Education and Sport*, 19, 1967-1971.
- Plews, D.J., Laursen, P.B., Kilding, A.E. & Buchheit, M. (2012). Heart rate variability in elite triathletes, is variation in variability the key to effective training? A case comparison. *European journal of applied physiology*, 112(11), 3729-3741.
- Powers, S.K. and Howley, E.T. (1995). Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performances. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 27(3), 466.
- Prior, D.L. and La Gerche, A. (2012). The athlete's heart. *Heart*, 98(12), 947-955.

- Ramos-Campo, D.J., Andreu Caravaca, L., Martinez-Rodriguez, A. & Rubio-Arias, J.Á. (2021). Effects of resistance circuit-based training on body composition, strength and cardiorespiratory fitness: a systematic review and meta-analysis. *Biology*, 10(5), 377.
- Rosenthal, M., Haskell, W., Solomon, R., Widstrom, A. & Reaven, G.M. (1983). Demonstration of a relationship between level of physical training and insulin-stimulated glucose utilization in normal humans. *Diabetes*, 32(5), 408-411.
- Schoenfeld, B.J., Aragon, A.A., Wilborn, C.D., Krieger, J.W. & Sonmez, G.T. (2014). Body composition changes associated with fasted versus non-fasted aerobic exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 11, 1-7.
- Seals, D.R., Hagberg, J.M., Hurley, B.F., Ehsani, A.A. & Holloszy, J.O. (1984). Effects of endurance training on glucose tolerance and plasma lipid levels in older men and women. *Jama*, 252(5), 645-649.
- Shephard, R.J. (1968). Intensity, duration and frequency of exercise as determinants of the response to a training regime. *Internationale Zeitschrift fuer Angewandte Physiologie Einschliesslich Arbeitsphysiologie*, 26, 272-278.
- Spriet, L.L. (2022). Anaerobic metabolism during exercise. In *Exercise metabolism* (pp. 51-70). Springer.
- Swanwick, E. and Matthews, M. (2018). Energy systems: A new look at aerobic metabolism in stressful exercise. *MOJ Sports Med*, 2(1), 00039.
- Tanaka, H., Monahan, K.D. & Seals, D.R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the american college of cardiology*, 37(1), 153-156.
- Thomas, G.D. (2011). Neural control of the circulation. *Advances in physiology education*, 35(1), 28-32.
- Thompson, J.K., Jarvie, G.J., Lahey, B.B. & Cureton, K.J. (1982). Exercise and obesity: etiology, physiology, and intervention. *Psychological Bulletin*, 91(1), 55.
- Trost, S.G., Owen, N., Bauman, A.E., Sallis, J.F. & Brown, W. (2002). Correlates of adults' participation in physical activity: review and update. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(12), 1996-2001.
- Umberger, B.R., Gerritsen, K.G. & Martin, P.E. (2003). A model of human muscle energy expenditure. *Computer methods in biomechanics and biomedical engineering*, 6(2), 99-111.
- Van Someren, K.A. (2006). The physiology of anaerobic endurance training. *The Physiology of Training. UK: Churchill Livingstone*, 85-115.
- Vesterinen, V., Nummela, A., Heikura, I., Laine, T., Hynynen, E., Botella, J. & Häkkinen, K. (2016). Individual endurance training prescription with heart rate variability. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(7).

- Vernillo, G., Giandolini, M., Edwards, W.B., Morin, J.B., Samozino, P., Horvais, N. & Millet, G.Y. (2017). Biomechanics and physiology of uphill and downhill running. *Sports Medicine*, 47, 615-629.
- Voloshina, A.S. and Ferris, D.P. (2015). Biomechanics and energetics of running on uneven terrain. *The journal of experimental biology*, 218(5), 711-719.
- Wilmore, J.H., Stanforth, P.R., Hudspeth, L.A., Gagnon, J., Daw, E.W., Leon, A.S., Rao, D., Skinner, J.S. & Bouchard, C. (1998). Alterations in resting metabolic rate as a consequence of 20 wk of endurance training: the HERITAGE Family Study. *The American journal of clinical nutrition*, 68(1), 66-71.
- Zajac, A., Jarzabek, R. & Waskiewicz, Z. (1999). The diagnostic value of the 10- and 30-second Wingate test for competitive athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 13(1), 16-19.



