



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI EGZERSİZ TİPLERİNİN EGZERSİZ SONRASI
TOPARLANMA SIRASINDA KALP ATIM HIZI
DEĞİŞKENLİĞİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

HİKMET SERCAN TOPRAKOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI

SPOR SAĞLIK BİLİMLERİ

TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DANIŞMAN

Dr. SERDAR ORKUN PELVAN

2021-İSTANBUL

BEYAN

Bu tezin kendi çalışmam olduğunu, planlanmasından yazımına kadar hiçbir aşamasında etik dışı davranışımın olmadığını, tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları kaynaklar listesine aldığımı, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Hikmet Sercan TOPRAKOğLU

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, lisans ve lisansüstü eğitimimde bilgisi ve rehberliği ile yardımını esirgemeyen danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Sayın S. Orkun PELVAN'a teşekkür ederim.

Çalışmanın fikir, hazırlık ve analiz aşamalarındaki katkılarının yanı sıra bana fizyolojiyi sevdirdiği için Prof. Dr. Sayın H. Birol ÇOTUK'a çok teşekkür ederim. Verilerin analiz edilmesinde ve istatistiksel kısımlardaki katkılarından dolayı Öğr. Gör. Savaş AKBAŞ'a ve her zaman yanımda olan sevgili aileme teşekkür ederim.

Hikmet Sercan TOPRAKOĞLU

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
BEYAN	i
TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
RESİMLER LİSTESİ	x
TÜRKÇE ÖZET	1
İNGİLİZCE ÖZET	2
1. GİRİŞ ve AMAÇ	3
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Kalbin Fizyolojisi	6
2.2. Kalbin Uyarı ve İleti sistemi	7
2.3. Kalp Hızının Kontrolü	8
2.4. Kalp Hızı Değişkenliği	9
2.4.1. Aerobik Egzersiz ve Kalp Atım Hızı Değişkenliği	11
2.4.2. Direnç Egzersizi ve Kalp Atım Hızı Değişkenliği	14
2.5. Kalp Hızı Değişkenliğinin Analizi	14
2.5.1. Zaman Boyutunda Analiz	14
2.5.2. Frekans Boyutunda Analiz	16
3. GEREÇ ve YÖNTEM	18

3.1. İstatistiksel İşlemler	18
3.2. Gönüllüler	18
3.3. Araştırma Protokolü	19
3.3.1. Koşu Bandı Egzersizi Ön Protokolü	19
3.3.2. Koşu Bandı Egzersizi Protokolü	19
3.3.3. Bacak İtme Egzersizi Ön Protokolü	20
3.3.4. Bacak İtme Egzersizi Protokolü	20
3.4. Araştırmanın Yöntemi	21
3.4.1. Kalp Hızı Değişkenliği ve Kalp Atım Sayısı Analizi	21
3.4.2. Zaman Boyutu Analizleri	22
4. BULGULAR	23
4.1. Demografik Veriler	23
4.2. İstatistiksel Değerlendirmeler	23
4.2.1. Kalp atımlarının toparlanma sırasında 15 dk boyunca her 1 dklık ortalamalarının değerleri	24
4.2.2. RR aralıklarının toparlanma sırasında 15 dk boyunca her 1 dklık ortalamalarının değerleri	27
4.2.3. LnRMSSD değerlerinin toparlanma sırasında 15 dk boyunca her 1 dklık ortalamalarının değerleri	30
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	33
5.1. Öneriler	37
6. KAYNAKLAR	38

KISALTMALAR ve SİMGELER LİSTESİ

AV: Atriyoventriküler düğüm

EKG: Elektrokardiyografi

HF: Yüksek frekans (High Frequency)

Hz: Hertz

KAHD: Kalp hızı değişkenliği

KAHR: Kalp atım hızı rezervi

LF: Düşük frekans (Low Frequency)

MRR: Mean RR (Ortalama RR)

NN: Normalden normale RR aralığı

NN50: Ardışık kalp atımlarında 50 milisaniye üzerinde değişim gösteren kalp atım aralıklarının sayısı

TM: Tekrar maksimum

OSS: Otonom sinir sistemi

pNN50: NN aralıklarının toplam sayısına NN50 sayısının bölümü

QRS kompleksi: Mekanik sistol öncesi myokardın elektriksel aktivitesi

RR: Kalp atımları arasındaki süre

RMSSD: Ardışık kalp atımları arasındaki farkların karelerinin ortalamasının kareköküdür

LnRMSSD: Logaritması alınmış RMSSD değeri

K: Koşu bandı süre aralığı

L: Bacak itme süre aralığı

SA: Sinoatriyal düğüm

Egz 1: Koşu bandı egzersiz protokolü

Egz 2: Bacak itme egzersiz protokolü



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Demografik verilerin minimum, maksimum, ortalama, standart sapma değerleri

Tablo 2. Kalp atımlarının her 1 dklık ortalamalarının tanımlayıcı istatistiği

Tablo 3. Kalp atımlarının her 1 dklık ortalamalarının eş örneklem T testi sonrası bonferroni düzeltmesi uygulanmış istatistik değerleri

Tablo 4. RR aralıklarının her 1 dklık ortalamasının tanımlayıcı istatistiği

Tablo 5. RR aralıklarının her 1 dklık ortalamalarının eş örneklem eş örneklem T testi sonrası bonferroni düzeltmesi uygulanmış istatistik değerleri

Tablo 6. LnRMSSD değerlerinin her 1 dklık ortalamalarının tanımlayıcı istatistik değerleri

Tablo 7. LnRMSSD değerlerinin her 1 dk ortalamalarının eş örneklem T testi sonrası bonferroni düzeltmesi uygulanmış istatistik değerleri

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Kalbin uyarı ve iletim sistemi

Şekil 2. RR aralığı

Şekil 3. Frekans boyutunda inceleme yönteminde HF, LF ve VLF bantları

Şekil 4. Bacak itme egzersizi

Şekil 5. Dinlenim pozisyonu

Şekil 6. 15 dk boyunca her 1'er dk lık bölüm için kalp atımsayılarının düşüş grafiği

Şekil 7. 15 dk boyunca her 1'er dk lık bölüm için RR aralıklarının ortalamalarının düşüş grafiği

Şekil 8. 15 dk boyunca her 1'er dk lık bölüm için LnRMSSD aralıklarının ortalamalarının düşüş grafiği

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1. Bacak itme egzersizi

Resim 2. Dinlenim pozisyonu



Farklı Egzersiz Tiplerinin Egzersiz Sonrası Toparlanma Döneminde Kalp Atım Hızı Değişkenliğine Etkilerinin İncelenmesi

Öğrencinin Adı: H. Sercan TOPRAKOĞLU

Danışmanı: Dr.Öğr. Üyesi S. Orkun PELVAN

Anabilim Dalı: Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı; sedanter erkeklerde, aynı süre (6dk) ve şiddet aralığında uygulanan (KAHR'nin %40-60'ı ile) farklı egzersiz tiplerinin(dirençli aerobik-aerobik) toparlanma esnasındaki kalp atım hızı değişkenliği ve nabız üzerine olan etkilerinin incelenmesidir.

Gereç ve Yöntem: Araştırmaya 20 yaş ve üzeri spor yapmayan 15 erkek gönüllü kişi katılmıştır. Katılımcılar koşu bandı ve bacak itme protokollerinde 6 dk lık egzersiz protokolünü takiben, 15 dk sırtüstü yatar pozisyonda dinlenmeye alınmışlardır. Egzersiz esnasında ve sonrasında H10 nabız bandı ile veri kaydı alınmıştır. Veriler Kubios HRV 2.2 programı ve Procalsys programlarıyla analiz edilmiştir

Bulgular: Gönüllüler arasında iki farklı egzersiz protokolü sonrasında parasempatik reaktivasyon belirteçleri olan RR, nabız ve LnRMSS değerleri öncelikle ilk iki dakika ve genel 15 dk lık toparlanma sürecince değerlendirilmiş olup, egzersiz sonrası toparlanmanın hızlı fazında anlamlı farklılıklar görülmüştür.

Sonuçlar: Farklı egzersiz tiplerinin akut otonomik toparlanmanın özellikle hızlı fazında, parasempatik reaktivasyon açısından farklılıklara sahip olduğu gösterildi.

Anahtar Sözcükler: Aerobik, kalp hızı değişkenliği, toparlanma.

Investigation of the Effect of Different Exercise Types on Heart Rate Variability During Recovery After Exercise

Student Name: H. Sercan TOPRAKOĞLU

Supervisor: Dr. S. Orkun PELVAN

Scientific Department: Physical Education and Sport Sciences

ABSTRACT

Purpose: The aim of this study is that the effects of different types of exercise (resistant aerobic-aerobic running) on heart rate variability and heart rate during recovery in sedentary men, applied for the same duration (6 minutes) and intensity range (with 40-60% of HRR).

Methods: Fifteen male volunteers aged 20 and over, who do not do sports, participated in the study. Participants were taken to rest in the supine position for 15 minutes, following the 6-minute exercise protocol on the treadmill and Leg Press. Data recorded with the H10 heart rate band during and after the exercise and it has been analyzed with the programs; Kubios HRV 2.2 and Procalcys.

Results: Parasympathetic reactivation markers RR, pulse and LnRMSS values were evaluated primarily during the first two minutes and the general 15 minutes recovery period after two different exercise protocols among the volunteers, and significant differences were observed in the rapid phase of the recovery after exercise.

Conclusions: Different exercise types have been shown to have differences in parasympathetic reactivation, especially in the rapid phase of acute autonomic recovery.

Keywords: Aerobic, heart rate variability, recovery.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Karmaşık ritimler, canlılarda yaygın olarak bulunmaktadır. Bu ritimler sürekli değişen bir çevre ile etkileşime giren, rastgele, doğrusal olmayan biyolojik mekanizmalardan kaynaklanmaktadır. Fizyolojik ritimler insan yaşamının merkezinde yer alır. Hepimiz kalp atışlarımız, yürürken uzuvlarımızın ritmik hareketleri, günlük uyanma ve uyku döngüsü gibi bedensel ritimlerle tanışıyoruz. Normal kalp atımının zamanlaması fizyolojik ritmin bir örneğidir. Kalp atışı, normal kalp ritmini ayarlayan sinoatriyal (SA) düğümün ritmine göre çalışmaktadır. Genel olarak, kalp salınımları uygun dış veya iç uyaranlara senkronize edilebilir, bu nedenle uyaranların kalp ritimleri üzerindeki etkilerini analiz etmek önemlidir (Glass, 2001). Heffernan ve arkadaşlarının yaptığı çalışma incelendiğinde araştırmacılar 2 farklı egzersiz tipinde uygulanan(direnç ve aerobik) sonrası kardiyak otonomik toparlanma periyodunda direnç egzersizi sonrası direnç egzersizi yapan grupta kalp atım hızı değişkenliği (KAHD) bağlamında daha geç toparlanma olduğunu göstermişlerdir (Heffernan ve ark., 2006). Ancak çalışmada süre, şiddet açısından bir benzerlik yoktur ve toparlanma periyodundaki ölçüm egzersiz bitiminde başlayarak yapılmamıştır.

Geçmişten günümüze kadar birçok kalp atım hızı değişkenliği (KAHD) ve kalp hızı toparlanma indeksi (KHTİ) farklı yöntemlerle ve gruplarla çalışılmıştır. Egzersiz sonrası toparlanma döneminde KAHD ve KHTİ de bu incelemelerden bazılarıdır. Bununla birlikte, kardiyak otonomik kontrol üzerindeki etkisini tam olarak açıklamak için, hem sağlıklı hem de klinik popülasyonlarda direnç egzersizinin farklı etkilerini de ortaya koyan yüksek kaliteli çalışmalara güçlü bir ihtiyaç vardır (Bhati ve ark., 2019). Farklı egzersiz tiplerinde parasempatik reaktivasyonu kalp atım hızı değişkenliği ve kalp atım hızı toparlanma indeksiyle inceleyen çalışmalar mevcut olsa da (Heffernan ve ark., 2006; Teixeira ve ark., 2011) aynı şiddet ve süredeki ancak farklı modalitedeki aerobik egzersiz sonrası ilgili yöntemlerle parasempatik reaktivasyon paternini inceleyen çalışmaya rastlayamadık. Aynı ayrı farklı egzersiz sonrası toparlanma dönemini inceleyen çalışmalar olsa da, literatürde aynı şiddet ve süre sonucu farklı modalitelerde egzersiz sonu toparlanmanın incelenmesi konusunda

ki bilgi eksikliği açıkça belirtilmektedir (Bhati ve ark., 2019). Bu çalışmada, direnç içeren egzersizlerde parasempatik reaktivasyonun geciktiği gösterilmiş olsa da, dirençli ve dirençsiz aerobik egzersizin otonom sinir sistemi modülasyonu açısından kıyaslamasının yapılması egzersiz yapan bireyler ve sporcular açısından sırasıyla egzersiz sonrası prognostik bir araç ve antrenman modalitesinin toparlanmaya etkisine bağlı antrenman sıklığının ayarlanmasında katkı yapmasını beklemekteyiz. Günümüzde spor eğitiminde özellikle sporcular ve antrenörler için bilimsel verilerin ışığında yapılan çalışmaların daha verimli ve kalıcı olacağı düşünülmektedir. Bu da sportif performansın artması için yapılan çalışmaların önemini arttırmıştır. Daha önceki araştırmalarda KAHD, KHTİ'nin aynı şiddet ve sürelerdeki farklı egzersiz tipleri sonrası toparlanma döneminde incelendiği bir çalışma olmaması nedeniyle bu alandaki bilgi ihtiyacına yönelik bir araştırma olması hedeflenmektedir. OSS'nin değerlendirilmesinde kullanılan KAHD ve KHTİ sporcuların gelişimleri hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Bu çalışmadaki amacımız; sedanter erkeklerde aynı süre (6dk) ve şiddet aralığında (KAHR'nin %40-60'ı ile) farklı egzersiz tiplerinin(dirençli aerobik-aerobik) toparlanma esnasındaki kalp atım hızı değişkenliği ve nabız üzerine etkilerinin incelenmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

