



**KORONER ARTER HASTALARINDA ÜST VE ALT EKSTREMİTE
MAKSİMAL EGZERSİZ KAPASİTELERİNİN VE TESTLERDEKİ
ARTERİYAL SERTLİK DÜZEYİ, KAS OKSİJENİZASYONU VE ENERJİ
HARCAMASININ KARŞILAŞTIRILMASI**

Naciye SEVİM

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2026

ETİK BEYAN

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

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Naciye SEVİM

03/07/2026

KORONER ARTER HASTALARINDA ÜST VE ALT EKSTREMİTE MAKSİMAL EGZERSİZ
KAPASİTELERİNİN VE TESTLERDEKİ ARTERİYAL SERTLİK DÜZEYİ, KAS
OKSİJENİZASYONU VE ENERJİ HARCAMASININ KARŞILAŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)

Naciye SEVİM

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2026

ÖZET

Koroner arter hastalarında, üst ve alt ekstremitelerde egzersizleri sırasında aktive olan kas gruplarının büyüklüklerinin farklı olması, kardiyak, solunum, dolaşım ve kas-iskelet sistemleri açısından fizyolojik yanıtlara yol açar. Bu farklılıkların değerlendirilmesi, hastaların tedavi planının oluşturulması açısından önemlidir. Çalışmanın amacı, koroner arter hastalarında üst ve alt ekstremitelerde maksimal egzersiz kapasitelerini, testlerdeki arteriyel sertlik düzeylerini, kas oksijenizasyonunu ve enerji harcamasını karşılaştırmaktır. Çapraz geçişli planlanan çalışmaya 30 hasta dahil edildi. Hastaların üst ve alt ekstremitelerde maksimal egzersiz kapasitesi (KPET), testlerdeki kas oksijenizasyonu (NIRS), enerji tüketimi (akselerometre), testler öncesi ve sonrasında arteriyel sertlik düzeyi (arteriyografi) ile solunum kas yorgunluğu (ağız basınç ölçüm cihazı) karşılaştırıldı. Solunum fonksiyonları, solunum ve periferik kas kuvveti ile fiziksel aktivite seviyesi değerlendirildi. Üst ekstremitelerde KPET sırasında MET, VO_2 , VCO_2 , VE, HR, VO_2/HR , tidal volüm, OUES, SKB ve dispne alt ekstremitelere kıyasla daha azdı; HRR, VE/VO_2 , VE/VCO_2 , solunum frekansı, SR ve kol/bacak yorgunluk algısı ise alt ekstremitelere kıyasla daha fazlaydı ($p<0,05$). Üst ve alt ekstremitelerde KPET sırasında RER, AE, SpO_2 , DKB, genel yorgunluk algısı ve solunum kas yorgunluğu benzerdi ($p>0,005$). Üst ekstremitelerde KPET grubunda arteriyel sertlik daha fazlaydı ($p<0,05$). Üst ekstremitelerde KPET'te deltoid kasının ΔSmO_{2maks} ve ΔTHb_{min} 'i daha azdı ($p<0,05$). Üst ekstremitelerde KPET'te solunum kaslarının ΔTHb_{maks} 'ı daha azdı ($p<0,05$). Bulgularımız, koroner arter hastalarında üst ekstremitelerde egzersizinin daha düşük kardiyovasküler ve ventilatuar yük oluşturmaya rağmen arteriyel sertliği artırabildiğini göstermektedir. Ayrıca üst ekstremitelerde KPET sırasındaki nefes darlığı ve göğüs ağrısı sıklığı daha azdı. Üst ekstremitelerde egzersiz eğitiminin bireyselleştirilmiş şiddette, egzersiz sırasında hemodinamik yanıt ve semptomların takibiyle hastaların rehabilitasyon programına eklenmesi güvenlidir.

Bilim Kodu : 10105.04
Anahtar Kelimeler : Koroner arter hastalığı, Kardiyopulmoner egzersiz testi, Arteriyel sertlik
Sayfa Adedi : 119
Danışman : Prof. Dr. Meral BOŞNAK GÜÇLÜ

COMPARISON OF UPPER AND LOWER EXTREMITY MAXIMAL EXERCISE
CAPACITIES AND ARTERIAL STIFFNESS, MUSCLE OXYGENATION, AND
ENERGY EXPENDITURE DURING EXERCISE TESTS IN PATIENTS WITH
CORONARY ARTERY DISEASE

(M. Sc. Thesis)

Naciye SEVİM

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF HEALTH SCIENCES

July 2026

ABSTRACT

In patients with coronary artery disease, upper- and lower-extremity exercise activates different muscle masses and therefore produces distinct cardiac, respiratory, circulatory, and musculoskeletal responses. This study compared maximal exercise capacity, arterial stiffness, muscle oxygenation, and energy expenditure during upper- and lower-extremity exercise testing in patients with coronary artery disease. Thirty patients participated in this crossover study. The patients' upper and lower extremity maximal exercise capacity (CPET), muscle oxygenation during the tests (NIRS), energy consumption (accelerometer), arterial stiffness level before and after the tests (arteriography), and respiratory muscle fatigue (mouth pressure measurement device) were compared. Pulmonary function, physical activity level, respiratory and peripheral muscle strength were also evaluated. During upper-extremity CPET, MET, VO_2 , VCO_2 , VE, HR, VO_2/HR , tidal volume, OUES, systolic blood pressure, and dyspnea were lower than during lower-extremity CPET, whereas HRR, VE/VO_2 , VE/VCO_2 , respiratory frequency, respiratory reserve, and perceived arm/leg fatigue were higher ($p < 0.05$). RER, anaerobic threshold, SpO_2 , diastolic blood pressure, general perceived fatigue, and respiratory muscle fatigue were similar across tests ($p > 0.005$). Arterial stiffness increased more after upper-extremity CPET ($p < 0.05$). During upper-extremity CPET, deltoid $\Delta\text{SmO}_{2\text{max}}$ and $\Delta\text{THb}_{\text{min}}$ were lower, and respiratory muscle $\Delta\text{THb}_{\text{max}}$ was also lower ($p < 0.05$). These findings indicate that upper-extremity exercise produces lower cardiovascular and ventilatory loads but may increase arterial stiffness in coronary artery disease. Hence, dyspnea severity and chest pain frequency were lower during upper-extremity CPET; upper-extremity exercise training may be safely incorporated into rehabilitation programs when appropriately prescribed and monitored for hemodynamic responses and symptoms in routine clinical practice.

Science Code : 10105.04
Key Words : Coronary artery disease, Cardiopulmonary exercise test, Arterial stiffness
Page Number : 119
Supervisor : Prof. Dr. Meral BOŞNAK GÜÇLÜ

TEŞEKKÜR

Akademik hayatımın başından itibaren kendisini örnek aldığım, lisans eğitimim sürecinde verdiği derslerle kardiyopulmoner rehabilitasyonu bana sevdiren ve öğreten, lisansüstü akademik yolculuğum ve tez sürecimde ise akademik bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren, sabır ve anlayışla her zaman yanımda olan, hastalıkta ve sağlıkta desteklerini hep hissettiğim çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Meral BOŞNAK GÜÇLÜ'ye,

Tezimin veri toplama aşamasında hastaların yönlendirilmesi ve medikal takiplerinde desteklerini esirgemeyen hocalarım Prof. Dr. Mehmet Rıdvan YALÇIN, Doç. Dr. Serkan ÜNLÜ ve Dr. Öğr. Üyesi Özden SEÇKİN'e,

Yüksek lisans tez ve akademik sürecimde akademik bilgi ve tecrübeleriyle desteklerini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Nihan KATAYIFÇI'ya,