EKLER

Ek-1. Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ ONAM FORMU

Araştırmanın adı: Maksimum Kalp Atım Hızının %80-85'i Aralığında Uygulanan Devamlı Koşu Egzersizi ile Ek Ağırlıkla Yapılan Step-up Egzersizlerinin Yetişkin Sedanter Erkeklerde Kardiyorespiratuvar Uygunluk, Kalp Hızı Değişkenliği, Bacak Kuvveti ve Vücut Kompozisyonu Değerlerine Etkilerinin İncelenmesi Sorumlu Araştırmacı: Doç. Dr. Dicle Aras

Araştırmanın Yürütüleceği Yer: Ankara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi

Sayın katılımcı,

Yukarıda adı yazılı araştırmaya katılmak üzere davet edilmiş bulunuyorsunuz. Bu araştırmada yer almayı kabul etmeden önce, araştırmanın ne amaçla yapılmak istendiğini anlamanız ve kararınızı bu bilgilendirme çerçevesinde özgürce vermeniz gerekmektedir. Aşağıdaki bilgileri lütfen dikkatlice okuyunuz, sorularınız olursa sorunuz ve açık yanıtlar isteyiniz.

Belirli kalp atım hızı aralıklarında uygulanan egzersizler farklı adaptasyonlara sebep olur ve vücutta belirli fizyolojik değişikliklere yol açar. Bunlara kardiyorespiratuvar uygunluğun artması, kalp kaslarının hipertrofisi, uzun süre fiziksel aktiviteye devam edebilme becerisi ve dinlenik kalp atım hızının düşmesi örnek olarak verilebilir. Bu çalışmanın amacı ise aynı kalp atım hızı aralığında uygulanan iki farklı egzersizin vücutta farklı değişikliklere sebep olup olmayacağı konusunda bilgi sahibi olmaktır. Çalışma, 18-40 yaş aralığında sağlıklı erkek bireylerde devamlı koşu ve ek ağırlıkla yapılan step-up egzersizlerinin %80-85 kalp atım aralığında uygulanmasını karşılayacaktır..

Bu amaçla bu çalışmaya sizin de gönüllü olarak katılmanızı teklif ediyoruz. Bu çalışmaya, Ankara Üniversitesi Gölbaşı Kampüsü'nde bulunan spor bilimleri fakültesinde, sınıflarda sözlü olarak yaptığımız bilgilendirme sonucunda sizler gibi 18-40 yaş arası toplam 102 bireyin dâhil edilmesi planlanmaktadır. Çalışmaya katılmayı kabul ederseniz size “ilk olarak dinlenik kalp hızı değişkenliği, vücut kompozisyonu, bacak kuvveti, kardiyorespiratuvar uygunluk ön testlerini uygulayacağız”. Çalışmamızın tasarımı doğrultusunda “gönüllüleri rastgele olarak koşu bandı egzersizi, step-up egzersizi ve kontrol gruplarına ayıracağız. Bu grupları randomize bir şekilde oluşturacağız ve bu üç grubun her birinde “34” kişi bulunacaktır. Oluşturulan rastgele gruplar sonrasında gruplarınız değişmeyecektir ve bulunduğunuz gruplarla çalışmayı tamamlayacaksınız. Gruplar belirlendikten sonra kontrol grubundaki kişiler hariç her birey haftanın üç günü günde 20-30 dakika ve toplam altı hafta süresince ekte (Ek 1) belirtilen egzersiz programını yapmak üzere spor alanımızı ziyaret edecektir. Altı hafta sonunda ise her kişi başlangıçta uygulanan testlere tekrar katılacaktır. Kontrol grubundaki gönüllüler ise yalnızca araştırma başlangıcı ve sonunda alınan testlere katılacak, altı hafta süresince herhangi bir düzenli egzersiz programına katılmayacaktır”. Sizlere uygulanacak olan

antrenman programı daha önce bilimsel araştırmalarda kullanılmış, olumlu etkileri gözlenen standart yaklaşımlara uygun olarak hazırlanmıştır. Egzersizler sırasında uzman bir eēitmen sizinle olacak ve tüm güvenlik önlemlerini alacaktır. Ancak egzersizler sırasında veya ilk hafta bazı kas ağrıları (hamlama) hissedebilirsiniz. Her egzersiz gününde aynı zamanda ilk yardım eēitimi almış bir araştırmacı da sizinle hazır bulunacaktır. Sizden çalışmaya katıldığınız için herhangi başka bir şey istenmeyecektir.