Karmaşık vücut ritimleri, yaşayan organizmalarda yaygın olarak görülmektedir. Bu ritimler dinamik, değişken bir çevre ile etkileşime giren, stokastik (rastgele), doğrusal olmayan fizyolojik mekanizmalardan kaynaklanmaktadır. Fizyolojik ritimler insan yaşamının merkezinde yer alır. Kalp atışlarımız, yürürken bedenimizin ritmik hareketleri, sirkadiyen ritim gibi bedensel ritimler yaşamımızın parçası olarak yer almaktadır. Kalp atımının zamanlaması fizyolojik ritmin bir örneğidir. Kalp atışı, normal kalp ritmini ayarlayan sinoatriyal düğümün ritmine göre çalışır. Genel olarak, kalp salınımları uygun dış veya iç uyaranlara senkronize edilebilir, bu nedenle uyaranların kalp ritimleri üzerindeki etkilerini analiz etmek önemlidir (Glass, 2001). Bu noktada, ilgili ritimleri değerlendirme yöntemlerinden biri de kalp atım hızı değişkenliğinin ölçülmesidir. Kalp atım hızı değişkenliği, elektrokardiyogramdaki ardışık R dalgaları (R-R) arasındaki aralıktaki varyasyonların analizini kapsar. Kalp atım hızı değişkenliği (KAHD), sinoatriyal düğümde nöro otonomik modülasyonun değerlendirilmesinde invaziv olmayan bir yöntem olarak kullanılmıştır (Task Force, 1996). Otonom sinir sistemi sempatik ve parasempatik dallara ayrılır ve kalp hızı, KAHD üzerindeki etkileri oldukça iyi anlaşılmıştır. Sempatik aktivite kalp hızını artırma ve KAHD'yi azaltma eğilimindeyken, parasempatik aktivite kalp hızını azaltma ve KAHD'yi artırma eğilimindedir (G. Berntson ve ark., 1997). Kalp atışı, parasempatik ve sempatik sinir sistemi arasındaki denge ile düzenlenir. Medulla oblongata'da ki kardiyovasküler merkez kalp atım hızından sorumludur (Guyton ve Hall, 1996). Sempatik sinir sistemi lifleri sinoatriyal düğüme katekolaminler (epinefrin ve norepinefrin) salgılar ve kalp atım hızında (KAH) artışa neden olur. Asetilkolin vagus sinirinde ki parasempatik liflerden salınır ve KAH'de azalmaya neden olur (Guyton ve Hall, 1996). KAHD, zaman bölgesi ve frekans bölgesi içerisinde analiz edilebilir. Zaman bölgesi ölçümleri arasında en yaygın kullanılanlar, normal aralıkların standart sapması (SDNN), ardışık farkların kök ortalama karesi (RMSSD) ve 50 ms'den fazla farklılık gösteren normal (R-R) aralıklardır (NN50), NN50'nin ilgili veri üzerindeki yüzdesel karşılığı da (pNN50) olarak ifade edilir. Zaman bölgesi ölçümlerini analiz etmek için nispeten kısa EKG

örnekleme zamanı (5 - 30 dk.) Kullanılmasına rağmen, SDNN uzun süre (24 saat) boyunca hesaplanabilir. RMSSD ve pNN50, parasempatik sinir sistemi aktivitesinin belirteçleri olarak kullanılır (Kingsley ve Figueroa, 2016). Akut egzersiz sonrası RMSSD 1 saate kadar uzayan sürelerde düşük kalabilir ki bu vagal çekilmenin bir sonucudur (Lewis ve Short, 2010). PNN50, egzersiz ve yaşla azaldığı için RMSSD'ye benzer bir örüntü izler (Marek, 1998; Montano ve ark., 2009; Lewis ve Short, 2010). Hatta azalmış RMSSD ve pNN50, bozulmuş otonomik modülasyon ve kardiyovasküler hastalığın göstergesi olabilir (Lahiri ve ark., 2008; Lauer, 2009). KAHD'nin toplam gücü, otonom sinir sisteminin global aktivitesinin bir tahminidir. HF gücü, kardiyak parasempatik aktivitenin bir göstergesidir (Pagani ve ark., 1986). Spektral ayrışma ile belirlendiği üzere KAHD'nin yüksek frekanslı (HF) (0.15-0.4 Hz) salınımlarının neredeyse tamamen vagus siniri ile ve dolayısıyla parasempatik sinir aktivitesini ile temsil edildiği düşünülmektedir (Task Force, 1996). Güç spektrumunun düşük frekans (LF) bölgesi içinde meydana gelen salınımlar (0.04-0.15 Hz) hem vagus hem de kardiyak sempatik sinirlere atfedilmiştir ve bu nedenle parasempatik ve sempatik sinir aktivitesini temsil etmektedir (Pagani ve ark., 1986). Egzersize cevap olarak toplam güç, LF ve HF'de ki düşüşleri kontrol etmek ve / veya sempatovagal dengenin bir işareti olarak kabul edilen LF / HF oranını kullanmak daha uygundur (Pagani ve ark., 1986). LF / HF oranındaki bir artış, otonomik aktivitenin sempatik baskınlığa kaydığını göstermektedir (Kingsley ve Figueroa, 2016).

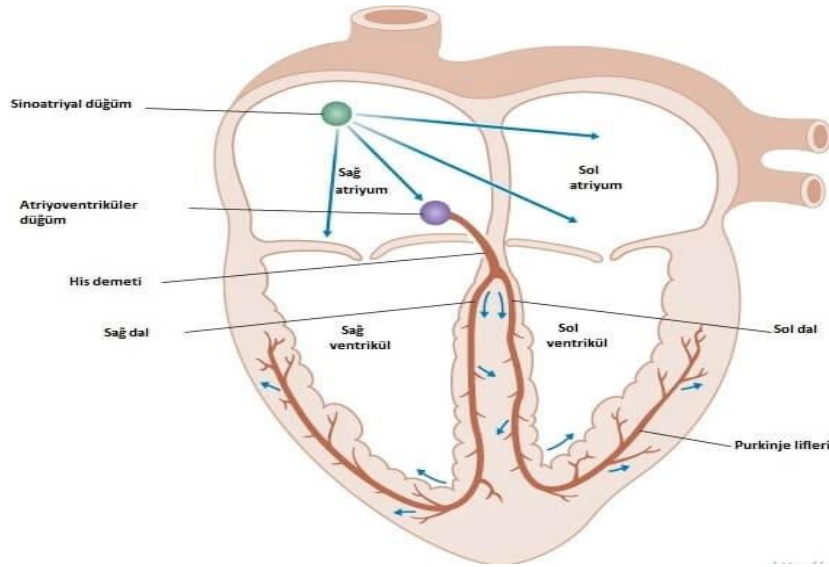
Bu tezin amacı; sedanter erkeklerde aynı süre (6dk) ve şiddet aralığında (HRR'nin %40-60'ı ile) farklı egzersiz tiplerinin(dirençli aerobik-aerobik) toparlanma esnasındaki kalp atım hızı değişkenliği ve kalp hızı toparlanma indeksine etkilerinin incelenmesidir.

2.1. Kalbin Fizyolojisi

Kalp, sürekli kasılıp gevşeyerek çalışan ve devamlı elektriksel potansiyel üreten bir organdır. Kalp, kalp kasının ritmik olarak kasılmasına sebep olan ritmik uyarıları doğuran ve bu uyarıları hızlı bir şekilde kalbin tamamına ileten özel bir uyarı ve iletim sistemine sahiptir. Bu sistem kalp kasının ritmik olarak kasılmasını ve ortaya çıkardığı ritmik uyarıların kalbin her yerine hızlıca iletilmesini sağlar. Kalbin normal elektriksel uyarısı, sağ atriyumda bulunan SA düğümde ortaya çıkar. SA düğümde

oluşan uyarı atriyumların kasılmasını sağlar ve sonrasında atriyoventriküler (AV) düğümüne gelir. Uyarı AV düğümü geçerken yavaşlar ve buradan his demetinin sağ ve sol dallarına geçerek purkinje liflerine ulaşır. Purkinje liflerinde giden uyarı miyokard hücrelerine ulaşır ve kalbin kasılması gerçekleşir. Bu elektriksel olay serisi her kalp atışında tekrarlanır (Gourdie ve ark., 2003; Opie, 2004).

SA ve AV düğümler, genel olarak kalp atımlarından sorumlu yapılardır. Kalbin uyarı odağı SA düğümüdür ve dakikada 60-100 frekansta uyarı çıkarır. SA düğümünden doğan uyarı ile çalışan normal bir kalp ritmine sinüs ritmi denir. SA düğüm vena kava superiyorun ağzının hemen ön-yan bölümünde, sağ atriyumun arka-üst bölümüne yerleşmiş bir şekilde bulunur. AV düğüm ikinci sıklıkla uyarı çıkaran merkezdir ve dakikada 40-60 frekansta uyarı çıkarır. AV düğüm sağ atriyumda trikuspit kapağın arkasında yer almaktadır (Shaffer ve ark., 2014).



Şekil 1: Kalbin uyarı ve iletim sistemi

2.2. Kalbin uyarı ve ileti sistemi

His demeti ve purkinje lifleri SA ve AV düğümlere göre daha düşük hızlarda uyarı oluştururlar. Bu yapılar, SA düğüm çalışmaz ise ya da SA düğümünden çıkan uyarılar iletilemezse kalbin durmaması için devreye girerler ve uyarı çıkarmaya başlarlar (Katz, 2010).

Kalbin uyarı oluşturmasını ve bu oluşturulan uyarıların iletim hızını OSS kontrol eder. OSS, sempatik ve parasempatik sinir sistemi olmak üzere birbiriyle zıt

alışan iki bölümden oluşur. Sempatik sinirler ventrikül kasında daha belirgin olmak üzere kalp kasının tüm bölümlerinde dağılırken parasempatik sinirler SA ve AV düğümlerde dağılım gösterir. Bu iki sistem SA düğümün uyarı hızını değiştirir. Sempatik sinirlerle SA düğüm uyarılırsa kalbe hızlandırıcı etki, parasempatik sinirlerle SA düğüm uyarılırsa kalbe yavaşlatıcı etki yapar (Sztajzel, 2004; Robinson ve ark., 1966).

2.3. Kalp Hızının Kontrolü

Kalp sağlıklı kişilerde dinlenme esnasında dakikada ortalama 75 kez kasılır. Buna kalp hızı denmektedir. Yani kalp hızı kalbin bir dakikadaki vuruş sayısı olarak tanımlanmaktadır. evre sıcaklığı, vücut pozisyonu, yükseklik, nem, yaş, beslenme, ruhsal durum, sigara, ilaç gibi faktörler kalp hızını etkilemektedir (Aubert ve ark., 2003). Kalp hızını, damarların kasılmasını ve genişlemesini, kalbin kasılma gücünü, salgı bezlerini OSS kontrol eder. OSS sempatik ve parasempatik sistem olmak üzere iki ayrı sistemden oluşmaktadır (Freeman ve ark., 2006).

Sempatik sinir sistemi kataboliktir, organizmayı aktiviteye hazırlar, enerji tktir. Parasempatik sinir sistemi ise enerji üretilmesi ve üretilen enerjinin depolanmasını sağlar, üreme ve salgılama fonksiyonlarını yapar (Tokçaer, 1993). Sempatik sinir sistemi genellikle uyarılma durumlarında ve stresli durumlarda artmaktadır. Öfke, korku, heyecan, sevinç gibi uyarımlarla karşılaştığında sempatik sistem aktive olur ve vücudu ‘‘dövüş veya kaç’’ reaksiyonuna hazırlar. Sempatik sistem yaşamı sürdürmek için kısa süreli ve ani olan fonksiyonlardan sorumludur. Parasempatik sinir sistemi ise genellikle sempatik sistemi dengelemek için çalışır. Bu sistem genellikle dinlenme, uyku ve istirahat halinde artar. Bu iki sistem arasındaki denge kalp sağlığı için çok önemlidir (Kaya, 2006).

Kalp atım hızı sürekli dalgalanma göstermektedir yani sabit değildir. Kalp hızında egzersiz, stres, metabolik değişimler, solunum ve birçok etken değişiklik oluşturur. Kalp hızına parasempatik sistemin etkisi asetilkolin salgısı aracılığıyla olur. Sempatik sistemin etkisi ise epinefrin ve norepinefrin aracılığıyla olur. KAHD’nin vagal etkisi gece, sempatik etkisi ise gündüzleri yükselmektedir. Bunun sebebi her iki sistemin sirkadiyen ritimlerinin farklı olmasıdır (Budak, 2001).

Stres anında sempatik sinirler %100'e kadar kasılma gücünü arttırabilirler. Daha sakin durumlarda parasempatik sinirler kalbi yavaşlatır. Kalp atım hızını bu sinirlerin uyarımı arasındaki denge belirler (Kaya, 2006).