Tüm akademik ve tez sürecimde bana destek olan, yardımlarını esirgemeyen ve her zorlukta yol gösteren, benim için her zaman bir ekipten daha fazlası olan canım arkadaşlarım Dr. Fzt. Ece BAYTOK, Uzm. Fzt. Betül YOLERİ ve Uzm. Fzt. Aslınur ÇAKIR'a, bu süreçte bana destek olan çalışma arkadaşlarım Dr. Fzt. Musa GÜNEŞ, Uzm. Fzt. Gülsüm SERTTAŞ GÜVEN, Uzm. Fzt. Ayşenur GÜVENİR, Uzm. Fzt. Beyza Nur ÖYMEZ, Uzm. Fzt. Riad BEJTA ve Uzm. Fzt. Şeyma MUTLU KAYAARSLAN'a,

Hayatım boyunca bana güç veren, sevgileriyle her zaman yanımda olduklarını hissettiren, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, her zorlukta beni cesaretlendiren, bugünlere gelmemi sağlayan en büyük destekçilerim, fedakâr anneme, canım babama ve canımın içi abime en içten duygularla teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Tanım	5
2.2. Epidemiyoloji	5
2.3. Etiyoloji	5
2.4. Patofizyoloji	7
2.4.1. Yağlı çizgilenme.....	7
2.4.2. Plak oluşumu.....	7
2.4.3. Plak rüptürü.....	8
2.4.4. Trombüs oluşumu	8
2.5. Klinik Bulgular	8
2.6. Tanı	8
2.6.1. Serum bileşen analizi	9
2.6.2. Elektrokardiyografi.....	9
2.6.3. Ekokardiyografi	10
2.6.4. Stres testi.....	10
2.6.5. Koroner bilgisayarlı tomografi	10

	Sayfa
2.6.6. Girişimsel koroner anjiyografi.....	11
2.7. Tedavi	11
2.7.1. Medikal tedavi	12
2.7.2. Revaskülarizasyon tedavisi.....	14
2.7.3. Kardiyak rehabilitasyon.....	15
2.8. Koroner Arter Hastalığı ve Solunum Fonksiyonları.....	16
2.9. Koroner Arter Hastalığı ve Solunum Kas Kuvveti.....	17
2.10. Egzersiz ve Solunum Kas Yorgunluğu	18
2.11. Koroner Arter Hastalığı ve Egzersiz Kapasitesi	18
2.12. Koroner Arter Hastalığı ve Arteriyel Sertlik	22
2.12.1 Egzersiz ve arteriyel sertlik.....	23
2.13. Koroner Arter Hastalığı ve Kas Oksijenizasyonu	24
2.14. Koroner Arter Hastalığı ve Enerji Tüketimi	25
2.14.1. Egzersiz ve enerji tüketimi	25
2.15. Koroner Arter Hastalığı ve Periferik Kas Kuvveti	26
2.16. Koroner Arter Hastalığı ve Fiziksel Aktivite.....	26
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	29
3.1. Bireyler.....	29
3.1.1. İşleme ölçütleri	29
3.1.2. Dışlama ölçütleri.....	29
3.2. Yöntem	30
3.2.1. Bireylerin değerlendirilmesi	31
3.2.2. Kardiyovasküler hastalık riskinin değerlendirilmesi	32
3.2.3. Charlson komorbidite indeksi.....	32
3.2.4. Solunum fonksiyonlarının değerlendirilmesi.....	32
3.2.5. Solunum kas kuvvetinin değerlendirilmesi	33

	Sayfa
3.2.6. Solunum kas yorgunluğunun değerlendirilmesi	34
3.2.7. Maksimal egzersiz kapasitesinin değerlendirilmesi	34
3.2.8. Nefes darlığı, genel vücut ve ektremite yorgunluk algısının değerlendirilmesi.....	36
3.2.9. Arteriyel sertlik düzeyinin değerlendirilmesi	36
3.2.10. Kas oksijenizasyonunun değerlendirilmesi	37
3.2.11. Enerji harcamasının değerlendirilmesi	38
3.2.12. Periferik kas kuvvetinin değerlendirilmesi	38
3.2.13. Fiziksel aktivite seviyesinin değerlendirilmesi.....	39
3.3. İstatistiksel Analiz	39
4. BULGULAR	41
5. TARTIŞMA.....	59
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	87
KAYNAKLAR.....	92
EKLER.....	115
EK-1. Etik Komisyon Onay Belgesi.....	116
EK-2. Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu	117
ÖZGEÇMİŞ	119

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. KAH Gelişiminde Etki Olan Temel Risk Faktörleri [5, 33, 34]	6
Çizelge 3.1. Solunum kas kuvveti için Lista-paz ve arkadaşlarının referans eşitlikleri .	34
Çizelge 3.2. Periferik kas kuvveti için Bohannon ve arkadaşlarının referans eşitlikleri	38
Çizelge 4.1. Koroner arter hastalarının demografik özellikleri	42
Çizelge 4.2. Koroner arter hastalarının cinsiyet dağılımları	42
Çizelge 4.3. Koroner arter hastalarının sigara öyküleri	42
Çizelge 4.4. Koroner arter hastalarının sigara maruziyetleri	42
Çizelge 4.5. Koroner arter hastalarının komorbidite ve oranları	43
Çizelge 4.6 Koroner arter hastalarının ‘Charlson Komorbidite İndeksi’ puanları ve risk sınıflaması.....	43
Çizelge 4.7. Koroner arter hastalarının kullandığı ilaçlar	44
Çizelge 4.8. Koroner arter hastalığının sınıflaması.....	44
Çizelge 4.9. Koroner arter hastalarının ‘Framingham Risk Modeli’ puanları, yüzdeleri ve sınıflaması	44
Çizelge 4.10. Koroner arter hastalarının solunum fonksiyon testi sonuçları.....	45
Çizelge 4.11. Koroner arter hastalarının solunum kas kuvveti değerleri	46
Çizelge 4.12. Koroner arter hastalarının üst ve alt ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testi öncesi ile sonrası solunum kas yorgunluğu değerlerinin karşılaştırılması.....	46
Çizelge 4.13. Koroner arter hastalarının istirahat sırasındaki üst ve alt ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testi sonuçlarının karşılaştırılması	48
Çizelge 4.14. Koroner arter hastalarının üst ve alt ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testi sonuçlarının karşılaştırılması (devamı).....	49
Çizelge 4.15. Koroner arter hastalarının üst ve alt ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testi öncesi ile sonrası arteriyel sertlik değerlerinin karşılaştırılması.....	51

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.16. Koroner arter hastalarının üst ve alt ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testi sırasındaki deltoid kas oksijenizasyonu ve hemoglobin değerlerinin karşılaştırılması	53
Çizelge 4.17 Koroner arter hastalarının üst ve alt ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testi sırasındaki quadriceps femoris kas oksijenizasyonu ve hemoglobin değerlerinin karşılaştırılması	54
Çizelge 4.18. Koroner arter hastalarının üst ve alt ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testi sırasındaki solunum kas oksijenizasyonu ve hemoglobin değerlerinin karşılaştırılması	55
Çizelge 4.19. Koroner arter hastalarının üst ve alt ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testi sırasındaki enerji tüketimlerinin karşılaştırılması.....	55
Çizelge 4.20. Koroner arter hastalarının periferik kas kuvveti değerleri	56
Çizelge 4.21. Koroner arter hastalarının fiziksel aktivite düzeyleri	57
Çizelge 4.22. Koroner arter hastalarının ortalama MET ve günlük adım sayısına göre fiziksel aktivite seviyesi sınıflaması	57

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Fick İlkesi Şeması.....	19
Şekil 3.1. Koroner Arter Hastalarının Değerlendirme Şeması.....	30
Şekil 4.1. Çalışmanın “STROBE” akış şeması.....	41
Şekil 4.2. Üst ve alt ekstremitte KPET gruplarının test öncesi ve sonrası MIP değerlerinin karşılaştırılması	46
Şekil 4.3. Üst ve alt ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testi VO_2 kg (ml/dk/kg) ve HR (atım/dk) değerlerinin karşılaştırılması.....	50
Şekil 4.4. Üst ve alt ekstremitte KPET gruplarının test öncesi ve sonrası aortik $AIx@75$ (%) ve PWV (m/sn) değerlerinin karşılaştırılması	52
Şekil 4.5. Üst ve alt ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testi sırasındaki toplam enerji harcaması (Kkcal/gün) ve ortalama MET (MET/gün) değerlerinin karşılaştırılması.....	56