Bu araştırma toplam 1,5 ay sürecektir. Ayrıca, bu çalışmaya sizinle birlikte 102 erişkin kişi daha katılacaktır.

Bu araştırmada yer almak tümüyle sizin isteēinize baēlıdır. Size herhangi bir ödeme yapılmayacaktır ve sizden ödeme yapmanız istenmeyecektir.. Bu araştırmanın sonuçları bilimsel amaçlarla kullanılacaktır. Araştırmadan çekilmeniz ya da araştırmacı tarafından araştırmadan çıkarılmanız halinde, sizle ilgili veriler kullanılmayacaktır. Ancak veriler bir kez anonimleştikten sonra araştırmadan çekilmeniz mümkün olmayacaktır. Sizden elde edilen tüm bilgiler gizli tutulacak, araştırma yayınlandığında da varsa kimlik bilgilerinizin gizliliēi korunacaktır.

Merak ettiğiniz bir şey olursa veya antrenman programlarıyla ilgili danışmak isterseniz günün 24 saatinde [REDACTED] numaralı telefonda sorumlu araştırmacıyı arayabilir ve istediklerinizi sorabilirsiniz.

Yukarıda yer alan ve araştırmaya başlanmadan önce gönüllülere verilmesi gereken bilgileri içeren toplam dört (4) sayfa metni okudum (veya sözlü olarak dinledim). Eksik kaldığını düşündüğüm konularda sorularımı araştırmacılara sordum ve doyurucu yanıtlar aldım. Yazılı ve sözlü olarak tarafıma sunulan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anladığım kanısındayım. Çalışmaya katılmayı isteyip istemediğim konusunda karar vermem için yeterince zaman tanındı. Bu çalışmada bana ne olacağını, istediğim zaman gerekçeli veya gerekçesiz olarak araştırmadan ayrılabilceēimi, imzaladığım bu formun bir kopyasının bana verileceēini biliyorum. Bu koşullar altında, araştırma kapsamında elde edilen şahsıma ait bilgilerin bilimsel amaçlarla kullanılmasını, gizlilik kurallarına uyulmak kaydıyla sunulmasını ve yayınlanmasını, hiçbir baskı ve zorlama altında kalmaksızın, kendi özgür irademle kabul ettiēimi beyan ederim.

Bu bilgiler ışığında elde edilen örneēimin;

☐ Başka bilimsel çalışmalarda kullanılmamasını istiyorum.

☐ Kimliğimin gizli tutularak bilimsel amaçlı diēer çalışmalarda da kullanılmasına izin veriyorum.

Hasta yakınının /Hastanın;

Araştırmacının;

Adı- soyadı:

Adı- soyadı:

Tarih:

Tarih:

İmza:

İmza:

Ek-2. Test ve Çalışma Programı

A- Araştırma öncesi ve bitiminde yapılacak testler:

Araştırma öncesi ve bitiminde yapılacak testler ve testlerin nasıl yapılacağına dair bilgiler aşağıda listelenmiştir.