2.4. Kalp Hızı Değişkenliği

KAHD'nin tarihsel gelişimine kısaca baktığımızda klinik önemi ilk olarak 1965 yılında Hon ve Lee'nin kalp hızında herhangi bir kayda değer bir değişiklik meydana gelmeden önce KAHD'nin RR aralıklarında değişiklikler meydana geldiğini fark ettiğinde anlaşılmıştır. Yirmi yıl önce Saver ve arkadaşları, kalp atışı sinyali içine gömülmüş fizyolojik ritimlerin varlığına dikkat çekti. 1970'lerde Ewvinget ve arkadaşları diyabetik hastalarda otonomik nöropatiyi saptamak için basit kısa süreli R-R değişiklikleri testlerini icat etmişlerdir. Bu bağlamda KAHD'nin önemi gün geçtikçe artmakta ve bu alandaki araştırmalar artmaktadır (Camm ve ark., 1996).

Ardışık kalp vuruşları arasındaki zamansal değişimi gösteren büyüklüğe KAHD denmektedir ve kalbin otonom aktivitesinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. KAHD'nin sağlık için egzersiz programlarında, performans sporcularında ve klinik ortamda değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Miyokard infarktüsü, diyabet ve kalp yetmezliği gibi hastalıklarda KAHD'nin düştüğü bilinmektedir. Sağlığın korunması için yapılan egzersizlerin KAHD'de artışa sebep olduğu bulunmuştur. Fiziksel olarak aktif olan kişiler olmayan diğer yaşlılarıyla karşılaştırıldığında daha uzun RR aralıklarına sahiptir. Yoğun yapılan egzersizlerin vagal aktiviteyi arttırdığı kabul edilmektedir (Aras ve ark., 2013; Hautala ve ark., 2009).

KAHD peş peşe gelen kalp vuruşları arasındaki sürenin değişkenlik ölçüsüdür. Kalp saat gibi sürekli bir örüntüde çalışmaz ve bir metronom değildir. Normal sinüs ritmiyle çalışan sağlıklı kişilerde kalp hızı değişkenliklerine sıkça rastlanır ve bu durum sağlıklı bir kalbin göstergesidir (Shaffer ve ark., 2014).

KAHD analizlerinde önerilen uzunluklar 5 dakika ve 24 saattir. Daha uzun kayıtlar bir veya iki gün süreyle kişinin giydiği gezici holter monitörlerinden elde edilir (Task Force, 1996; Shaffer ve Ginsberg, 2017).

KAHD birçok nedenle değişimler gösterebilmektedir. Yaş ve cinsiyetin KAHD üzerinde etkisi olduğu birçok çalışmada görölmüştür. KAHD için alınan kaydın yatar pozisyonda, ayakta veya açlık tokluk gibi durumlarda da değiştii ortaya konmuştur. Bunların dışında konuşma veya psikolojik faktörlerde KAHD değerlerinde değişime sebep olmuştur. Bu değişimler dinlenme esnasında alınan KAHD kayıtlarında en aza indirilmektedir (Yazgı ve Yıldız, 2010).

Sağlıklı bir kalp normal sinüs ritmi ile çalışır. KAHD, SA düğümdeki uyarıların sağlıklı olup olmadığının bir göstergesidir ve bunun değerlendirilmesi için invaziv olmayan yöntemlerden biridir (Sandercock ve ark., 2006; Shaffer ve ark., 2014).

Kalp atımlarında zamana bağlı olarak gözlenen değişimler, kalp ve beyin arasındaki sinyallerin uyumunun bir ölçüsüdür. Laboratuvar şartlarında topluluk önünde konuşmak gibi mental yüklenmelerde ve kesin karar vermeyi gerektiren durumlarda KAHD'nin azaldığı bilinmektedir. Aynı zamanda KAHD yaşlanma ile de azalmaktadır. Dinlenik nabız oranında ileri yaşlarda bir değişiklik olmasa da KAHD'ki azalma belirgindir. Bunun sebebinin beta adrenerjik tepkisellikte ve efferent vagal tonusta azalmadan kaynaklandığı bilinmektedir. Düzenli fiziksel egzersizin KAHD'yi yükselttiği bulunmuştur (Ateş, 2014). Parasempatik sinirler kalp hızını yavaşlatıcı etki yaparken, sempatik sinirler kalp hızını arttırıcı etki yapmaktadırlar. Sağlıklı bir kişide parasempatik ve sempatik sinir sistemi arasındaki dengeyle kalp hızı ayarlanmaktadır. Parasempatik ve sempatik sistem arasındaki denge KAHD ile hesaplanabilmektedir (Berntson ve ark., 1997; Shaffer ve Ginsberg, 2017). KAHD ölçümlerinde temel nokta ardışık R dalgalarını saptamaktır. SA düğümden elektriksel uyarı çıkışını asıl olarak yansıtan P dalgalarıdır. Ancak EKG'de R dalgalarını belirlemek daha kolay olduğundan R dalgaları kullanılmaktadır. EKG kaydının kalitesinin yüksek olması analiz için oldukça önemlidir (Yıldız, 2010). Dinlenmede ve egzersiz esnasında kalp hızı değişkenliğinin analiz edilebilmesi için zaman boyutunda analiz, frekans boyutunda analiz ve non-linear yöntemler kullanılmaktadır. KAHD genellikle kişinin dinlenme durumundaki otonom kontrolü değerlendirmek için kullanılsa da birçok çalışma bu yöntemi egzersiz esnasında da kullanmaktadır (Kleiger ve ark., 2005).

2.4.1. Aerobik egzersiz ve kalp atım hızı değişkenliği

Egzersiz ve antrenmanın amacı, fiziksel yüklenme kapasitesini arttırmak için istenen kardiyovasküler, metabolik ve nöromusküler adaptasyonların oluşmasını uyarmaktır (Hawley ve ark., 1997). Egzersiz sırasında, kan basıncını ve diğer organlara yeterli perfüzyonu korurken, çalışan kasların (metabolik talepler) ve deri kan akışının (termoregülasyon talepleri) rekabet eden taleplerini karşılamak için gerekli kardiyovasküler ayarlamalar yapılmalıdır (Raven ve ark., 2006; Fadel, 2015; Fisher ve ark., 2015). Egzersizin başlangıcında, yüksek beyin merkezinden medüller kardiyovasküler merkeze inen "ileri beslemeli" girdiler, arteriyel barorefleksi daha yüksek bir operasyon noktasına ayarlayarak, temelde azalmış kardiyak parasempatik sinir aktivitesinin aracılık ettiği hızlı bir HR artışını tetikler. Kas mekanoreseptörlerinden gelen hızlı geri bildirim, parasempatik geri çekilmeye katkıda bulunurken, kardiyopulmoner baroreseptörlerin hacimsel yüklenmesi (kas pompası etkisine ikincil olarak venöz dönüşteki artışa bağlı olarak) parasempatik geri çekilmeyi uyarır (Scott ve ark., 2017). Egzersiz, koşu, yürüyüş sırasında olduğu gibi dinamik olduğunda, kardiyovasküler tepkiler, sempatik vazokonstriksiyonun neden olduğu ve metabolik vazodilatasyon ile karşı karşıya kalan arteriyel kan basıncındaki küçük artışlardan veya artış olmamasından ve ayrıca nabızda büyük artışların neden olduğu kalp debisindeki büyük artışlardan oluşur. Kardiyak çıktıdaki nispeten büyük artışların, görev döngülerinin gevşeme fazındayken kanın içlerinden akmasına izin veren çalışan kasların perfüzyonunu iyileştirdiğine inanılmaktadır. Egzersizin başlangıcında, nabız üzerindeki parasempatik etkide hızlı bir azalma olur ve egzersiz şiddeti arttıkça, sempatik aktivasyonda progresif bir artış gözlenir (Fisher ve ark., 2015). Bu otonomik ayarlama, KAHD’de sonuç olarak düşüşle birlikte belirgin bir taşikardiyak tepkiye yol açar (Tulppo ve ark., 1998). Egzersiz sona erdiğinde, nabız azalır ve KAHD paralel olarak artar, her ikisi de egzersiz özelliklerine bağlı olarak dakikalar veya saatler içinde başlangıç değerlerine döner (Goldberger ve ark., 2006; Peçanha ve ark., 2014). Egzersiz ve toparlanmaya verilen bu KAHD yanıtı nedeniyle, egzersiz sonrası dönemdeki KAHD analizinin kardiyak otonomik iyileşmenin bir temsili belirteci olduğu önerilmiştir (Javorka ve ark., 2002).

Egzersiz bitimini takiben, kardiyovasküler sistem ve otonomik sinir sisteminin ilgili sistem üzerine etkilerinin takibi klinik ve fizyolojik tabloyu değerlendirebilmede

önemlidir (Heffernan ve ark., 2006). Derlenme sırasında otonomik fonksiyonun değerlendirilmesi fizyolojik stres ile nöral kardiyovasküler modülasyonu daha derin anlayabilmeyi sağlar. Egzersiz sonrası kardiyak otonomik iyileşmenin analizi değerli bir prognostik araç olarak kabul edildiğinden, KAH veya KAHD'den türetilmiş endeksler kullanılarak kardiyak otonomik iyileşmenin çeşitli değerlendirme yöntemleri kullanılmıştır (Martinmaki ve ark., 2008; Kaikkonen ve ark., 2007; Pierpont ve ark., 2000). Ardışık RR aralıklarının varyasyonunun analizi, kardiyak parasempatik ve sempatik regülasyonun değerlendirilmesi için invaziv olmayan bir araçtır (Montano ve ark., 1994; Sammito ve ark., 2016). Egzersiz kaynaklı otonom stres, egzersizi takiben derlenme döneminde devam eder ve parasempatik reaktivasyon ve sempatik gerileme ile kademeli olarak azalır (Arai ve ark., 1989; Peçanha ve ark., 2016).

Bu otonomik iyileşmeye kalp atış hızında büyük bir düşüş eşlik eder (Imai ve ark., 1994). Egzersizin bitiminden sonra, metabolik aktivitede aşamalı bir azalma olur ve bunun sonucunda nabız da düşer (Pecanha ve ark., 2016). Nabız, egzersizden hemen sonra hızlı bir düşüşle eksponansiyel bir şekilde iyileşir, ardından nabız bazal değerlerine ulaşana kadar daha kademeli bir azalma gözlemlenir (Peçanha ve ark., 2014). Farmakolojik blokajı kullanan çalışmalar, sürekli olarak nabızın hızlı düşüş fazının (ilk dk) ağırlıklı olarak parasempatik reaktivasyonla belirlendiğini göstermiştir (Goldberger ve ark., 2014; Kannankeril ve ark., 2004). Yavaş faz ise daha sonra iyileşme döneminde daha belirgin olan sempatik geri çekilme ile belirlenir (Perini ve ark., 1989). Kardiyak otonomik aktivitenin ve bu aktivitenin göstergelerinden biri olan kalp atım hızının egzersizi takiben ne kadar geç yavaşlarsa, kardiyovasküler riskin o kadar arttığı gösterilmiştir (Arena ve ark., 2010; Jouven ve ark., 2005). Kardiyak otonomik derlenmenin egzersiz sonrası analizi geçerli bir prognostik araç olarak kabul edildiğinden, kalp atım hızı veya kalp atım hızı değişkenliğinden kaynak alan indeksler kullanılarak kardiyak otonomik derlenmenin değerlendirilmesinde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Kannankeril ve ark., 2004; Perini ve ark., 1989; Goldberger ve ark., 2006; Kaikkonen ve ark., 2000; Martinmaki ve ark., 2008). Derlenme sırasında KAHD değerlendirilmesi, egzersiz sonrası otonomik toparlanmayı değerlendirmek için tamamlayıcı bir yöntemdir (Goldberger ve ark., 2006). Egzersiz sonrası sempatik hiperaktivite veya azalmış kardiyak vagal ton, iskemik kalp hastalığının ve ventriküler

aritmilerin ve ani kalp ölümünün patogenezinin altında yatan neden olabileceği düşünülmektedir (Goldberger ve ark., 2006; Task Force, 1996). Egzersizden sonra parasempatik aktivitenin hızlı iyileşmesi güçlü bir kardiyο koruyucu etkinin göstergesidir (Heffernan ve ark., 2006; Jouven ve ark., 2005).

Buna baēlı olarak, sporun, fizyolojik ve klinik araştırmanın bir parçası olan toparlanma sırasında KAHD ölçümlerinin güvenilirliēi (yani farklı durumlarda tekrarlandığında belirli bir ölçekteki deēiřim derecesi) (Hopkins, 2000) titiz bir şekilde deēerlendirilmesine olanak saēlamak için çok önemlidir. Ayrıca, izole edilmiş aerobik temelli antrenmanlara akut yorgunluk / toparlanma tepkilerini deēerlendirmek ve aerobik odaklı antrenman bloklarına hem olumlu hem de olumsuz adaptasyonlar hakkında bilgi almak için HRV ölçümlerinin kullanılabileceēi gösterilmiştir (Buchheit ve ark., 2014).