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılan simgeler ve kısaltmalar, açıklamalarıyla birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
%	Yüzde
%95CI	%95 Güven Aralığı
Δ	Test Bitiş ve Başlangıç Fark Değerleri
<	Küçük
>	Büyük
$\leq$	Küçük Eşit
$\geq$	Büyük Eşit
°C	Santigrat Derece
cm	Santimetre
cmH ₂ O	Santimetre Su
dk	Dakika
dl	Desilitre
g	Gram
g/dl	Gram/Desilitre
Kkcal	Kilo Kalori
IQR	Çeyrekler Arası Açıklık
μ M	Mikromolar
kg	Kilogram
kg/m ²	Kilogram/Metrekaare
ml	Mililitre
ml/dk	Mililitre/Dakika
ml/dk/kg	Mililitre/Dakika/Kilogram
L	Litre
l/dk	Litre/Dakika
m	Metre
sn	Saniye
m/sn	Metre/Saniye

Simgeler**Açıklamalar**

mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
mmHg	Milimetre Civa
msn	Milisaniye
n	Birey Sayısı
N	Newton
D	Dominant Taraf
ND	Non-Dominant Taraf
p	İstatistiksel Yanılma Olasılığı
sn	Saniye
X±SS	Ortalama±Standart Sapma

Kısaltmalar**Açıklamalar**

ACC	Amerikan Kardiyoloji Koleji
ACCP	Amerikan Göğüs Hastalıkları Uzmanları Koleji
ACE	Anjiyotensin Dönüştürücü Enzim
AHA	American Heart Association (Amerikan Kalp Birliği)
AIx	Augmentation Index (Agmentasyon İndeksi)
ATS	American Thoracic Society (Amerikan Toraks Derneği)
BKİ	Beden Kütle İndeksi
CK	Kreatin Kinaz
DE	Delta Enerji Verimliliği
DKB	Diyastolik Kan Basıncı
DLCO	Carbonmonoxide Diffusion Capacity (Karbonmonoksit Difüzyon Kapasitesi)
EKG	Elektrokardiyografi
ERS	European Respiratory Society (Avrupa Solunum Derneği)
FEF%25-75	Force Expiratory Flow of 25-75% (Zorlu Ekspirasyon Ortası Akım Hızı %25-75)

Kısaltmalar	Açıklamalar
FEV₁	Force Expiratory Volume in The First Second (Zorlu Ekspirasyonun Birinci Saniyesinde Çıkarılan Hava Hacmi)
FEV₁/FVC	Force Expiratory Volume in The First Second/Force Vital Capacity (Zorlu Ekspirasyonun Birinci Saniyesinde Çıkarılan Hava Hacminin Zorlu Vital Kapasiteye Oranı)
FVC	Forced Vital Capacity (Zorlu Vital Kapasite)
GE	Genel Enerji Verimliliği
HDL	Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein
HR	Heart Rate (Kalp Hızı)
HRR	Heart Rate Reserve (Kalp Hızı Rezervi)
İAH	İnterstisyel Akciğer Hastalığı
KABG	Koroner Arter By-Pass Greft Cerrahisi
KAH	Koroner Arter Hastalığı
KOAH	Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı
LDL	Düşük Yoğunluklu Lipoprotein
M. Borg ölçeği	Modifiye Borg Ölçeği
MAP	Mean Arterial Pressure (Ortalama Arteriyel Basınç)
MEP	Maximal Expiratory Pressure (Maksimal Ekspiratuar Basınç)
MET	Metabolik Eş Değer
MI	Miyokard Enfarktüsü
MIP	Maximal Inspiratory Pressure (Maksimal İnspiratuar Basınç)
NE	Net Enerji Verimliliği
NIRS	Near-Infrared Spectroscopy (Yakın Kızıl Ötesi Spektroskopisi)
NO	Nitrik Oksit
Ort. fark	Ortalama Fark
OUES	Oksijen Alım Verimliliği Eğimi
PEF	Peak Expiratory Flow (Tepe Ekspiratuar Akım Hızı)
PETCO₂	Soluk Sonu Karbondioksit Basıncı

Kısaltmalar	Açıklamalar
PETO₂	Soluk Sonu Oksijen Basıncı
PP	Pulse Pressure (Nabız Basıncı)
PWV	Pulse Wave Velocity (Nabız Dalga Hızı)
RER	Respiratory Exchange Ratio (Solunum Değişim Oranı)
SF	Solunum Frekansı
SKB	Sistolik Kan Basıncı
SmO₂	Kas Oksijen Satürasyonu
SmO₂istirahat	İstirahat Kas Oksijen Satürasyonu
SpO₂	Oksijen Satürasyonu
SR	Solunum Rezervi
SS	Standart Sapma
THb	Toplam Hemoglobin Seviyesi
THbistirahat	İstirahat Toplam Hemoglobin Seviyesi
U	Mann Whitney U Testi
VCO₂	Karbondioksit Tüketimi
VE	Dakika Ventilasyon Volümü
VE/VCO₂	Ventilasyonun Karbondioksite Oranı
VE/VO₂	Ventilasyonun Oksijene Oranı
VO₂	Oksijen Tüketimi
VO₂/HR	Oksijen Nabızı
VO₂kg	Kilogram Başına Oksijen Tüketimi
VO₂maks	Maksimum Oksijen Tüketimi
VO₂zirve	Zirve Oksijen Tüketimi
WE	İş Verimliliği
ΔSmO₂maks	Test Sırasındaki Maksimum ve İstirahat Kas Oksijen Satürasyonu Farkı
ΔSmO₂min	Test Sırasındaki Minimum ve İstirahat Kas Oksijen Satürasyonu Farkı
ΔSmO₂ort-maks	Test Sırasındaki Maksimum Ortalama ve İstirahat Ortalama Kas Oksijen Satürasyonu Farkı

Kısaltmalar**Açıklamalar** **$\Delta\text{SmO}_{2\text{ort-min}}$**

Test Sırasındaki Minimum Ortalama ve İstirahat Ortalama
Kas Oksijen Satürasyonu Farkı

 $\Delta\text{SmO}_{2\text{top}}$

Test Sonrası Birinci Dakika ve İstirahat Kas Oksijen
Satürasyonu Farkı

 $\Delta\text{SmO}_{2\text{top-ort}}$

Test Sonrası Birinci Dakika Ortalama ve İstirahat
Ortalama Kas Oksijen Satürasyonu Farkı

 $\Delta\text{Thb}_{\text{maks}}$

Test Sırasındaki Maksimum ve İstirahat Toplam
Hemoglobin Seviyesi Farkı

 $\Delta\text{Thb}_{\text{min}}$

Test Sırasındaki Minimum ve İstirahat Toplam
Hemoglobin Seviyesi Farkı

 $\Delta\text{Thb}_{\text{top}}$

Test Sonrası Birinci Dakika ve İstirahat Toplam
Hemoglobin Seviyesi Farkı

1. GİRİŞ

Koroner arter hastalığı, kalbi besleyen koroner damarlarda aterosklerozis sonucu damar lümeninin daralmasına ve elastikiyetinin azalmasına neden olan, kronik ve yaşla birlikte ilerleyen bir hastalıktır [1, 2]. Koroner arter hastalığı, yıllık 10 milyondan fazla ölümün nedeni olan kardiyovasküler hastalıklar arasında en sık görülenidir [3]. Hastalığın ortaya çıkmasında etkili olan çeşitli etkenler vardır. Bu etkenler genel olarak değiştirilebilir ve değiştirilemez olmak üzere iki alt başlığa ayrılmıştır [1]. Yaş, cinsiyet, aile öyküsü ve genetik faktörler hastalığın gelişmesine neden olan değiştirilemez faktörlerdendir; hipertansiyon, diyabetes mellitus ve hiperlipidemi hastalık öyküsünün bulunması, sedanter yaşam tarzının benimsenmesi, obezite, psikososyal faktörler, sigara ve alkol kullanımı ise değiştirilebilir risk faktörlerindendir [4, 5].