Vücut kompozisyonunun belirlenmesi: Katılımcıların boy uzunlukları belirlenirken; çıplak ayakla ve dik durmaları istenecektir. Ölçüm esnasında katılımcıların ayakta durmaları, ayaklarını topuklardan bitişik pozisyona getirmeleri ve gözleri ile karşıya bakar durumda, baş Frankfort düzlemde, kollar omuzlardan serbestçe yanlara sarkıtılmış durumda, derin bir inspirasyon sonrası nefeslerini tutmaları istenecek ve bu esnada başın üzerinde en yüksek nokta 1 mm hassasiyetle boy uzunluğu ölçülecektir (Lohman, 1988). Ölçüm stadiometre (Holtain Ltd, İngiltere) ile cm cinsinden alınacaktır. Vücut kompozisyonu ölçümü PlusAvis 333 cihaz (Jawon Medical, Güney Kore) kullanılarak belirlenecektir. Katılımcılar üzerlerinde yalnızca şort varken, ayakkabısız olarak standart tekniklere göre ölçüm yapılacaktır (Lohman, 1988). Kişiler cihazın çıktıktan sonra bilgisayara girilen verilerin (yaş, cinsiyet, fiziksel aktivite düzeyi) cihaz ekranına gelmesi beklenecek, bunu takiben el elektrotları da tutturulmuş ve kollar iki yanda yaklaşık 30° açıktaki ve gergin pozisyonda iken yaklaşık 10 sn. boyunca ölçüm alınacaktır (Kushner, 1991). Bu ölçüm öncesinde tüm katılımcılar en az en dört saat önce yemeyi ve içmeyi bırakmaları, en az 12 saat öncesinde alkol ve diüretik ürünler almayı ve zorlu fiziksel aktiviteyi bırakmaları konularında uyarılacaklardır. Katılımcılardan, testten 30 dk. öncesine kadar mesanelerini boşaltmaları istenecektir (Lohman, 1988). Ölçüm sırasında tüm katılımcılardan üzerlerindeki metal eşyaları çıkarmaları istenecektir. Bu ölçümden elde edilen verilerden bu araştırmada kullanılması düşünülenler ise şunlardır; vücut ağırlığı (VA), vücut yağ ağırlığı (VYA), vücut yağ yüzdesi (VYY) ve vücut kütle indeksi (VKİ), alt ekstremiteye ait bölgesel yağ ve yumuşak doku miktarları.

Kalp Hızı Değişkenliği (KHD): Katılımcıların kalp atım hızlarını belirlemek amacıyla Polar H10 göğüs bandı kullanılacaktır. KHD bu cihaz ile, egzersiz programının başında ve sonunda kaydedilecektir. Elde edilen veriler R software (ver. 4.3.1) RHRV (ver. 4.2.7.) paketine aktarılacaktır. Bu yazılım sayesinde enerji harcaması, antrenman yükü, ortalama kalp atım hızı, maksimum kalp atım hızı, minimum kalp atım hızı ile KHD'ye ait RMSSD, SDSD, SDNN gibi zaman-alan parametreleri ve TP, HF, LF, LF/HF, VLF, ULF gibi frekans- alan parametreleri ölçülecektir. KHD ölçümleri egzersiz sırasında alınacaktır. Çalışma

kapsamında katılımcılardan toplanacak veriler, IBM SPSS 27.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) kullanılarak analiz edilecektir.

Bacak Kuvveti: Bu ölçüm için sırt ve bacak (Takei-Back&Lift, Japonya) dinamometresi kullanılacaktır. Katılımcılar dinamometre sehpasına ayaklarını yerleştirdikten sonra, bacakları 15 derece açıyla bükülü iken, kollar gergin, sırt düz ve gövde hafif öne eğik pozisyonda, elleri ile kavradıkları dinamometre barını pozisyonunu bozmadan dikey olarak maksimum oranda, dizleri ekstansiyona getirene kadar sırt kullanılmadan sadece bacaklar kullanılarak yukarı çekeceklerdir. Bu çekiş iki defa tekrar edilip her kişi için en iyi değer kaydedilecek şekilde ölçümü yapılacaktır (Alp vd., 2015; Saygın vd., 2005).

Kardiyorespiratuvar uygunluk: Ölçüm için Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi-1 (Bangsbo vd., 2008) kullanılacaktır. Bu test için kişilerin 2x20 metre uzunluğundaki mesafeleri, progresif şekilde artan hızlarla koşmaları beklenmektedir. Her 2x20 metre bittiğinde, katılımcılara 10 saniyelik bir dinlenme aralığı tanınacak ve sonrasında mesafeyi tamamlamaları beklenecektir. Test, katılımcı kendi isteğiyle testi bıraktığında veya yorgunluk sebebi ile birbirini takip eden iki denemeyi zamanında tamamlayamadığında sonlanacaktır (Bangsbo vd., 2008).