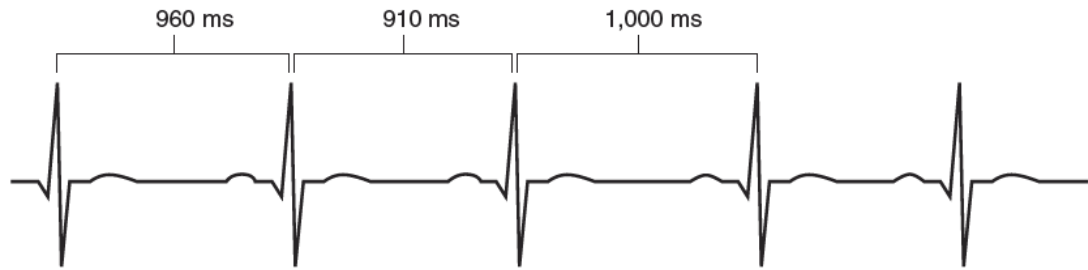
2.4.2. Direnç egzersizi ve kalp atım hızı deēiřkenliēi

Direnç egzersizi birçok olumlu saēlık yararı saēlar ve profesyonel saēlık kuruluşları tarafından hem saēlıklı hem klinik popölasyonlar için önerilmektedir (Pollock ve ark., 2000). Dayanıklılık egzersizi, kardiyovasküler sisteme bir hacim yükü uygularken, direnç egzersizi, kardiyovasküler sistem üzerine aralıklı basınç yükleri uygular ve bu nedenle öncelikle bir basınç yükü olarak nitelendirilir. Egzersize kardiyovasküler yanıtlar arasında kardiyο hızlanma ve vazokonstriksiyon bulunur. Egzersiz, aēırlık kaldırma sırasında ki gibi statik içeriēi de bulundurduğunda yanıtlar, sempatik vazokonstriksiyonun neden olduēu arteriyel kan basıncında nispeten büyük artışlardan ve kalp atış hızındaki artışların neden olduēu kalp debisinde küçük artışlardan oluşur. Arteriyel basınçtaki nispeten büyük artışların, statik olarak kasılan kas liflerinin kan damarlarını sıkıştırma etkisine karşılık gelerek kasların perfüzyonunu iyileřtirdiēine inanılmaktadır. Ayrıca, aynı göreceli iş yükünde veya aynı ortalama kan basıncındaki dinamik egzersiz ile karşılaştırıldığında statik egzersiz sırasında otonom sinir sisteminin modölasyonunun farklı olduēu gösterilmiştir (Gonzalez-Camarena ve ark., 2000). Akut direnç egzersizinin, genç saēlıklı yetişkinlerde kardiyak parasempatik modölasyonu aerobik egzersizden daha fazla azalttıēı ve direnç egzersizinden sonra kardiyovasküler disfonksiyon riskinin arttıēına işaret ettiēi gösterilmiştir (Kingsley ve ark., 2016). Akut direnç egzersizi çok sayıda

değişkene sahiptir; kas kasılması tipi, yük (veya direnç), antrenman hacmi, dinlenme sürelerinin uzunluğu, egzersizin temposu, egzersizlerin sırası, kullanılan egzersizlerin türü ve egzersiz rejiminin genel sıklığı gibi değişkenler tarafından manipüle edilebilir (Kraemer ve Ratamess, 2004). İzometrik veya izotonik kas kasılmaları otonom modülasyonu değiştirebilir. İzometrik egzersiz sırasında, sempatik etkinliğin, kullanılan kas kütlesi miktarından kaynaklandığını gösterilmiştir (Seals ve ark., 1989). Direnç makineleri kullanılarak yapılan tüm vücut akut direnç egzersizine kıyasla üst veya alt gövde akut direnç egzersizlerinin bir farklılık göstermediği için izotonik egzersiz için de aynı durum geçerlidir (Kingsley ve ark., 2016). Yükte veya dirençte bir artışın vagal aktiviteyi azaltabileceği ve sempatik aktiviteyi artırabileceği açıktır. (Machado-Vidotti ve ark., 2014) tarafından yapılan çalışmada, sempatik modülasyonun, alt vücut direnç egzersizinden sonra üst vücut direnç egzersizine kıyasla arttığını ve muhtemelen egzersizler için kullanılan yük farklılığından dolayı arttığını göstermiştir.

2.5. Kalp Hızı Değişkenliğinin Analizi

KHD ölçümlerinde ve analizlerinde “The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology” tarafından önerilen parametreler ve standartlar kullanılmaktadır. KHD ölçümlerinde kaydedilen R dalgalarının analizi yapılmaktadır (Özer, 2018).



Şekil 2: RR aralığı

2.5.1. Zaman boyutunda analiz

Kalp hızındaki varyasyonlar bir dizi yöntemle değerlendirilebilir. Belki de gerçekleştirilmesi en basit olanı zaman boyutunda yapılan hesaplamalardır. Bu yöntemlerle ya zaman içinde herhangi bir noktadaki kalp atım hızı ya da ardışık normal QRS kompleksleri arasındaki aralıklar belirlenebilir. Sürekli bir EKG kaydında, her bir QRS kompleksi saptanır ve normalden normal (NN) aralıklara (sinüs düğümü

depolariza bağılı oluşan bitişik QRS kompleksleri arasındaki tüm aralıklardır) veya anlık kalp hızı belirlenir. Hesaplanabilen basit zaman boyutu değişkenleri arasında ortalama NN aralığı, ortalama kalp atım hızı, en uzun ve en kısa NN aralığı arasındaki fark vb. ölçütlerdir (Camm ve ark., 1996).

Zaman boyutu analiz ölçümleri kalp atış hızını ve kalp atış aralıklarını içerir. Bu analiz RR aralıklarının doğrudan ölçülmesi yöntemi ve RR aralıklarındaki farkların ölçülmesi ile yapılmaktadır (Spaak ve ark., 2010).

Tablo 1: Kalp hızı değişkenliğinin zaman boyutundaki ölçütleri

Değişken	Birim	Tanım
RRmaks	Ms	İki kalp vuruşu arasındaki en uzun süre
RRmin	Ms	İki kalp vuruşu arasındaki en kısa süre
RRort	Ms	İki kalp vuruşu arasındaki ortalama süre
SDNN	Ms	Düzeltilmiş olan sinyaller sonrası normal kalp hızı aralıklarındaki (RR) standart sapma olarak tanımlanır
RMSSD	Ms	Birbirini izleyen kalp atımları arasındaki farkların karelerinin ortalamalarının kareköküdür
NN50	Adet	Birbirini izleyen kalp atımlarında 50 milisaniye üzerinde değişim gösteren kalp atım aralıklarının sayısıdır
pNN50	%	Birbirini izleyen kalp atımlarında 50 milisaniye üzerinde değişim gösteren kalp atım aralıkları oranıdır

Hesaplanacak en basit değişken NN aralığının standart sapmasıdır (SDNN), yani varyansın kareköküdür. Değişken matematiksel olarak toplam spektral analiz gücüne eşit olduğu için, SDNN kayıt periyodundaki değişkenlikten sorumlu tüm döngüsel bileşenleri yansıtır. Birçok çalışmada, SDNN 24 saatlik bir süre boyunca hesaplanır ve böylece hem kısa süreli yüksek frekans değişkenlerini hem de düşük

frekans elemanlarını kapsar. İzleme periyodu azaldıkça SDNN tahminleri gittikçe daha kısa döngüleri tahmin eder. Aynı zamanda KAHD'nin toplam değışikliğı, analiz edilen kayıt uzunluğu ile arttığı da not edilmelidir (Tarvainen ve ark., 2014; Camm ve ark., 1996).

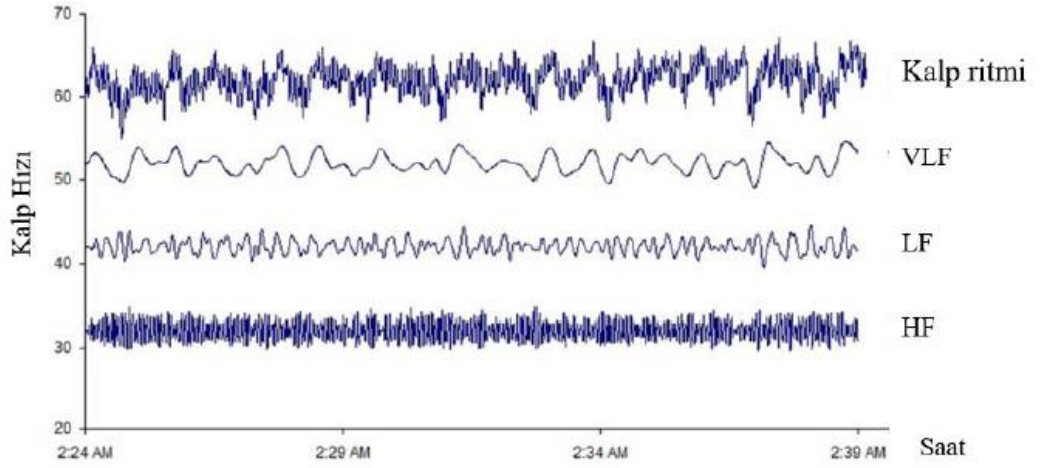
Aralık farklarından türetilen en yaygın kullanılan ölçümler arasında RMSSD bulunmaktadır. Ardışık RR aralıklarının farklarının karelerinin toplamının ortalamasının kareköküdür. NN50, ardışık NN aralıklarının 50 milisaniyeden büyük aralık farklarının sayısı ve pNN50, NN50'nin toplam NN aralıklarına bölünmesidir. Tüm bu kısa süreli varyasyon ölçümleri, kalp hızında yüksek frekans varyasyonlarını tahmin etmekte ve dolayısıyla yüksek oranda korelasyon göstermektedir (Camm ve ark., 1996).

2.5.2. Frekans boyutunda analiz

Frekans analizi için çeşitli spektral yöntemler 1960'ların sonlarından beri uygulanmaktadır. Güç spektral yoğunluk analizi, gücün yani varyansın frekansın bir fonksiyonu olarak nasıl dağıldığının temel bilgisini sağlar (Van ve ark., 2000).

Frekans alanındaki ölçümler 4 spektral bileşenden oluşur. 3 ana spektral bileşen, 2 ila 5 dakikalık kısa süreli kayıtlardan hesaplanan bir spektrumdan ayırt edilir. Bunlar çok düşük frekans (VLF), düşük frekans (LF) ve yüksek frekans (HF) bileşenleridir. Gücün dağılımı ve LF ve HF'nin merkezi frekansı sabit değildir ancak kalp periyodunun otonomik modülasyonlarındaki değışikliklere bağılı olarak değışebilir (Pogani ve ark., 1986). ULF <0.003 VLF, 0.003-0.04 Hz LF, 0.04-0.15 Hz HF, 0.15-0.4 Hz arasındadır (Nesterov ve ark., 2005). VFL, LF ve HF güç bileşenlerinin ölçümü genellikle gücün mutlak değerlerinde yapılır. Ancak LF ve HF, her güç bileşeninin göreceli değerinin toplam güç eksi VFL bileşeninin oranına göre normalize edilmiş birimlerle de ölçülebilir. LF ve HF otonom sinir sisteminin iki kolunun kontrollü ve dengeli davranışını vurgular (Malliani ve ark., 1991).

Yüksek frekans(HF) 0.15-0.4 Hz arasındaki frekans bileşenlerini kapsamaktadır. OSS'nin parasempatik aktivitesi hakkında bilgi verdiği düşünülmektedir. Ayrıca yüksek frekansın solunum etkisini de yansıttığı bilinmektedir. Düşük frekans(LF) 0.04-0.15 Hz arasındaki frekans bileşenlerini kapsamaktadır. Hem sempatik hem de parasempatik aktiviteyi yansıttığı düşünülmektedir (Tarvainen ve ark., 2014).



Şekil 3: Frekans boyutunda inceleme yönteminde HF, LF ve VLF bantları

Değişkenliği analiz etmek için en yaygın kullanılan yöntem Fourier dönüşümüdür. Hızlı Fourier dönüşümü, kalp hızı değişkenliğinin frekans boyutundaki analizi için kullanılan matematiksel bir algoritmadır. Objektif bir metottur ve birimi ms^2/Hz 'dir. Uygulaması oldukça basit olan bu metot grafiksel olarak çok güzel bir sunum çıktısına sahiptir (Spiers ve ark., 1993).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışmamızın temel amacı, farklı modaliteye sahip (dirençli aerobik, aerobik) egzersiz tiplerinin aynı şiddet aralığında (KAHR'nin %40-60) ve aynı sürede (6dk) egzersiz protokolleri sonrası KAHD yönünden değerlendirmektir.

Hipotez: Egzersiz sonrası akut toparlanma döneminde, aerobik dirençsiz ve ağırlıklı yapılan aerobik dirençli egzersizler arasında parasempatik reaktivasyona ulaşma süresi ve düzeyi açısından farklılıklar vardır.

3.1. İstatistiksel İşlemler

İstatistiksel analizler yapılırken verilere normal dağılım analizleri yapılmıştır. Bunun için Shapiro-Wilk testi kullanılmıştır. (Atım sayısı ortalama, RR ortalama ve LnRMSSD ortalama), zaman faktörleriyle (15 seviye: 15 dk boyunca her bir dk) ve koşul (2 seviye: Koşu bandı, bacak itme) , tekrarlanan ANOVA ölçümleri kullanılarak analiz edildi ve eş örneklem T testi uygulandı. Gruplar arasındaki farkı bulmak için tüm verilere bonferroni düzeltmesi uygulanmıştır. Varyans homojenliği için Mauchly's sphericity testi kullanılmış ve gerekli durumlarda Greenhouse Geisser ve Huynh-Feidt düzeltmeleri yapılmıştır.

3.2. Gönüllüler

Çalışmaya yaş ortalamaları 25,26 ve beden kitle indeksleri ortalamaları 23,34 olan, fiziksel olarak sağlıklı erkek katılımcılar dâhil edilmiştir. Çalışmaya dâhil edilmek için düzenli egzersiz yapmıyor olmak (<150 dk/hafta) şartı aranmıştır (Haskell WL ve ark., 2007).

Çalışmaya alınmama kriterleri:

- Herhangi bir ilaç kullananlar,
- Veri kalitesini olumsuz etkileyecek davranışlarda bulunanlar,
- Aşırı kilolular, madde bağımlılığı olanlar,
- Akut ve/veya kronik hastalığı bulunanlar,
- Sigara kullanan bireyler şeklinde belirlenmiştir.

Bu bağlamda 15 kişi araştırmaya gönüllü olarak katılmıştır.