Koroner arter hastalığında arteriyel kan dolaşımının bozulması ve kalbe yeterli kan desteği sağlanamaması nedeniyle hem istirahat hem de aktivite sırasında göğüs ağrısı, nefes darlığı ve yorgunluk semptomları oluşabilmektedir [6, 7]. Özellikle hastalar, göğüs ağrısı oluşmasını fiziksel aktiviteye katılım göstermeyerek sedanter bir yaşam tarzını benimsemektedir [8]. Bu durum, egzersiz intoleransına ve dolayısıyla egzersiz kapasitesinde azalmaya yol açmaktadır [9]. Koroner arter hastalığında kardiyak, vasküler, periferik ve solunum sistemiyle ilişkili birçok faktör nedeniyle egzersiz intoleransı görülmektedir [10]. Bu durum, hastaların yaşam kalitesini kötüleştirmekle birlikte morbidite ve mortalite riskinin artmasına da neden olmaktadır [11]. Ayrıca egzersiz kapasitesinin değerlendirilmesi hem hastalık progresyonunun takibi hem de rehabilitasyon etkinliğinin izlenmesi açısından oldukça önemlidir [11].

Literatürde, koroner arter hastalarının egzersiz kapasitesinin değerlendirilmesinde genellikle alt ekstremitenin aktif olduğu alt ekstremitelik egzersiz testlerinin kullanıldığı, ancak üst ekstremitenin aktif olduğu üst ekstremitelik egzersiz testleriyle değerlendirilmediği görülmektedir [12-14]. Fizyolojik olarak, alt ve üst ekstremitelik egzersizlerinde aktive olan kas gruplarının farklı büyüklükte olması egzersiz testleri sırasında kardiyak, solunum, dolaşım ve kas sistemlerinin egzersize verdiği farklı fizyolojik yanıtlar hakkında bilgi sağlar [15, 16]. Üst ekstremitelik egzersizleri sırasında aktive olan kas grubu daha küçük olduğu için, alt ekstremitelik ile karşılaştırıldığında üst ekstremitelik egzersizleri daha az metabolik talep dolayısıyla daha az kardiyak iş yüküne neden olur [17].

Koroner arter hastalığında büyük çaplı arterlerin ve vasküler yatağın elastikiyetini kaybetmesi sonucu oluşan arteriyel sertlik, kalp kasının oksijen ihtiyacı ile kalp kasına sağlanan oksijen miktarı arasında dengesizliğe yol açmaktadır [18]. Ayrıca koroner arter hastalığı arteriyel sertliğin oluşmasına yol açtığı gibi , arteriyel sertlik de koroner arter hastalığının oluşmasında etkili olan patofizyolojik mekanizmalardan bir tanesidir [19]. Aerobik egzersizin uzun dönemde arteriyel sertlik üzerinde azaltıcı etkisi olduğunu inceleyen sistematik derleme raporu [20] bulunmasına rağmen, akut egzersizin arteriyel sertlik üzerindeki etkisi konusunda fikir birliği yoktur [21]. Bu nedenle, farklı egzersizlerin arteriyel sertlik üzerindeki akut etkisinin araştırılması, literatüre katkı sağlamasının yanı sıra koroner arter hastalığının yönetimi açısından da oldukça önemlidir.

Egzersiz sırasında kas dokusunun kas oksijen saturasyonu ile toplam hemoglobinin parametrelerindeki değişikliklerin ölçülmesi periferik dokuların oksijen kullanımı ve dokulara olan kan akımındaki yetersizlikler hakkında bilgi sağlamaktadır [22]. Ayrıca bu parametrelerin, kas dokusunun egzersiz müdahalesine verdiği yanıtların da değerlendirilmesi açısından önemli olduğu değerlendirilmektedir [22].

Üst ve alt ekstremitelerde kardiyopulmoner egzersiz testi sırasında zirve oksijen tüketimi, kalp hızı, kalp hızı rezervi, oksijen nabızı, dakika ventilasyonu, solunum rezervi ve oksijen alım verimliliği eğimi gibi fizyolojik parametrelerin karşılaştırılması, hangi egzersiz testinin ve egzersiz modalitesinin koroner arter hastalarında daha uygun olacağının belirlenmesi açısından önem taşımaktadır.

Literatürde, koroner arter hastalarının üst ve alt ekstremitelerde egzersiz testlerindeki arteriyel sertlik düzeyi, kas oksijenizasyonu, enerji harcaması ve solunum kas yorgunluğu karşılaştırılan çalışmalara rastlanmamıştır.

Çalışmamızın amacı, koroner arter hastalarında üst ve alt ekstremitelerde maksimal egzersiz kapasitesinin, üst ve alt ekstremitelerde egzersiz testlerindeki arteriyel sertlik düzeyi, kas oksijenizasyonu, enerji harcaması, solunum kas yorgunluğu, dispne, genel vücut ve ekstremitelerde yorgunluk algısının karşılaştırılmasıdır.

Çalışmanın hipotezleri

H_0 : Koroner arter hastalarında üst ve alt ekstremitelerde maksimal egzersiz kapasitesi, üst ve alt ekstremitelerde egzersiz testlerindeki arteriyel sertlik düzeyi, kas oksijenizasyonu, enerji harcaması, solunum kas yorgunluğu, dispne, genel vücut ve ekstremitelerde yorgunluk algısı arasında fark yoktur.

H_1 : Koroner arter hastalarında üst ve alt ekstremitelerde maksimal egzersiz kapasitesi, üst ve alt ekstremitelerde egzersiz testlerindeki arteriyel sertlik düzeyi, kas oksijenizasyonu, enerji harcaması, solunum kas yorgunluğu, dispne, genel vücut ve ekstremitelerde yorgunluk algısı arasında fark vardır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Tanım

Kardiyovasküler hastalıklar, yıllık 10 milyondan fazla ölümle dünya çapında ölümlerin başlıca nedenlerindendir [3]. Kardiyovasküler hastalıklar arasında en yaygın görüleni ise koroner arter hastalığıdır (KAH) [23] ve bu hastalık yirminci yüzyılın başlarında kalbi besleyen koroner damarlarda trombotik süreçler sonucu meydana gelen kronik ve ilerleyici bir klinik durum olarak tanımlanmıştır [24, 25]. Koroner arterlerde ateroskleroz, damar lümeninin daralmasına ve elastikiyetinin azalmasına neden olur. Bunun sonucunda kalp kasına yeterli kan akışının sağlanamamasıyla göğüs ağrısı, nefes darlığı ve yorgunluk semptomları ortaya çıkar [6].

2.2. Epidemiyoloji

KAH, kardiyovasküler hastalıklar içinde en yüksek ölüm oranına sahiptir [3]. Hastalığın görülme sıklığı gelişmiş ülkelerde azalmış olmasına rağmen, yaşlanma ve iç-dış göç kaynaklı olarak koroner arter hastalığının görülme sıklığının artabileceği belirtilmektedir. Halihazırda gelişmekte olan ülkelerde ise düzensiz beslenme alışkanlıkları ve sedanter yaşam tarzının benimsenmesi nedeniyle KAH'ın görülme sıklığında belirgin bir artış olacağı tahmin edilmektedir [26]. Amerikan Kalp Birliği (AHA) tarafından yürütülen ulusal sağlık anketine göre 2009-2012 yılları arasında 15,5 milyon KAH tanılı birey olduğu; günümüzde ise [2] KAH'ın görülme sıklığı, cinsiyete bağlı olmaksızın, toplumdaki bireylerin yaşları ilerledikçe artmaktadır [26]. Fransa'da geniş çaplı bir epidemiyolojik çalışmada, 45-65 yaş arasındaki bireylerde KAH görülme oranının %1, 75-84 yaş arasındaki bireylerde ise %4 olduğu raporlanmıştır [27]. Türkiye'de 80 yaş ve üzerindeki bireylerde kardiyovasküler hastalık prevalansını araştırmak amacıyla yapılan çok merkezli epidemiyolojik çalışmada, 80 yaşın üzerindeki 5694 kişide KAH prevalansının %44,7 olduğu belirtilmiştir [28].