Devamlı koşu ve ek ağırlıkla yapılan step-up egzersizleri için kalp atım hızı rezerv yöntemine göre %80-85 aralığının belirlenmesi: Karvonen yöntemi olarak da biline kalp atım hızı rezerv yöntemi ile aşağıdaki eşitlik kullanılarak kişilerin hedef kalp atım hızları (KAH) maksimal kalp atım hızının %80-85 aralığına denk gelecek şekilde hesaplanacaktır.

Hedef KAH (atım/dk.)= [(KAHmaks - KAHdinlenik) x yüklenmenin şiddeti] + KAHdinlenik (ACSM's, 235).

Katılımcılar Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi-1 günü, en az 10 dk. yatar şekilde uzandıktan sonra dinlenik kalp atım hızları kaydedilecektir. Aynı testten elde edilen maksimal kalp atım hızı da maksimal değer olarak kaydedilecektir.

Ek-3. Etik Kurul Onayı

İNSAN ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU KARAR FORMU	
ETİK KURULU ADI	ANKARA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ İNSAN ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU
AÇIK ADRES	Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Morfoloji Binası 06100 Sıhıye/ANKARA
TELEFON	0312 595 82 27
E-POSTA	tipinsanetik@ankara.edu.tr

BAŞVURU BİLGİLERİ	ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Başvuru No: 2024000168-1(2024/168) Maksimum Kalp Atım Hızının %80-85'i Aralığında Uygulanan Devamlı Koşu Egzersizi ile Ek Ağırlıkla Yapılan Step-up Egzersizlerinin Yetişkin Sedanter Erkeklerde Kardiyorespiratuvar Uygunluk, Kalp Hızı Değişkenliği, Bacak Kuvveti ve Vücut Kompozisyonu Değerlerine Etkilerinin İncelenmesi	
	KOORDİNATOR/SORUMLU ARAŞTIRMACI ÜNVANI/ADI/SOYADI	Doç. Dr. Dicle ARAS	
	PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ ÜNVANI/ADI/SOYADI (TÜBİTAK vb. gibi kaynaklardan destek alıyorsa ıssız)		
	KOORDİNATOR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Beden Eğitimi ve Spor	
	KOORDİNATOR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Ankara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi	
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ ☒	ÇOK MERKEZLİ ☐

KARAR BİLGİLERİ	Karar No:103-215-34	Tarih: 21 Mart 2024
	Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmacı/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmacı/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir.	

İNSAN ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU	
ÇALIŞMA ESASI	1.1 Klinik Uygulamaları Kılavuzu
BAŞKANIN ÜNVANI / ADI / SOYADI:	Prof. Dr. Hakan ERGÜN

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Araştırma ile İlgili	
Prof. Dr. Hakan ERGÜN	Tıbbi Farmakoloji	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Prof. Dr. Berra ARDA	Tıp Tarihi ve Etik	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Prof. Dr. Hatice İLGİN RUHİ	Tıbbi Genetik	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Prof. Dr. Sevim AYDIN	Histoloji ve Embriyoloji	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Prof. Dr. Berra SAYAŞ	Tıbbi Patoloji	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Prof. Dr. Yüksel ÜRÜN	Tıbbi Onkoloji	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Prof. Dr. Cihan AKYOL	Genel Cerrahi	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Prof. Dr. Bülent Ceyda MEÇO	Anesteziyoloji ve Reanimasyon	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Doç. Dr. Emel OKULU	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Doç. Dr. Zahide Çiler BÜYÜKATALAY YALDIZ	Kalın, Buzun ve Bofaz Hastalıkları	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Doç. Dr. Rıza YILMAZ	Nöroloji	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Doç. Dr. Serkan AKBUĞUT	Cerrahi Onkoloji	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Doç. Dr. Merve YILDIRIM	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒
Dr. İsmail KAR	Biyoistatistik	A.Ü. Tıp Fakültesi	E ☐	H ☒