3.3. Araştırma Protokolü

Deneyler diurnal ritimlerin etkisini minimize etmek amacıyla öğleden önce 10-12 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. Protokoller arasında en az 3 gün ara verilmiştir. Katılımcılarda otonomik işlevi değiştirebilecek başka herhangi bir hastalık öyküsü olmaması şartı aranmıştır. Çalışma protokolüne tam uyumu engelleyen ortopedik yaralanmalara sahip olan gönüllüler dahil edilmemiştir. Katılımcılardan, deneyden 24 saat önce herhangi bir şiddetli egzersiz yapmamaları ve alkol kullanmamaları istenmiştir. Katılımcılar hangi protokolü uygulayacağını test günü, test öncesinde öğrenecek ve eşit sayıda kişi protokollere (8-8) ayrılacak şekilde randomize uygulanmıştır.

Ayrıca, katılımcıların gece boyunca ve deneyin sabahı alkol ve kafein tüketimine izin verilmemiştir. Katılımcılar öğün sonrası (3 saat) test edilmiştir. Katılımcılar tüm test ve uygulamaları aynı spor salonunda ve aynı nem ve sıcaklığa sahip ortamda gerçekleştirilmiştir.

3.3.1. Koşu bandı egzersizi ön protokolü

Katılımcılara koşu bandı ön protokol gününde öncelikle, 5 dk sırt üzeri sabit pozisyonda sessiz şekilde dinlendikten sonra 10 dk boyunca dinlenik nabız kayıtları alınmış ve ilgili egzersiz protokolünde ki hedef nabız aralığı %40-60 KAHR formülüne bu 10 dk lık kayıta elde edilen ortalama nabız, dinlenik nabız değişkeni olarak eklenmiştir. Dinlenim kaydı tamamlandıktan sonra katılımcı koşu bandı üzerinde modifiye astrand testi uygulanarak test edilmiş ve protokolde hedeflenen nabız aralığındaki hızları kaydedilmiş ve KAHR'inin %70'ine ulaşmış olmak testi bitirme şartı olarak belirlenmiştir.

3.3.2. Koşu bandı egzersizi protokolü

Katılımcılara koşu bandı ön protokol günü başlangıcındaki dinlenik nabız tayini yöntemi kullanılarak dinlenik nabız belirlenmiştir. Sonrasında ön protokolde belirlenmiş olan hızlarla kişi KAHR'nin %40-60'ı ile 6dk boyunca koşu bandı egzersizi gerçekleştirilmiştir. Egzersiz bitimini takiben <10s içerisinde kişi sakince dinlenim kaydının alındığı ortamda sessiz, hareket etmeden, katılımcı ve ölçüm yapan kişiden başkası bulunmayacak şekilde sırtüstü yatar pozisyonda 15 dk dinlenime alınarak veri kaydı alınmıştır. Tüm ölçümler Polar H-10 göğüs bandı ile kayıt alınarak gerçekleştirilmiştir.

3.3.3. Bacak itme egzersizi ön protokolü

Katılımcılara bacak itme ön protokol gününde öncelikle, leg press makinesinde 20 TM testi yapılmıştır. Test öncesinde kişiler bacak itme makinasında ısınma setlerini gerçekleştirmiştir. Test öncesi yorgunluk oluşmaması adına kendi vücut ağırlıklarının %20'si ile 15 tekrarlık ısınma seti gerçekleştirilmiştir. 20 TM testinde metronom kullanılmış olup, kişinin protokolda kullanacağı tempo olan dk da 20-24 tekrar temposuna uygun olacak şekilde testler uygulanmıştır. 20 TM testi sonrası kişinin bacak itme egzersizinde uygulayacağı şiddet aralığı olan 1TM'nin %25-30'u aralığındaki kullanacağı ağırlık tayin edilmiştir. Isınma seti dahil olmak üzere 4. Sette 20 RM ağırlığı bulunarak test sonlandırılmıştır. Bu nispeten düşük ağırlık ön testler bu yoğunluğun valsava manevralarına sebep olmadan ve egzersize ara vermeden 6 dakika boyunca hedeflenen nabız aralığının (KAHR%40-60) korunabileceğini gösterdiği için kullanılmıştır.

3.3.4. Bacak itme egzersizi protokolü

Katılımcılardan bacak itme protokol gününde öncelikle, 5 dk sırt üzeri sabit pozisyonda sessiz şekilde dinlendikten sonra 10 dk boyunca dinlenik nabız kayıtları alınmış ve ilgili egzersiz protokolünde ki hedef nabız aralığı %40-60 KAHR formülüne bu 10 dk lık kayıta elde edilen ortalama nabız, dinlenik nabız değişkeni olarak eklenmiştir. Sonrasında katılımcılar bacak itme protokolü öncesi ısınmalarını gerçekleştirdikten sonra 1TM'un %25-30 şiddet aralığına karşılık gelen ağırlık ile ve dk da 20-24 tekrar temposuna denk gelecek tekrar temposunu metronom ile takip ederek leg press egzersiz makinesinde 6 dk süreyle KAHR'nin %40-60'I ile egzersiz gerçekleştirilmiştir. Egzersiz bitimini takiben <10s içerisinde kişi sakince dinlenim kaydının alındığı ortamda sessiz, hareket etmeden, katılımcı ve ölçüm yapan kişiden başkası bulunmayacak şekilde sırtüstü yatar pozisyonda 15 dk dinlenime alınarak veri kaydı alınmıştır. Tüm ölçümler Polar H-10 göğüs bandı ile kayıt alınarak gerçekleştirilmiştir.



Resim 1. Bacak itme egzersizi



Resim 2. Dinlenim pozisyonu

3.4. Araştırmanın Yöntemi

Polar H10 ile bilgisayara aktarılan RR süreleri Kubios programında “low” seçeneğinde yazılımın bulduğu hatalar düzetildikten sonra kalp hızı değişkenliği analizinde kullanılmıştır. Kalp hızı değişkenliğini analiz etmek için çok sayıda analiz yöntemi vardır ve bu çalışmada kalp hızı değişkenliği zaman boyutunda incelenmiştir.

3.4.1. Kalp hızı değişkenliği ve kalp atım sayısı analizi

Alınan RR kayıtları zaman dizisine dönüştürülmüştür. KAHD parametreleri belirlenmiştir. Zaman boyutu analizinde KAHD parametreleri aşağıdaki parametreler ile değerlendirilmiştir.

- Toparlanma (15 dk) boyunca her 1 dk için ortalama RMSSD aralığı
- Toparlanma (15 dk) boyunca her 1 dk için kalp atım sayıları

- Toparlanma (15 dk) boyunca her 1 dk için ortalama RR aralığı

3.4.2. Zaman boyutu analizleri

- Bacak itme ve koşu bandı egzersiz protokollerinden sonra hızlı faz (ilk 2 dk) kalp vuruş sayısı, RR değerlerinin ortalamaları ve LnRMSSD değerlerinin ortalamaları
- Leg press ve koşu bandı egzersiz protokollerinden sonra toparlanma boyunca (15dk) her 1 dk içerisindeki kalp vuruş sayısı
- Leg press ve koşu bandı egzersiz protokollerinden sonra toparlanma boyunca (15 dk) her 1 dk içerisindeki RR değerlerinin ortalamaları
- Leg press ve koşu bandı egzersiz protokollerinden sonra toparlanma boyunca (15 dk) her 1 dk içerisindeki LnRMSSD değerlerinin ortalaması

RR 15 dk boyunca ardışık 1dk ortalama, LnRMSSD 15 dk boyunca ardışık 1dk ortalama ve kalp vuruşu sayıları iki yönlü, tekrarlanan ANOVA ölçümleri kullanılarak analiz edildi. Gruplar arasındaki farkı bulmak için eş örneklem T testi sonrası Bonferroni düzeltmesi uygulandı.

4. BULGULAR

4.1. Demografik Veriler

Katılımcıların demografik verileri sunulmuştur.

Tablo 1. Demografik verilerin minimum, maksimum, ortalama, standart sapma değerleri

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Yas	15	20	35	25,2667	4,51136
Boy	15	1,7	1,9	1,808	0,0656
Kilo	15	60	90	76,4667	7,94505
BKI	15	20,76	24,93	23,3401	1,40795

4.2. İstatistiksel Değerlendirmeler

Bu bölümde yapılan istatistiksel işlemler sonucu elde edilen bulgular sunulmuştur.

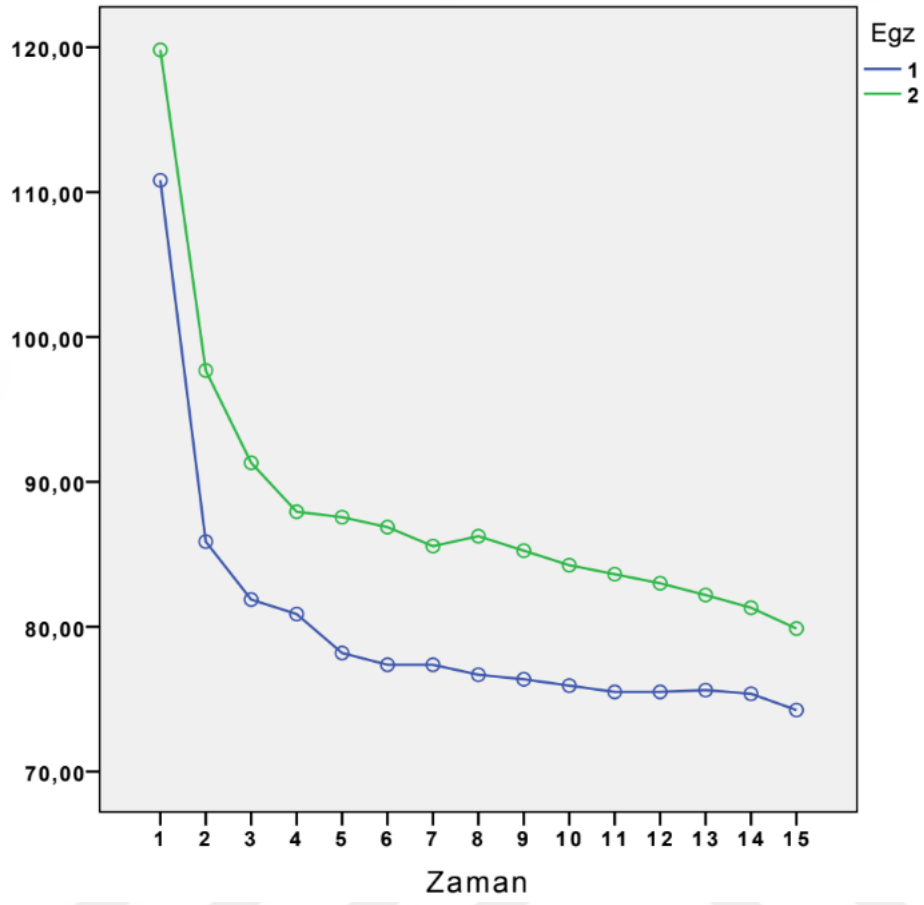
4.2.1. Kalp atımlarının toparlanma sırasında 15 dk boyunca her 1 dklık ortalamalarının değerleri

Tablo 2. Kalp atımlarının her 1 dklık ortalamalarının tanımlayıcı istatistiği

Tanımlayıcı İstatistikler			
	Atım Sayısı Ortalama	Standart Sapma	N
k1	111,3333	10,03328	15
L1	120,2667	10,84611	15
k2	86,7333	13,02452	15
L2	97,8000	12,42233	15
k3	82,8000	12,59365	15
L3	91,2000	12,20773	15
k4	81,8667	11,03803	15
L4	87,8667	10,65610	15
k5	79,0667	10,86585	15
L5	87,2667	10,04608	15
k6	78,2667	10,47764	15
L6	86,6667	10,35558	15
k7	78,2667	9,33095	15
L7	85,4000	8,39898	15
k8	77,4000	8,77334	15
L8	86,0000	10,19804	15
k9	77,0667	8,57294	15
L9	84,8000	8,96979	15
k10	76,8000	9,33656	15
L10	83,8667	9,60555	15
k11	76,2667	8,60620	15
L11	83,1333	9,90575	15
k12	76,0667	7,96839	15
L12	82,4667	8,45886	15
k13	76,2000	9,19783	15
L13	81,7333	8,25891	15
k14	76,0667	8,90800	15
L14	80,8667	8,69209	15
k15	74,7333	8,92402	15
L15	79,8000	9,23657	15

Tablo 3. Kalp atımlarının her 1 dklık ortalamalarının eş örneklem T testi sonrası bonferroni düzeltmesi uygulanmış istatistik değerleri

		t	df	P
Eş 1	k1 - L1	-3,839	14	0,03
Eş 2	k2 - L2	-6,128	14	0
Eş 3	k3 - L3	-4,676	14	0
Eş 4	k4 - L4	-4,284	14	0,015
Eş 5	k5 - L5	-4,503	14	0
Eş 6	k6 - L6	-4,914	14	0
Eş 7	k7 - L7	-4,633	14	0
Eş 8	k8 - L8	-4,155	14	0,015
Eş 9	k9 - L9	-4,854	14	0
Eş 10	k10 - L10	-3,772	14	0,03
Eş 11	k11 - L11	-4,789	14	0
Eş 12	k12 - L12	-4,640	14	0
Eş 13	k13 - L13	-4,170	14	0,015
Eş 14	k14 - L14	-2,574	14	0,33
Eş 15	k15 - L15	-2,523	14	0,36



Şekil 4. 15 dk boyunca her 1'er dk lık bölüm için kalp atım sayılarının toparlanma dönemi grafiği. Egz 1 mavi çizgi grafiği koşu bandı, Egz 2 yeşil çizgi grafiği bacak itme protokolünü temsil etmekte.