2.3. Etiyoloji

KAH'ın etiyolojisinde birçok faktör etkilidir. Bunlar genel olarak değiştirilebilen ve değiştirilemeyen risk faktörleri olmak üzere iki alt başlığa ayrılmıştır [29]. Yaş, cinsiyet, aile öyküsü ve genetik faktörler KAH'ın oluşmasına neden olan değiştirilemeyen risk

faktörleridir. Hastalığın ortaya çıkışı ve ilerlemesi açısından yaş ve cinsiyet önemli risk faktörleridir [4]. Yaş ilerledikçe kadınlara kıyasla erkek bireylerde KAH görülme riski artmaktadır. 50 yaşının altındaki bireylerde KAH oluşma riski erkeklerde %50, kadınlarda %33 oranında olmakla birlikte, 50 yaşın üzerinde hem kadınlarda hem de erkeklerde bu oran %96'ya çıkmaktadır [30]. Buna ek olarak, ailede kardiyovasküler hastalık öyküsünün olması gelecekte KAH gelişme riskini artırmaktadır [31]. Ancak KAH'ın genetik patogenezi kapsamlı bir şekilde araştırılmasına rağmen hastalığa yol açan genetik faktörler net bir şekilde açıklanamamıştır [4].

Hipertansiyon ve hiperlipidemi hastalık öyküsünün bulunması, obezite, sigara ve alkol kullanımı ile psikososyal değişkenler KAH gelişmesinde etkili olan değiştirilebilen risk faktörleri arasındadır [5]. Düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) seviyesinin artması KAH gelişme riskini artırırken, yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) seviyesinin artması bu riski azaltmaktadır [26]. Bu nedenle hiperlipidemi KAH açısından göz ardı edilemeyecek kadar önemli bir risk faktörüdür. Yapılan çalışmalarda obezite ile KAH'ın ilişkili olduğu ve beden kütle indeksi (BKİ) 30 kg/m²'nin üzerinde olan bireylerde kardiyovasküler hastalıkların daha yaygın olduğu belirtilmektedir [32].

Çizelge 2.1. KAH Gelişiminde Etki Olan Temel Risk Faktörleri [5, 33, 34]

Risk Faktörleri	
Değiştirilemeyen Risk Faktörleri	– İleri yaş
	– Cinsiyet
	– Genetik yatkınlık
	– Aile öyküsü
Değiştirilebilen Risk Faktörleri	– Sigara kullanımı
	– Hiperlipidemi (Kan lipid profili bozuklukları)
	– Hipertansiyon
	– Diyabetes mellitus
	– Obezite
	– Sedanter yaşam tarzının benimsenmesi
Yeni Tanımlanan Risk Faktörleri	– Kronik stres ve A-Tipi kişilik yapısı
	– Yüksek C-Reaktif protein düzeyi
	– Yüksek hiperhomosistein düzeyi

2.4. Patofizyoloji

KAH patofizyolojik olarak kalbi besleyen koroner damarlarda ateroskleroza bağı olarak gelişmektedir. Ateroskleroz sürecinin gelişmesinde vasküler endotelial disfonksiyon önemli bir rol oynar [35]. Koroner arterler en içte intima, ortada media ve en dışta endotelium olmak üzere üç tabakadan meydana gelmektedir [36]. Vasküler endotelium, kalpten kapiller damarlara kadar tüm dolaşım sistemi boyunca bulunan aktif bir yapıdır [37]. Vasküler tonusun düzenlenmesini, hücre duvarının yenilenmesini ve vazodilatör maddelerin üretilmesini sağlayan, tek sıra endotel hücrelerinden oluşan seçici geçirgen özellikteki yapı, fiziksel, kimyasal ve immün sistem kaynaklı patolojik faktörlerin etkisiyle hasar görmektedir. Vasküler endotelial disfonksiyon olarak tanımlanan bu patofizyolojik durumda, endotelium görevlerini yerine getirememekte ve ateroskleroz sürecinin başlamasına neden olmaktadır [38]. Yaşamın erken dönemlerinde başlayıp yaşla birlikte ilerleyen ateroskleroz, orta ve büyük çaplı koroner arterlerin intima tabakasındaki endoteliumun görevini yerine getirememesi sonucunda yağlı çizgilenme, plak oluşumu, plak rüptürü ve trombozis aşamalarından oluşan kronik bir süreçtir [39].

2.4.1. Yağlı çizgilenme

KAH'ta endoteliumun görevini yerine getirememesiyle plazmada bulunan LDL, makrofaj ve T hücreleri endoteliumdan kolayca geçerek hücre içine girer. Fagositoz yaparak patolojik molekülleri parçalayan makrofaj hücreleri LDL moleküllerini parçalayamaz. Ancak damar lümenine geçen LDL molekülleri oksitlenerek modifiye olduklarından, makrofajlar tarafından parçalanarak köpüksü hücreler oluştururlar. Damar içerisinde giderek çoğalan köpüksü hücrelerin birikimi sonucu ateroskleroz sürecinin en erken belirtisi olan damar lümeninde yağlı çizgilenme oluşmaktadır [40] .

2.4.2. Plak oluşumu

Ateroskleroz sürecinde intima tabakasındaki yağlı çizgilenmenin zamanla artmasıyla damar lümeninde aterom plakları oluşur. Aterom plak oluşumunu takiben düz kas hücrelerinin intima tabakasına göç etmesi ve damar lümeninde ekstraselüler matriks birikimiyle aterom plak kalsifiye olup fibröz plak oluşumuna yol açar [41].

2.4.3. Plak rüptürü

Makroskopik olarak bakıldığında, beyaz renkli görünen fibröz plak içerik olarak LDL, makrofaj, köpük hücreleri ve düz kas hücrelerinden oluşmaktadır. Ateroskleroz sürecinde metalloproteinaz gibi katabolik etkisi olan enzimlerin kontrolsüz aktiviteleri nedeniyle ince kapsülle çevrili fibröz plak, yırtılmaya yatkın hale gelmektedir [42].

2.4.4. Trombüs oluşumu

Nedeni tam olarak bilinmemekle birlikte, makrofaj kalsifikasyonu, metalloproteinaz enzim aktivitesi ve damar lümenindeki inflamasyonun etkisiyle gerçekleştiği düşünülen plak rüptürü, koroner arterlerde kan akışını engellemektedir [42]. Bu durum miyokardiyal oksijen talebi ile vücut tarafından sağlanan oksijen arzı arasında dengesizliğe sebep olur [43].

2.5. Klinik Bulgular

Koroner arter hastalığının en yaygın klinik belirtisi göğüs ağrısıdır. Anjina pektoris olarak adlandırılan göğüs ağrısı genellikle sternum arkasından başlar; sol kol, çene, diş ve kulak gibi bölgelere yansıyan bir ağrı karakteri gösterir [26]. Ayrıca hastalarda nefes darlığı, bulantı, baş dönmesi ve yorgunluk belirtileri de görülmektedir [26].

KAH'ta arteriyel kan dolaşımının bozulmasıyla hem istirahat hem de aktivite sırasında klinik bulgular ortaya çıkmaktadır. Özellikle de hastalarda klinik bulguların ortaya çıkmasından korkmaları nedeniyle kinezyofobi gelişmektedir. Dolayısıyla hastalar sedanter bir yaşam tarzını benimsemektedir [8]. Bu durum hastaların egzersiz kapasitesinin azalmasına neden olarak egzersiz intoleransına yol açmaktadır [44].

2.6. Tanı

KAH'ı tanılamak için birçok yöntem kullanılmaktadır. Literatürde bu amaçla kullanılan yöntemler girişimsel ve girişimsel olmayan tanı testleri olarak sınıflandırıldığı gibi, aynı zamanda fonksiyonel ve anatomik tanı testleri olarak da sınıflandırılmaktadır [45-47]. KAH'ın tanılanmasında serum bileşen analizi, elektrokardiyografi, ekokardiyografi, stres testi, bilgisayarlı tomografi, koroner anjiyografi ve invaziv koroner anjiyografi yöntemleri kullanılmaktadır [26].

2.6.1. Serum bileşen analizi

KAH'ın hem tanınmasında hem de uygulanan tedavilere vücut yanıtının değerlendirilmesinde serum bileşen analizi yapılmaktadır. Miyokard enfarktüsü (MI) gibi akut gelişen klinik tablolarda kreatin kinaz (CK), troponin-T ve troponin-I gibi kardiyak enzimlerin metabolik paneldeki düzeyleri artmaktadır [26].

Miyokard hasarının en iyi göstergesi olan troponin-T ve troponin-I enzimlerinin serum konsantrasyonları MI'dan 2-3 saat sonra artmaya başlar ve ilk 24 saatte en yüksek seviyeye ulaşır [48]. Ancak bu enzimlerin metabolik paneldeki seviyeleri stabil atriyal fibrilasyon veya kronik böbrek hastalıklarında da yükselebilmektedir [49]. Bu nedenle doğru tanılama için akut iskemik olay şüphesi olan bir hastada saptanan ilk enzim yüksekliğinden 2-3 saat sonra kardiyak enzim seviyesi kontrol edilmelidir. Bu kontrollerde özellikle troponinlerin serum konsantrasyonlarının normalin 1,5 katı ve üzerinde olması durumunda miyokard hasarı düşünülmektedir [48]. CK enziminin de kardiyomiyosit nekrozu sonucunda miyokard hasarı ile serum konsantrasyonu yükselmektedir. CK-BB, CK-MM ve CK-MB olmak üzere üç farklı izoforma sahip olan enzimin CK-MB izoformunun serum konsantrasyonu miyokard hasarı sonrasındaki 3-12 saat içerisinde artmaya başlayıp ilk 24 saatte en yüksek seviyeye ulaşmaktadır [50].

2.6.2. Elektrokardiyografi

KAH'ın tanısında ilk basamak tanı yöntemi elektrokardiyografidir (EKG) [26]. 12 derivasyon yardımıyla çekilen elektrokardiyografi, kalbin anatomisi ve fizyolojisi hakkında bilgi verir. Çekilen bir EKG kaydında kalbin elektriksel aksisi, hızı ve ritmi yorumlanarak akut ve/veya kronik olaylar tespit edilebilmektedir [26]. Akut miyokardiyal iskemi durumlarında EKG trasesinde ST segmenti ve T dalga değişiklikleri saptanır. İskemi şiddetinin ilerlemesiyle, koroner arterler tarafından beslenen miyokardın gösterdiği derivasyonlarda ST segmenti, ardışık iki derivasyonda J noktasını da dahil ederek yükselmektedir. Bahsedilen ST segmenti değişikliği yaşa ve cinsiyete göre değişiklik göstermektedir. 40 yaşın üzerindeki erkek bireylerde 2 mm ve 40 yaş altındaki erkek bireylerde 2,5 mm, kadınlarda ise yaşa bakılmaksızın 1,5 mm olarak belirlenmiştir [51, 52]. Kronik durumlarda ise EKG'deki elektriksel aksis sapmalarının, dal bloklarının ve/veya ventriküler hipertrofinin saptanmasını sağlamaktadır [26].

2.6.3. Ekokardiyografi

Temel kardiyak ultrasonografi prensibiyle yapılan ekokardiyografi aracılığıyla kalbin duvar hareketleri, kalp kapak yetmezliği ve darlıkları, kalbin boşlukları ile ejeksiyon/fraksiyon oranı değerlendirilmektedir [26]. Tanı için tek başına yeterli olmamasına rağmen, ekokardiyografi koroner arter hastalığının tanınmasına yardımcı bir yöntemdir [26].

2.6.4. Stres testi

KAH'ın tanısında kullanılan stres testi girişimsel olmayan fonksiyonel bir testtir. Bu test, egzersiz veya dobutamin gibi vazodilatasyon etkisi olan farmakolojik ilaç kullanımı ile kalp ve vasküler sistem üzerinde stres oluşturarak miyokardiyal iskeminin tespit edilmesini sağlar [45, 47]. Girişimsel olmayan stres testinin türü, hastanın klinik durumu ve mevcut imkânlar göz önünde bulundurularak yönlendiren kardiyoloji uzmanı tarafından kararlaştırılmasına rağmen, egzersiz stres testi iskeminin tanınmasında ve göğüs ağrısı olan bir hastada akut kardiyak olay gelişme riskinin belirlenmesinde en yaygın kullanılan yöntemdir [53]. Egzersiz stres testi Amerikan Kardiyoloji Koleji (ACC) ve AHA'ya göre düşük riskli hastalarda miyokardiyal iskemi tanısını dışlamak ve bilinen KAH tanısı olmayan orta derece riskli hastaların değerlendirilmesinde birincil basamak yöntemidir [54]. Egzersiz stres testinde, hastaları maksimum kalp hızının en az %85'ine ulaştırmak amacıyla test şiddetinin kademeli olarak arttığı protokoller kullanılmaktadır [55]. Test sırasında kan basıncı ölçümünün yanı sıra sürekli EKG takibi yapılarak sinüs taşikardisi, ST segment değişiklikleri, aritmi gibi miyokardiyal iskemi düşündüren bulguların takibi yapılır [56]. Test sırasında ST segment elevasyonu, ST segment depresyonu, ventriküler aritmi veya göğüs ağrısı oluşması durumunda test durdurulur [55].

2.6.5. Koroner bilgisayarlı tomografi

Koroner bilgisayarlı tomografi girişimsel olmayan ancak tanı açısından anatomik görüntüleme sağlayan bir yöntemdir. Bu yöntem, koroner arter kalsiyum skorlaması ve bilgisayarlı tomografi koroner arter anjiyografisi olmak üzere iki ayrı tanı modalitesinden oluşmaktadır [26].

Bilgisayarlı tomografi koroner arter anjiyografisi koroner arterleri doğrudan görselleştirmektedir. Kontrast maddesi kullanımıyla gerçekleştirilen bu tanısal modalite, damar lümenindeki aterosklerozun bulunduğu yeri ve miktarını, kalsifiye olma durumuna bağlı olarak kardiyovasküler hastalık riskini ortaya koymaktadır. [56]. ACC/AHA, stabil göğüs ağrısı olan ve bilinen KAH tanısı olmayan, orta-yüksek hastalık riski taşıyan bireylerin bilgisayarlı koroner anjiyografi yöntemi ile değerlendirilmesini önermektedir [47].

2.6.6. Girişimsel koroner anjiyografi

Girişimsel koroner anjiyografi yöntemi KAH tanısında altın standart yöntemdir [57]. Koroner anjiyografi, hekim kararına bağlı olarak hastanın arter veya veninden kateter ile girilerek kontrast madde verilmesiyle koroner damarların yapısının, damarlardaki kan akımının ve kalsifikasyon durumunun gözlemlenmesiyle gerçekleştirilir. Aynı zamanda koroner arterler monitörden canlı olarak gözlemlenebildiği için KAH tanısında etkilenen olası damar sayısı, türü ve darlık derecesinin saptanmasını sağlamaktadır [26]. Dolayısıyla koroner anjiyografi sadece bir tanı yöntemi değil, aynı zamanda KAH'ın prognozuna ilişkin bilgi verdiği için hekim kararına bağlı olarak perkütan girişimsel tedavi yöntemlerinin de eşzamanlı uygulanmasına imkân sağlamaktadır [58].