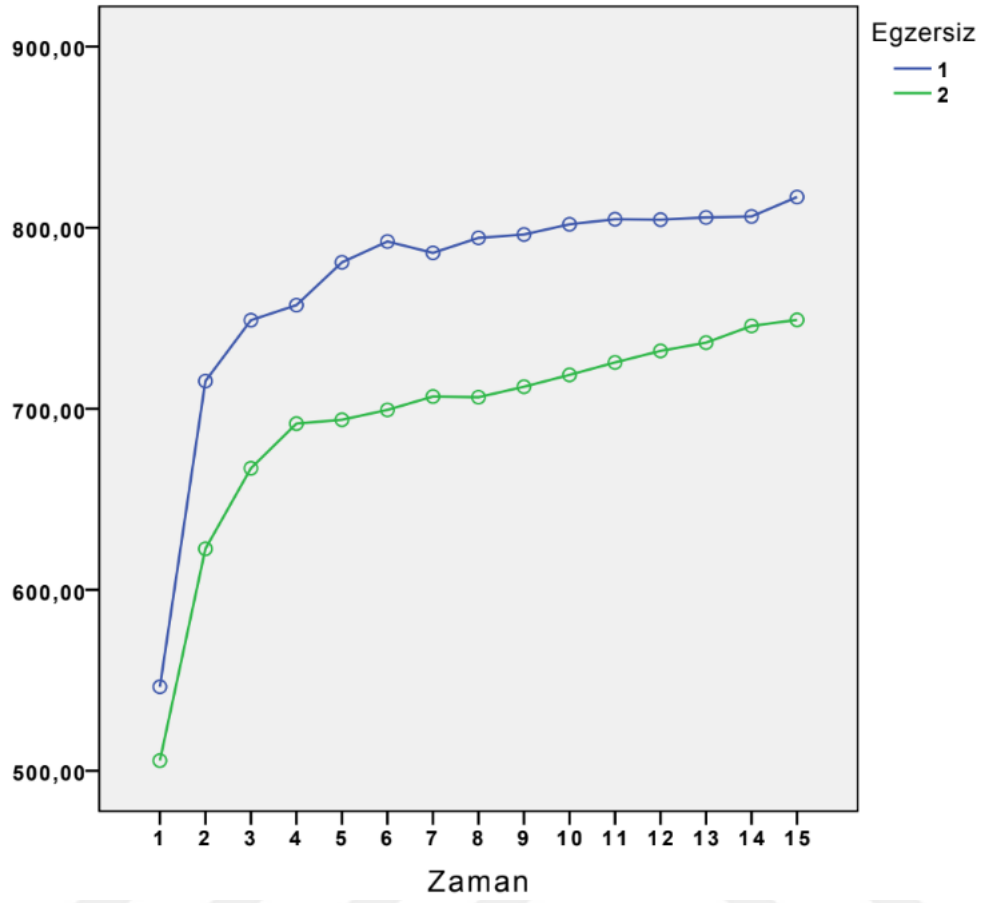
4.2.2. RR aralıklarının toparlanma sırasında 15 dk boyunca her 1 dklık ortalamalarının değerleri

Tablo 4. RR aralıklarının her 1 dklık ortalamasının tanımlayıcı istatistiği

	Tanımlayıcı İstatistik		
	RR (ms) Ortalama	Standart Sapma	N
K1	544,0681	48,32272	15
L1	503,9504	46,90762	15
K2	707,8624	109,7477	15
L2	622,4094	80,81432	15
K3	739,907	118,2996	15
L3	668,5985	91,4537	15
K4	746,9609	106,8615	15
L4	693,026	84,81012	15
K5	771,9482	113,039	15
L5	696,5037	81,86861	15
K6	782,6319	116,1269	15
L6	701,786	84,94132	15
K7	776,0609	96,67782	15
L7	708,3222	72,92874	15
K8	786,3166	99,05125	15
L8	708,2544	86,04423	15
K9	788,3885	91,99527	15
L9	716,0769	77,58035	15
K10	791,7825	102,5572	15
L10	723,0179	82,50944	15
K11	795,9363	94,79714	15
L11	729,8536	86,58923	15
K12	798,2905	89,46081	15
L12	736,5553	79,73633	15
K13	799,9898	100,191	15
L13	740,6748	73,73248	15
K14	798,9623	97,29444	15
L14	750,3875	81,34407	15
K15	811,5986	95,51793	15
L15	752,0111	78,01707	15

Tablo 5. RR aralıklarının her 1 dklık ortalamalarının eş örneklem T testi sonrası bonferroni düzeltmesi uygulanmış istatistik değerleri

		t	df	P
Eş 1	K1 - L1	3,526	14	,050
Eş 2	K2 - L2	5,153	14	,002
Eş 3	K3 - L3	4,424	14	,009
Eş 4	K4 - L4	3,913	14	,023
Eş 5	K5 - L5	4,017	14	,019
Eş 6	K6 - L6	4,567	14	,007
Eş 7	K7 - L7	4,121	14	,016
Eş 8	K8 - L8	4,064	14	,017
Eş 9	K9 - L9	4,463	14	,008
Eş 10	K10 - L10	3,665	14	,038
Eş 11	K11 - L11	4,543	14	,007
Eş 12	K12 - L12	3,875	14	,025
Eş 13	K13 - L13	3,572	14	,046
Eş 14	K14 - L14	2,527	14	,363
Eş 15	K15 - L15	3,203	14	,096



Şekil 5. 15 dk boyunca her 1'er dk lık bölüm için RR aralıklarının ortalamalarının toparlanma dönemi grafiği. Egz 1 mavi çizgi grafiği koşu bandı, Egz 2 yeşil çizgi grafiği bacak itme protokolünü temsil etmekte.

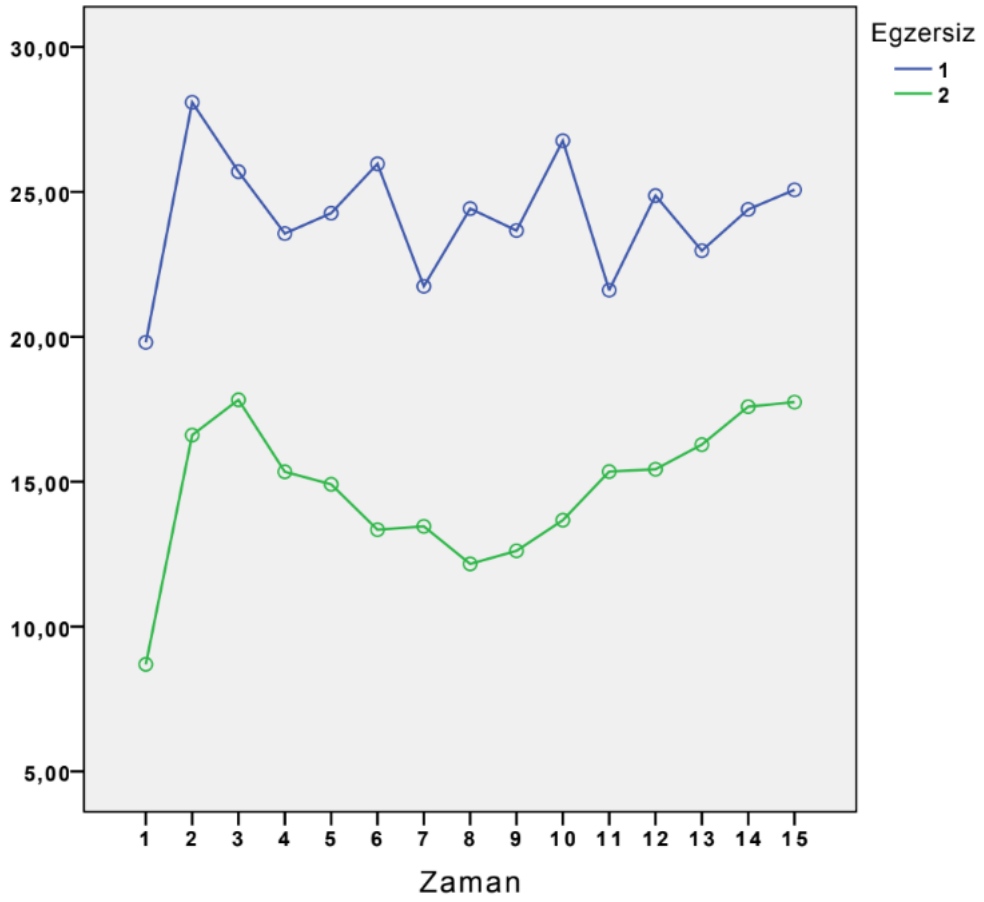
4.2.3. LnRMSSD değerlerinin toparlanma sırasında 15 dk boyunca her 1 dklık ortalamalarının değerleri

Tablo 6. LnRMSSD değerlerinin her 1 dklık ortalamalarının tanımlayıcı istatistik değerleri

Tanımlayıcı İstatistik			
	LnRMSSD Ortalama	Standart Sapma	N
K1	2,5953	,98752	15
L1	1,8272	,64338	15
K2	3,0391	,84320	15
L2	2,4768	,76983	15
K3	2,9744	,76280	15
L3	2,5941	,79210	15
K4	2,9332	,68242	15
L4	2,5541	,60314	15
K5	3,0034	,62567	15
L5	2,5722	,59615	15
K6	3,0476	,66226	15
L6	2,4555	,57176	15
K7	2,9813	,50442	15
L7	2,4811	,54699	15
K8	3,1427	,41815	15
L8	2,4075	,46202	15
K9	3,0883	,43514	15
L9	2,4469	,49151	15
K10	3,1298	,56262	15
L10	2,5520	,43052	15
K11	3,0233	,38917	15
L11	2,6825	,41987	15
K12	3,1282	,46555	15
L12	2,6771	,44778	15
K13	3,0413	,44559	15
L13	2,7358	,41402	15
K14	3,1287	,43587	15
L14	2,8249	,37492	15
K15	3,1552	,47214	15
L15	2,8258	,38209	15

Tablo 7. 15 dk boyunca LnRMSSD değerlerinin her 1 dk ortalamalarının eş örneklem T testi sonrası bonferroni düzeltmesi uygulanmış istatistik değerleri

		t	df	P
Eş 1	K1 - L1	4,205	14	,013
Eş 2	K2 - L2	4,623	14	,006
Eş 3	K3 - L3	2,259	14	,605
Eş 4	K4 - L4	2,662	14	,279
Eş 5	K5 - L5	2,963	14	,154
Eş 6	K6 - L6	4,544	14	,007
Eş 7	K7 - L7	5,032	14	,003
Eş 8	K8 - L8	6,639	14	,000
Eş 9	K9 - L9	5,273	14	,002
Eş 10	K10 - L10	5,021	14	,003
Eş 11	K11 - L11	3,415	14	,063
Eş 12	K12 - L12	2,610	14	,309
Eş 13	K13 - L13	2,416	14	,449
Eş 14	K14 - L14	2,334	14	,525
Eş 15	K15 - L15	2,352	14	,508



Şekil 6. 15 dk boyunca her 1'er dk lık bölüm için LnRMSSD aralıklarının ortalamalarının toparlanma grafiği. Egz 1 mavi çizgi grafiği koşu bandı, Egz 2 yeşil çizgi grafiği bacak itme protokolünü temsil etmekte.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmanın amacı, kalp hızı değişkenliğini, kalp atım sayısı, RR aralıklarının değişkenliği ve LnRMSSD üzerinden analiz ederek, alt ekstremitenin aynı kalp hızı aralığında ve sürede bacak itme ve koşu bandı egzersizleri sonrasında, otonom yanıt mekanizmalarını karşılaştırmalı şekilde ortaya koymaktır. Günümüzde KAHD parametreleri üzerine birçok çalışma yapılmışken, egzersiz modalitesinin egzersiz sonrası akut otonomik toparlanmasını inceleyen az çalışma vardır.

Egzersiz sonrası kalp atım hızının düzelmesine otonom sinir sisteminin her iki dalı aracılık eder. Kalp atış hızındaki ilk düşüş, parasempatik reaktivasyon ve sonraki düşüşler parasempatik reaktivasyon ve sempatik geri çekilme yoluyla gerçekleşir (Pierpont ve Voth, 2004; Borrosen ve ark., 2008; İmai ve ark., 1994). Akut kalp hızı toparlanma değerleri temel olarak 2 fazda incelenmektedir; hızlı faz ilk dk'yı kapsayan parasempatik reaktivasyon fazını temsil eder (Fecchio ve ark., 2019).

Bu bilgiler ışığında çalışmamızda aynı kalp atım hızı aralığı, sistemik olarak aynı şiddet aralığında egzersiz ortaya çıkarmasına rağmen, kalp atım sayısı ve RR değerleri iki egzersiz farklı modu sonrası hızlı faz ve yavaş faz toparlanma döneminde önemli ölçüde farklılık göstermiştir (Bkz. Tablo 5 ve 3).

Genel olarak, bu çalışmanın bulguları, benzer kalp atım hızı seviyesi sağlanan egzersizlerde, akut toparlanma dönemine ait otonomik kontrol süreçlerinin aynı büyük kas gruplarının farklı egzersiz tipleri ile çalıştıklarında niteliksel olarak farklı olduğunu göstermektedir. Özellikle toparlanmanın hızlı fazındaki LnRMSSD değerleri de bu görüşü desteklemektedir (1.dk 0,013 ve 2.dk 0,006). RMSSD'nin logaritması olan (LnRMSSD) “en güvenilir ve pratik olarak günlük izleme için uygulanabilir bir ölçüm ” (Plews ve ark., 2013) olarak kabul görmesi akut otonomik toparlanmanın değerlendirilmesinde bu parametreyi seçmemizi sağlamıştır.