2.7. Tedavi

KAH'ta koroner ateroskleroz, anjina pectoris, MI ve ilerleyen dönemde kalp yetmezliğine yol açmaktadır [26]. Bu durum koroner arter hastalarında morbidite ve mortalite oranlarını artırarak dünya genelinde sağlık harcamalarının artmasına neden olmaktadır [59]. Dolayısıyla KAH'ın tedavisinde hastaların semptomlarını hafifletmek, olası plak rüptürü sonucunda koroner damarların tamamen obstrüksiyonu ile gelişecek akut olayları, hastalığın ilerleyişiyle iskemik kardiyomiyopatiye bağlı olarak kalp yetmezliği gibi uzun dönem komplikasyonları önlemek ve dünya genelinde sağlık sistemi üzerindeki yükü azaltmak amaçlanmaktadır [60].

KAH'ın tedavisi genel olarak medikal tedaviler, revaskülarizasyon yöntemleri ve kardiyak rehabilitasyon başlıklarından oluşmaktadır [61].

2.7.1. Medikal tedavi

KAH'ın tedavisinde, plak oluşumu ve plak rüptürünü engelleyerek hastalık progresyonunu yavaşlatmak ve hastalığa bağlı olarak gelişebilecek tekrarlayıcı kardiyovasküler olayları önlemek amacıyla medikal tedavi yöntemlerine başvurulmaktadır [62]. Genel olarak, hastalığın medikal tedavisinde lipid seviyesini düzenleyenler, anti-hipertansif etkililer ve anti-platelet etkililer olmak üzere üç ana ilaç sınıfı kullanılmaktadır [63].

Lipid seviyesini düzenleyen farmakolojik ajanlar

Koroner arter hastalığında kan lipid seviyesini düzenlemek amacıyla medikal tedavide en yaygın kullanılan farmakolojik ilaçlar statinlerdir. Statinler, kolesterol sentezini azaltmanın yanı sıra vücutta LDL'nin yıkılmasını da sağlamaktadır [63]. Ayrıca statinlerin anti-inflamatuar ve anti-oksidan özellikleri sayesinde vasküler endotel fonksiyonu üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır [37].

Anti-hipertansif etkili farmakolojik ajanlar

Koroner arter hastalarında kan basıncı 130/80 mmHg'nin üzerinde olduğunda, sistolik kan basıncındaki her 20 mmHg'lik ve diyastolik kan basıncındaki her 10 mmHg'lik yükselme hastalığa bağlı mortalite oranlarını artırmaktadır [63]. AHA mortalite oranlarını azaltmak amacıyla koroner arter hastalarında sistolik kan basıncının 130 mmHg'nin altında ve diyastolik kan basıncının da 80 mmHg'nin altında olmasını önermektedir. Bu nedenle KAH'ın tedavisinde antihipertansif etkileri olan beta blokerler, anjiyotensin dönüştürücü enzim inhibitörleri, anjiyotensin reseptör blokerleri, kalsiyum kanal blokerleri ve nitrat etkili ajanlar kullanılmaktadır [61].

Beta blokerler

Beta bloker etkili ilaçlar, hastaların ilacı tolere etme durumuna bağlı olarak koroner arter hastalarında ilk tercih edilen anti-hipertansif ajanlardır [61, 64]. Beta bloker etkili ilaçlar β_1 ve β_2 reseptörlerine ligand bağlanmasını engellemektedir [63]. Bu sayede, kalp atım hızının azalmasıyla kardiyak döngü boyunca diyastolik doluş süresi artmakta ve kalp kontraksiyonunun azalması sonucu miyokardiyal oksijen ihtiyacı da azalmaktadır [61].

Ayrıca koroner arter hastalarında beta blokerlerin etkili kullanımı, hastaların anjina pektoris semptomlarının da azalmasını sağlamaktadır [61].

Anjiyotensin dönüştürücü enzim inhibitörleri

Anjiyotensin dönüştürücü enzim (ACE) inhibitörleri, yaygın olarak koroner arter hastalarında MI sonrasında hastaların tedavisinde kullanılmaktadır [63]. Bu ACE inhibitörleri, anjiyotensin-I'in anjiyotensin-II'ye dönmesini engelleyerek vasküler vazokonstriksiyonu ve vasküler direncin azalmasını sağladıkları için kan basıncının da azaltılmasında etkilidir [37]. Aynı zamanda koroner arter hastalarında MI sonrasında uzun dönemde ventriküler dilatasyon gelişme riskini azaltmaktadır [65].

Anjiyotensin reseptör blokerleri

Anjiyotensin-II reseptörlerini bloke ederek ligand bağlanmasını engelleyen anjiyotensin reseptör blokerleri, hastaların ACE inhibitörlerini tolere edemediği durumlarda medikal tedavi açısından alternatif ajanlardır [63]. ACE inhibitörlerinde olduğu gibi, anjiyotensin reseptör blokerleri hem vasküler vazokonstriksiyonu azaltarak hem de aldosteron hormonunun salgılanmasını sağlayarak kan basıncının azaltılmasında etkilidir [63].

Kalsiyum kanal blokerleri

Kalsiyum kanal blokerleri, kardiyak miyositler ve düz kas hücrelerindeki L tipi kalsiyum kanallarına kalsiyumun bağlanmasını engelleyerek miyokardiyumun ve kan damarlarının gevşemesini sağlamaktadır [61]. Bu sayede kalsiyum kanal blokerleri, miyokardiyumun oksijen ihtiyacını azalttığı için koroner arter hastalarında anjina pektoris semptomunun da hafifletilmesini sağlamaktadır [64].

Nitratlar

Düz kas hücrelerinin gevşemesini sağlayan nitrat etkili farmakolojik ajanlar, koroner damarlardaki vazodilatasyon sonucu hem miyokardiyuma oksijen desteğinin sağlanmasında hem de kalbin iş yükünün azalmasında etkilidir [61]. Nitrat etkili farmakolojik ajanlar, koroner arter hastalarında beta bloker veya kalsiyum kanal bloker etkili ilaç kullanımına rağmen anjina pektoris dahil olmak üzere semptomları devam eden hastalarda anjina

pektorisini önlemek ve diğer semptomları azaltmak amacıyla hastaların medikal tedavilerine eklenmektedir [63].

Anti-platelet etkili farmakolojik ajanlar

En yaygın kullanılan antiplatelet etkili farmakolojik ajanlar aspirin ve klopidoğreldir [63]. Aspirin pıhtı oluşumuna yol açan prostaglandin ve tromboksan A2 moleküllerinin üretiminde görevli enzimleri inhibe ederek platelet agregasyonunu engellemektedir. Klopidoğrel ise trombositlerin aktivasyonunda ve agregasyonunda görevli adenosin difosfat reseptörlerini inhibe ederek aspirin ile aynı etkiyi sağlamaktadır [63]. Dolayısıyla bu iki farmakolojik ajan damar lümenindeki aterosklerotik plakların üzerinde pıhtılaşma faktörlerinin birikmesini önlemektedir. Bu ajanlar ilerleyen süreçte koroner arter hastalarında MI gibi ciddi durumların gelişme olasılığını azalttıkları için hastalığın tedavisinde birincil öneme sahiptir [66].

2.7.2. Revaskülarizasyon tedavisi

KAH'ta dolaşımı bozulan koroner damar ve/veya damarların dolaşımını yeniden sağlamak amacıyla uygulanan tedavi yöntemidir [61]. Bu tedavi yöntemleri fibrinolitik tedavi, perkütanöz koroner girişim ve koroner arter by-pass cerrahisi olmak üzere 3 alt başlığa ayrılmaktadır [67].