Egzersiz esnasında kalp hızı benzer olduğu için, bacak itme egzersizi sonrasında geciken parasempatik reaktivasyon temel olarak direnç tipi egzersizin yapısı gereği artan tip 2 liflerinin kuvvet üretimine katılımı, paralelinde artan anaerobik metabolizma ve mekanik oklüzyona bağlı metabolit oluşumunun sonucu olarak afferent ateşlenme frekansları artan kas kemoreseptörlerinin meydana getirdiği

metaborefleksi bağı olarak kalbin uyarı ve ileti sistemi üzerinde oluşan sempatik aktivasyon artışına bağlanabilir. Benzer şekilde (Buchheit ve ark., 2007), anaerobik metabolizmanın katkısının ve hızlı kasılan kas lifi alımının artırılmış seviyeleriyle bağlantılı olarak görülen diğer birçok faktörün egzersizden sonra otonomik toparlanmada rol oynayabileceğini öne sürmektedir. Oksidatif olmayan enerji katkısının miktarı (daha fazla enerji harcaması yerine) ve sonuçta ortaya çıkan egzersiz sonrası kas metaborefleksi aracılığı kardiyak vagal etkinin baskılanması, egzersiz sonrası toparlanma sırasında azaltılmış vagal etkinin temelini oluşturan önemli bir faktördür (Buchheit ve ark., 2007).

Bununla birlikte çalışmamızda bacak itme egzersizi için efor duygusu (Algılanan Zorluk Derecesi = 1-10) 8,46 ve koşu bandı egzersizi için 5,26 şeklinde bacak itme egzersizi için daha yüksek olduğu bulunmuştur. Efor (AZD) duygusu ve afferent duyuşal girdilerin algılanması çoğu egzersiz sırasında yakından ilişkili görüldüğünden (Smirmaul, 2012), bacak itme egzersizi sırasında katılımcılar tarafından daha yüksek algılanan zorluk derecesi, koşu bandı egzersizine kıyasla bacak itme egzersizi sırasında artmış bir metaboreseptör geribildiriminin sonucunu destekleyebileceğini düşünmekteyiz. Eşzamanlı olarak, aktif iskelet kası içinde biriken metabolitler (H^+ , inorganik fosfat vb.), karotis gövdesindeki grup III ve IV afferent sinirleri ve kemoreseptörleri uyarır. Bu uyarı daha sonra metaborefleksi olarak bilinen sempatik sinir aktivitesinde bir refleks artışına neden olur. Epinefrinin egzersize bağı olarak sistemik dolaşıma salınması, daha fazla sempatik uyarıya neden olabilir ve bu da kardiyak parasempatik reaktivasyonu baskılayabilir. Egzersiz sonrası parasempatik aktivite, egzersiz sonrası plazma epinefrin seviyeleri, kan laktat konsantrasyonları, kan asidozu ve arteriyel oksijenasyon ile önemli ölçüde ilişkilidir (Buchheit ve ark., 2007; Buchheit ve ark., 2010; Buchheit ve ark., 2011; Al Haddad ve ark., 2011; Al Haddad ve ark., 2012). Bu çalışmada gözlemlenen KAHD'deki farklılıklar, şiddette ki benzerliğe rağmen hipotez ile uyumludur, bu da egzersiz yöntemi ile KAHD'nin düşüş büyüklüğü arasında bir ilişki olduğunu düşündürmektedir. Paralel olarak Heffernan ve arkadaşlarının (Heffernan ve ark., 2006), direnç egzersizine karşı bisiklet egzersizini, modaliteleri arasındaki ilişkiler açısından karşılaştırarak irdeledikleri bir çalışmada; Her iki egzersiz modalitesinin de parasempatik aktivitede bir düşüşle sonuçlandığını ancak direnç egzersizi sonrası gözlemlenen parasempatik aktivitedeki

düşüş seviyesinin bisiklet egzersizine göre daha büyük olduğunu belirtmişlerdir. Bu sonuç çalışmamızdaki sonuçlarla örtüşmektedir. Ancak (Heffernan ve ark., 2006) çalışmalarında bizim çalışmamızda incelenen hızlı faz (ilk dakika) otonomik toparlamayı dikkate almadıkları görülmüştür.

Çalışmamıza metodolojik olarak daha yakın bir başka çalışmada ise, parasempatik reaktivasyonun ritmik aerobik egzersize kıyasla direnç egzersizi sonrasında geciktiği gösterilmiştir (Kluszczewicz ve ark., 2016). Akut direnç tipi egzersizi sonrası vagal aktivitenin daha fazla azaldığı çeşitli çalışmalarda da bildirilmiştir (Rezk ve ark., 2006; Chen ve ark., 2011; Teixeira ve ark., 2011). Ancak çalışmamız akut bir direnç egzersizinden sonra kardiyak otonomik kontrolün iyileşmesini aynı şiddet aralığında uygulanan (HRR'nin %40-60) farklı egzersiz tipi ve aynı dinlenme süreleri ile değerlendiren ilk çalışma olabileceğini düşünmekteyiz. Bulguları R-R değeri açısından incelediğimizde akut aerobik temelli direnç egzersizinden sonraki kısa dönem otonomik toparlanmada ilk dk (1.dk 0.50 ve 2. dk 0,02dk) RR aralıklarının daha kısa olduğunu, bu da parasempatik etkide daha fazla azalma olduğunu gösterdiğini düşünmekteyiz.

Ayrıca kalp atım sayısının da paralel olarak aerobik temelli direnç egzersizi sonrasında daha fazla oluşu da bu sonucu desteklemektedir. Toparlanma sırasında ölçülen kalp atım hızının bacak itme egzersizinde koşu bandı egzersizine göre daha yüksek seyrettiği görülmüştür (bkz tablo 3). Kalp atım sayısındaki düşüşün gecikmesinin daha yavaş kardiyak vagal reaktivasyona bağlı olduğu bilinmektedir (Heffernan ve ark., 2006; Buchheit ve ark., 2007; Goldberger ve ark., 2006). Egzersizden sonra akut toparlanma sırasında azalmış vagal tonusun altında yatıyor olduğu düşünülen olası fizyolojik mekanizmaların:

- barorefleksin duyarlılığında yeniden ayarlama veya değişiklikler (Chandler ve ark., 1998; Niemela ve ark., 2008) ;
- vagal tonusun metaboreflaks aktivitesi üzerinde yarattığı değişiklikler (Nishiyasu ve ark., 1994);

İlgili mekanizmaların egzersiz esnasındaki nabız ile bağlantılı olduğu gösterilmiş olsa da (Terziotti ve ark., 2001) çalışmamızda 2 protokolde de aynı nabız aralığında olacak

şekilde egzersizler gerçekleştirildiğinden, vagal reaktivasyonun dirençli egzersizde gecikme sebebinin egzersiz modalitesinden kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Önceki çalışmalar, dinamik aerobik modalitede uygulanan egzersizler karşılaştırıldığında direnç tipi egzersiz sırasında oksijen tüketiminin birimi başına nabız çıktsının anlamlı ölçüde abartılı olduğu göstermiştir (Bezucha GR ve ark., 1982). Dinamik aerobik modalitede egzersizin aksine, atım hacmi değişmez, hatta dirençli egzersiz sırasında biraz azalabilir (Powers ve Howley, 2017; Miles ve ark., 1987). Bu durum, intratorasik basınçlardaki değişimlerden ve kas kontraksiyonu tarafından oluşturulan ilgili vasküler yapının kısmi mekanik oklüzyonundan kaynaklanan venöz dönüşün engellenmesine bağlıdır (Bezucha GR ve ark., 1982). Bu nedenle kalp debisinin korunması adına, nabızdaki artışlar aracılık eder (Bezucha GR ve ark., 1982). Tüm bulgular ve altlarında yatan mekanizmalar ışığında; Egzersiz sonrası sempatik hiperaktivite veya azalmış kardiyak vagal ton, iskemik kalp hastalığının, ventriküler aritmilerin ve ani kalp ölümünün patogenezinin altında yatan neden olabileceği düşünülmektedir (Goldberger ve ark., 2006; Task Force, 1996).

Egzersizden sonra parasempatik aktivitenin hızlı iyileşmesi güçlü bir kardiyο koruyucu etkinin göstergesi olduğu bilindiğinden, (Heffernan ve ark., 2006; Jouven ve ark., 2005) özellikle otonomik regölasyonu bozabilecek patolojiler varlığında egzersiz tipinin ve şiddetinin seçimi yapılırken egzersiz sonrası otonomik toparlanmanın ve mekanizmalarının göz önünde bulundurularak yapılması gerektiğini düşünmekteyiz.

Sonuç olarak çalışmamızda ki hipotezimizde ortaya konulan; Egzersiz sonrası akut toparlanma döneminde, aerobik dirençsiz ve ağırlıkla yapılan aerobik dirençli egzersizler arasında parasempatik reaktivasyona ulaşma süresi ve düzeyi açısından farklılıklar vardır. Tablo 3,5 ve 7’de belirtildiği gibi iki farklı egzersiz tipinde KAHD birbirinden farklı olduğu iki farklı egzersiz tipinde de nabız aralığı aynı olmasına rağmen direnç tipi aerobik egzersiz sonrasında oluşan KAHD’nin aerobik dirençsiz egzersizden farklı olduğu yani parasempatik reaktivasyona ulaşma süresi ve düzeyinde koşu bandı egzersizi sonrası, bacak itme egzersizine kıyasla anlamlı biçimde daha hızlı ve yüksek toparlanma seviyelerine ulaşıldığı sonucuna varılmış ve hipotezimiz kabul edilmiştir.

5.1. Öneriler

Çalışmamızda aynı süre şiddet aralığında, ancak farklı egzersiz modalitesindeki egzersizler karşılaştırıldığında akut otonomik toparlanma açısından anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

Ancak nabız üzerinden egzersiz şiddetini bu iki farklı modalitede eşitlemek oldukça zor olduğundan devam eden bir direnç egzersizi modalitesine başvurulmuştur. Sonraki çalışmalarda bu sorunu aşacak bir modalite geliştirip, örneğin: dairesel antrenman metodu veya farklı direnç antrenman sistemleri; süper set, periferik kalp aktivasyon sistemi gibi metodolojiler ile büyük kas grupları tarafından uygulanan dinamik, aerobik enerji sistemi tarafından ağırlıklı olarak enerji dönüşümü gerçekleştirilen bir egzersiz modalitesi ile bire bir karşılaştırılmasının literatüre konunun aydınlatılmasıyla ilgili katkı sunabileceğini düşünmekteyiz.

6. KAYNAKLAR

Arai Y, Saul JP, Albrecht P, Hartley LH, Lilly LS, Cohen RJ, Colucci WS. Modulation of Cardiac Autonomic Activity During and Immediately After Exercise. *Ajpheart*. 1989; 256: 132-141.

Aras D, Akça F, Akalan C. 50 metre sprint yüzmenin 13-14 yaşlarındaki erkek yüzücülerde kalp hızı değişkenliğine etkisi. *SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*. 2013; 11: 13-18.

Arena R, Myers J, Abella J, Peberdy MA, Bensimhon D, Chase P, Guazzi M. The prognostic value of the heart rate response during exercise and recovery in patients with heart failure: Influence of beta-blockade. *Int J Cardiol*. 2010; 21;138: 166-173.

Ateş O. Soğuk iklime uyumlu sporcuların sıcak ortamda egzersize fizyolojik yanıtları. M.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2014, İstanbul (Danışman: Prof. Dr. HB Çotuk).

Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. *Sports medicine*. 2003; 33: 889-919.

Berntson GG, Bigger TJ, Eckberg DL, Grossman P, Kaufmann PG, Malik M, Molen VDMW. Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*. 1997; 34: 623-648.

Bezucha GR, Lenser MC, Hanson PG, Nagle FJ. Comparison of hemodynamic responses to static and dynamic exercise. *Jappl*. 1982; 53: 1589-1593.

Bhati P, Moiz JA, Menon GR. Does resistance training modulate cardiac autonomic control? A systematic review and meta-analysis. *Clin Auton Res*. 2019; 29: 75–103.

Borresen J, Lambert MI. Autonomic Control of Heart Rate during and after Exercise. *Sports Med*. 2008; 38, 633–646.

Buchheit M, Chivot A, Parouty J. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *Eur J Appl Physiol*. 2010; 108, 1153–1167.

Buchheit M, Papelier Y, Laursen PB, Ahmaidi S. Noninvasive assessment of cardiac parasympathetic function: postexercise heart rate recovery or heart rate variability? 2007; 293: 8-10.

Buchheit M, Voss SC, Nybo L, Mohr M, Racinais S. Monitoring responses to training in the heat. Scand J Med Sci Sports. 2011; 21: 477-485.

Buchheit M. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? Frontiers in Physiology. 2014; 5: 73.

Budak MM. Kalp Hızı Değişkenliğinin Tip II Diabetes Mellitusu Olan ve Olmayan Akut Miyokard İnfarktüsü Geçirmiş Hastalardaki Benzerliği ve Prognostik Önemi, Uzmanlık Tezi, 2001, Ankara (Danışman: Doç. Dr. Mehmet Yıldız).

Camarena GR, Sosa GS, Ramos RR. Effect of static and dynamic exercise on heart rate and blood pressure variabilities. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2000; 10: 1719-1728.

Camm AJ, Malik M, Bigger JT, Breithardt G, Cerutti S, Cohen RJ, Lombardi F. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. 1996; 93: 1043-1065.

Chandler MP, Rodenbaugh DW, DiCarlo SE. Arterial baroreflex resetting mediates postexercise reductions in arterial pressure and heart rate. American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology 1998; 275:5, 1627-1634.

Chen J, Normand ST, Wang Y, Krumholz HM. National and Regional Trends in Heart Failure Hospitalization and Mortality Rates for Medicare Beneficiaries 1998-2008. JAMA. 2011; 306:1669–1678.

Fadel PJ. Reflex control of the circulation during exercise. Scand J Med Sci Sports. 2015; 25: 74-82.

Fecchio RY, Brito L, Leicht AS, Forjaz CLM, Peçanha T. Reproducibility of post-exercise heart rate recovery indices: A systematic review. Autonomic Neuroscience. 2019; 221: 102582.

Fisher JP, Young CN, Fadel PJ. Autonomic Adjustments to Exercise in Humans. In Comprehensive Physiology. 2015; 5: 475-512.

Fred S ve Ginsberg JP. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms Frontiers in Public Health. 2017; 5: 528.

Fred S, Rollin MC, Christopher ZL. A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. Frontiers in Psychology. 2014; 5: 1040.

Freeman JV, Dewey FE, Hadley DM, Myers J, Froelicher VF. Autonomic nervous system interaction with the cardiovascular system during exercise. Progress in cardiovascular diseases. 2006; 48, 342-362.

Glass L. Synchronization and rhythmic processes in physiology. Nature, 2001; 410: 277–284.

Goldberger JJ, Le FK, Lahiri M, Kannankeril PJ, Jason NG, Kadish AH. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology. 2006; 290:6, 2446-2452.

Goldberger JJ, Basu A, Boineau R, Buxton AE, Cain ME, Canty Jr JM, Chen PS, Chugh SS, Costantini O, Exner DV, Kadish AH, Lee B, Lloyd-Jones D, Arthur JM, Myerburg RJ, Olgin JE, Passman R, William GS, Tomaselli GF, Zareba W, Zipes DP, Zoloth L. Risk Stratification for Sudden Cardiac Death A Plan for the Future. Circulation. 2014;129:516–526.

Gourdie RG, Harris BS, Bond J, Justus C, Hewett KW, O'Brien, TX, Thompson RP, Sedmera D. Development of the cardiac pacemaking and conduction system. Birth Defects Research Part C: Embryo Today: Reviews, 2003; 69: 46-57.

Guyton ve Hall. Textbook of medical physiology. W B Saunders Co; 1996: 215-224.

Haddad HA, Laursen PB, Chollet D, Ahmaidi S, Buchheit M. Reliability of Resting and Postexercise Heart Rate Measures. Int J Sports Med. 2011; 32, 598-605.

Haddad HA, Parouty J, Buchheit M. Effect of Daily Cold Water Immersion on Heart Rate Variability and Subjective Ratings of Well-Being in Highly Trained Swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2012; 7: 33–38.

Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powel KE, Blair SN, Franklin BA, Macera CA, Heath GW, Thompson PD, Bauman A. Physical Activity and Public Health: Updated Recommendation for Adults From the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation* 2007; 116(9):1081–1093.

Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, Macera AC, Heath GW, Thompson PD, Jouven X, Empana JP, Schwartz PJ, Desnos M, Courbon D, Ducimetière P. Heart-Rate Profile during Exercise as a Predictor of Sudden Death. *Nejm*. 2005; 352:1951-1958.

Hautala AJ, Kiviniemi AM, Tulppo PM. Individual responses to aerobic exercise: The role of the autonomic nervous system. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2009; 33(2): 107-115.

Hawley JA, Myburgh KH, Noakes TD, Dennis SC. Training techniques to improve fatigue resistance and enhance endurance performance. *Journal of Sports Sciences*. 1997;15: 3, 325-333.

Heffernan KS, Kelly EE, Collier SR, Fernhal B. Cardiac autonomic modulation during recovery from acute endurance versus resistance exercise. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2006; 13: 80-86.

Hopkins WG. Measures of Reliability in Sports Medicine and Science. *Sports Med*. 2000; 30: 1–15. *International Journal of Cardiology*. 2010; 138: 166-173.

Imai K, Sato H, Hori M, Kusuoka H, Ozaki H, Yokoyama H, Takeda H, Inoue M, Kamada T. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol*. 1994; 24: 1529–1535.

Javorka M, Zila I, Balhárek T, Javorka K. Heart rate recovery after exercise: relations to heart rate variability and complexity. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 2002;35: 991-1000.

Kaikkonen H, Yrjämä M, Siljander E, Byman P, Laukkanen R. The effect of heart rate controlled low resistance circuit weight training and endurance training on maximal aerobic power in sedentary adults. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2000;10: 211-215.

Kaikkonen P, Nummela A, Rusko H. Heart rate variability dynamics during early recovery after different endurance exercises. *Eur J Appl Physiol*. 2007;102: 79–86.

Kannankeril PJ, Le FK, Kadish AH, Goldberger JJ. Parasympathetic Effects on Heart Rate Recovery after Exercise. *Journal of Investigative Medicine*. 2004; 52: 394-401.

Katz AM. *Physiology of the Heart*. Lippincott Williams & Wilkins. 2010.

Kaya B. (2006). İş yerinde zihinsel yüklenme ve egzersizin kalp atım hızı değişkenliği üzerindeki etkisi.

Kingsley JD ve Figueroa A. Acute and training effects of resistance exercise on heart rate variability. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2016; 36: 179-187.

Kleiger RE, Stein PK, Bigger JT. Heart Rate Variability: Measurement and Clinical Utility. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*. 2005; 10: 88-101.

Kliszczewicz BM, Esco MR, Quindry JC, Blessing DL, Oliver GD, Taylor KJ, Price BM. Autonomic Responses to an Acute Bout of High-Intensity Body Weight Resistance Exercise vs. Treadmill Running. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2016; 30: 1050-1058.

Kraemer W ve Ratamess NA. Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2004; 36: 674–688.

Lahiri MK, Kannankeril PJ, Goldberger JJ. Assessment of Autonomic Function in Cardiovascular Disease Physiological Basis and Prognostic Implications. *J Am Coll Cardiol*. 2008; 51: 1725–1733.

Lauer MS. Autonomic function and prognosis. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*. 2009; 76: 18-22.

Lewis MJ ve Short AL. Exercise and cardiac regulation: what can electrocardiographic time series tell us? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2010; 20: 794-804.

Malik Marek. Heart rate variability. *Current Opinion in Cardiology*. 1998; 36-44.

Malliani A, Pagani M, Lombardi F, Cerutti S. Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. *Circulation*. 1991; 84: 482-492.

Martinmä K, Rusko H. Time-frequency analysis of heart rate variability during immediate recovery from low and high intensity exercise. *European Journal of Applied Physiology*. 2008; 102: 353–360.

Miles DS, Owens JJ, Golden JC. Central and peripheral hemodynamics during maximal leg extension exercise. *Europ. J. Appl. Physiol*. 1987; 56: 12–17.

Montano N, Porta A, Cogliati C, Costantino G, Tobaldini E, Casali KR, Iellamo F. Heart rate variability explored in the frequency domain: A tool to investigate the link between heart and behavior. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2009; 33: 71-80.

Nesterov SV, Nesterov VP, Burdygin AI. The effect of respiratory frequency on heart rate variability. *Doklady Biological Sciences* 2005;400, 25-27.

Niemela TH, Kiviniemi AM, Hautala AJ, Salmi JA, Linnamo V, Tulppo MP. Recovery Pattern of Baroreflex Sensitivity after Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2008; 40, 864–870.

Nishiyasu T, Tan N, Morimoto K, Nishiyasu M, Yamaguchi Y, Murakami N. Enhancement of parasympathetic cardiac activity during activation of muscle metaboreflex in humans. *Jappl*. 1994; 77: 6, 2778-2783.

Opie LH. *Heart physiology: from cell to circulation*. Wolters Kluwer Health. 2004.

Özer O. Pulmoner Hipertansiyon Ciddiyetinin Değerlendirilmesi Kardiyak Otonom Sinir Sisteminin Rolü, Uzmanlık Tezi, 2018, Ankara (Danışmanı: Prof. Dr. Barış Kaya).

Pagani M, Lombardi F, Guzzetti S, Rimoldi O, Furlan R, Pizzinelli P, Sandrone G, Malfatto G, Dell'Orto S, Piccaluga E. Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog. *Circulation Research*. 1986;59: 178–193.

Peçanha T, de Brito LC, Fecchio RY, de Sousa PN, da Silva Junior ND, de Abreu AP, da Silva, GV, Mion-Junior D, Forjaz CLDM. Metaboreflex activation delays heart rate recovery after aerobic exercise in never treated hypertensive men. *J Physiol* 2016; 594: 6211-6223.

Peçanha T, Silva-Júnior ND, Forjaz CLDM, Heart rate recovery: autonomic determinants, methods of assessment and association with mortality and cardiovascular diseases. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2014; 34: 327-339.

Perini R, Orizio C, Comandè A. Plasma norepinephrine and heart rate dynamics during recovery from submaximal exercise in man. *Europ. J. Appl. Physiol*. 1989; 58: 879–883.

Pierpont GL, Stolpman DR, Gornick CC. Heart rate recovery post-exercise as an index of parasympathetic activity. *Journal of the Autonomic Nervous System*. 2000; 80: 169-174.

Pierpont GL, Voth EJ. Assessing autonomic function by analysis of heart rate recovery from exercise in healthy subjects. *The American Journal of Cardiology*, 2004; 94: 64-68.

Plews DJ, Laursen PB, Stanley J. Training Adaptation and Heart Rate Variability in Elite Endurance Athletes: Opening the Door to Effective Monitoring. *Sports Med*. 2013; 43: 773–781.

Pollock ML, Franklin BA, Balady GJ, Chaitman BL, Fleg JL, Fletcher B, Limacher M, Piña IL, Stein RA, Williams M, Bazzarre T. Resistance Exercise in Individuals With and Without Cardiovascular Disease Benefits, Rationale, Safety, and Prescription An Advisory From the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association. *Circulation*. 2000;101: 828–833.

Powers SK ve Howley ET. Exercise Physiology Theory and Application to Fitness and Performance. 10th ed. McGraw-Hill Education: 2017, 214-220.

Raven PB, Fadel PJ, Ogoh S. Arterial baroreflex resetting during exercise: a current perspective. *Experimental Physiology*. 2006; 91: 37-49.

Rezk CC, Marrache RCB, Tinucci T. Post-resistance exercise hypotension, hemodynamics, and heart rate variability: influence of exercise intensity. *Eur J Appl Physiol*. 2006; 98, 105–112.

Robinson BF, Epstein SE, Beiser GD, Braunwald E. Control of heart rate by the autonomic nervous system: studies in man on the interrelation between baroreceptor mechanisms and exercise. *Circulation Research*. 1966; 19(2): 400-411.

Sammito S ve Böckelmann I. Factors influencing heart rate variability. *International Cardiovascular Forum Journal*. 2016; 6: 18-22.

Sandercock GRH ve Brodie DA. The use of heart rate variability measures to assess autonomic control during exercise. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2006; 16: 302-313.

Scott M, Kenneth GS, Glen DM. Cardiac Autonomic Responses during Exercise and Post-exercise Recovery Using Heart Rate Variability and Systolic Time Intervals—A Review. *Frontiers in Physiology*. 2017; 8: 301.

Seals DR ve Chase PB. Influence of physical training on heart rate variability and baroreflex circulatory control. *Journal of Applied Physiology*. 1989; 66: 1886-1895.

Smirmaul BDPC. Sense of effort and other unpleasant sensations during exercise: clarifying concepts and mechanisms. *British Journal of Sports Medicine* 2012;46: 308-311.

Spaak J, Tomlinson G, McGowan CL, Soleas GJ, Morris BL, Picton P, Floras JS. Dose-related effects of red wine and alcohol on heart rate variability. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 2010; 298(6): 2226-2231.

Spiers JP, Silke B, McDermott U, Shanks RG, Harron DWG. Time and frequency domain assessment of heart rate variability: a theoretical and clinical appreciation. *Clinical Autonomic Research* 1993; 3: 145-158.

Sztajzel J. Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system. *Swiss Med Wkly* 2004;134:514–522.

Tarvainen MP, Niskanen JP, Lipponen JA, Ranta-Aho PO, Karjalainen PA. Kubios HRV–heart rate variability analysis software. *Computer methods and programs in biomedicine*. 2014; 113(1), 210-220.

Teixeira FM, Coelho RM, Proença C. Quality of Life Experienced by Adolescents and Young Adults With Congenital Heart Disease. *Pediatr Cardiol*. 2011; 32, 1132–1138.

Terziotti P, Schena F, Gulli G, Cevese A. Post-exercise recovery of autonomic cardiovascular control: a study by spectrum and cross-spectrum analysis in humans. *European Journal of Applied Physiology*. 2001; 84: 187–194.

Tokçaer AB. Otonom Sinir Sistemi Fonksiyon Testleri: Normal Değerler ve Migren Hastalarındaki Bulgular. G.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Uzmanlık Tezi, 1993, Ankara (Danışman: Prof. Dr. HR Kuruoğlu).

Tulppo MP, Mäkikallio TH, Seppänen T, Laukkanen RT, Huikuri HV. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 1998; 274: 424-429.

Van A, Schouten LGPM, Maan EG, Swenne AC, Kok FJ. Occupational determinants of heart rate variability. *International archives of occupational and environmental health*. 2000; 73(4): 255-262.

Vidotti MHG, Mendes RG, Simões RP, Simões VS, Catai AM, Silva AB. Cardiac autonomic responses during upper versus lower limb resistance exercise in healthy elderly men. *Brazilian Journal of Physical Therapy* 2014; 18: 9-18.

Yıldız, GÜ. Epileptik erişkinlerde antiepileptik tedavinin kalp hızı değışkenliğı üzerine olan etkisi. S.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Uzmanlık Tezi, 2010, Konya (Danışman: Prof. Dr. EA Doğan).