Fibrinolitik tedavi

Koroner arter hastalarında, özellikle perkütanöz koroner girişimsel uygulamaların yapılacağı merkeze uzak olan hastalarda, akut ST segment elevasyonu ve MI geçiren hastalarda tercih edilmektedir. İntravenöz veya infüzyon şeklinde uygulanan fibrinolitik ajanların (streptokinaz, urokinaz, alteplaz, reteplaz vb.) plazminojeni plazmine dönüştürmesi, aterosklerotik plak rüptürü sonrasında gelişen trombus oluşumunu azaltmaktadır. Bu sayede koroner arterlerin ve iskemiye uğrayan miyokard dokusunun reperfüzyonu sağlanmaktadır [68]. 2023 yılında güncellenen AHA kılavuzuna göre, en etkili sonuçların semptomların başlamasını takip eden 2-3 saat içinde uygulanan fibrinolitik tedaviden alınmasına rağmen, bu tedavi yöntemi semptomların başlamasından 12 saat sonrasına kadar uygulanabilmektedir [69].

Perkütanöz koroner girişim

Koroner anjiyoplasti olarak da tanımlanan perkütanöz koroner girişim, kılavuz tel aracılığıyla femoral veya radyal arter yoluyla ulaşılan koroner damarların kontrast madde yardımıyla görüntülenmesi ile saptanan aterosklerotik darlıkları açarak miyokardiyal dolaşımın yeniden sağlanmasını sağlar [69]. Bu tedavi yönteminde, koroner arterlerdeki darlık oranına göre birincil perkütan translüminal anjiyoplasti, balon anjiyoplasti veya stent yerleştirilmesi tercih edilerek açıklık sağlanmaktadır [67]. Bu tedavi yöntemi revaskülarizasyon açısından etkili olmasına rağmen darlık bölgesinde yeniden darlık meydana gelebilir. Dolayısıyla açıklık sağlanan damarların daralmasını önlemek amacıyla stent yerleştirilmektedir [67]. Koroner stent uygulaması, koroner darlık bölgesine metalik bir endoprotez yerleştirmektir. Balon anjiyoplasti yönteminde olduğu gibi, stent uygulamasında da intima tabakasında hiperplazi sonucu yeniden darlık oluşabilir [67].

Koroner arter by-pass greft cerrahisi (KABG)

Koroner arter by-pass greft cerrahisi, koroner arter hastalarında damarlarda ateroskleroz sonucu oluşan plakların neden olduğu darlık ve tıkanıklıkların vücuttan alınan damar greftleri aracılığıyla by-pass edilerek miyokarda kan dolaşımının yeniden sağlandığı bir tedavi yöntemidir [70]. Genel olarak perkütanöz koroner girişimsel yöntemlerle revaskülarizasyon sağlanamadığında önerilen KABG; sol ana koroner arterde %50'den fazla darlık olduğu, sol ana koroner arter darlığının eşlik ettiği iki damar hastalığı, sol ana koroner arter darlığının eşlik ettiği/etmediği üç damar hastalığı, tıbbi tedaviye rağmen semptomların devam ettiği ve darlık seviyesinin %70'in üzerinde olduğu durumlarda tercih edilir [71].

2.7.3. Kardiyak rehabilitasyon

Kardiyak rehabilitasyon, beslenme danışmanlığı, hasta eğitimi, psikososyal destek, yaşam tarzı ve değiştirilebilir risk faktörlerinin modifikasyonu, fiziksel aktivite danışmanlığı ve bireyselleştirilmiş egzersiz eğitiminden oluşan, medikal tedaviyi destekleyici nitelikte multidisipliner bir tedavi yaklaşımıdır [72]. Bu yaklaşım, KAH'tan kaynaklanan mortalite ve morbidite risklerinin, hastaneye yatış ile sağlık hizmetine ihtiyaçların azaltılması ve fiziksel fonksiyonların iyileştirilmesinde etkilidir [73]. Ayrıca kardiyak rehabilitasyonun 3 yıllık takip sonrasında kardiyovasküler mortaliteyi %42 oranında azalttığı bildirilmiştir [74].

Bu nedenle, kardiyovasküler hastalıkların dünya çapında mortalite ve morbidite oranlarını büyük ölçüde artırdığı düşünüldüğünde, bu oranların azaltılması açısından kardiyak rehabilitasyon yaklaşımları oldukça önemlidir.

Geniş çapta yapılan vaka-kontrollü çalışmada dislipidemi, sigara ve alkol maruziyeti, hipertansiyon ve diyabetes mellitus hastalık öyküsü, obezite ile fiziksel inaktivite varlığının akut MI vakalarının %90'ının oluşmasına neden olduğu raporlanmıştır [75]. Dolayısıyla, kardiyak rehabilitasyon kardiyovasküler hastalık eğitimi, değiştirilebilir risk faktörlerinin yönetimi ve yaşam tarzı değişikliklerine odaklanmaktadır [76]. Literatürde sistematik inceleme ve meta-analiz raporunda kardiyak rehabilitasyon sonrası sigara içme oranlarının %13-23, total kolesterol seviyelerinin 0,12-0,37 mmol/L, trigliserit seviyelerinin 0,23 mmol/L ve sistolik kan basıncının 3-5 mmHg azaldığı belirtilmiştir [77]. Hastalarda kardiyak rehabilitasyon ile sağlanan bu klinik iyileşmelerin sürekliliğini sağlamak ve mevcut risk faktörlerini azaltmak amacıyla, bireyselleştirilmiş hasta merkezli yaklaşımlar benimsenerek değiştirilebilir risk faktörlerinin değerlendirilmesi ve yaşam tarzı düzenlemelerinin yapılması oldukça önemlidir [76].

Egzersiz temelli kardiyak rehabilitasyonun, genel ve kardiyak hastalık kökenli morbidite ve mortalite oranlarını azaltmasının yanı sıra ölüme neden olmayan MI sayısında da azalma sağladığı için koroner kalp hastalığının yönetim kılavuzlarında Sınıf 1a seviyesinde önerilmektedir [74]. Ayrıca kardiyak rehabilitasyon kapsamında uygulanan düzenli egzersiz eğitiminin kan basıncı, vücut ağırlığı ve kan lipid seviyelerinin düzenlenmesinde etkili olmasının yanı sıra endotel fonksiyonu ile egzersiz kapasitesinin iyileştirilmesini de sağladığı belirtilmektedir [78]. Egzersiz kapasitesinde her 1 MET'lik artışın mortalite riskinde %8-26 oranında azalma ile ilişkili olduğu tahmin edildiğinde, egzersiz eğitimi kardiyak rehabilitasyonun önemli unsurlarından biridir [79].

2.8. Koroner Arter Hastalığı ve Solunum Fonksiyonları

Geniş çaplı yapılan epidemiyolojik çalışmada insan yaşamının orta ve ileri evresinden itibaren pulmoner ve kardiyovasküler sistem kökenli hastalıkların birbirine eşlik ettiği raporlanmıştır [80]. Bu iki sistem kaynaklı hastalıkların bir arada görülmesinin altında yatan patofizyoloji hakkında net bilgi bulunmamasına rağmen, kronik inflamasyon başta olmak üzere diyabetes mellitus, hipertansiyon ve obezite gibi metabolik hastalık öyküsünün

bulunması ve sigara maruziyeti hem pulmoner hem de kardiyovasküler hastalıkların birlikte gelişmesine neden olabilecek faktörlerdir [81, 82]. Literatürde yer alan sistematik inceleme raporunda, koroner arter hastalığında zorlu ekspirasyonun birinci saniyesinde ekspire edilen hava hacmi (FEV1), zorlu vital kapasite (FVC) ve bunların oranının beklenen değerlerden daha düşük olduğu ve hastalarda obstrüktif tipte solunum fonksiyon bozukluğunun daha yaygın olduğu belirtilmektedir [136].

Koroner arter hastalarının dahil edildiği bir çalışmada solunum fonksiyonları ile kardiyopulmoner egzersiz testinde tüketilen zirve oksijen tüketimi ($VO_{2\text{zirve}}$) miktarının ilişkili olduğu belirtilmiştir [83]. Bu nedenle, solunum fonksiyonunun egzersiz kapasitesini etkileyen önemli bir faktör olduğu düşünüldüğünden, koroner arter hastalarının egzersiz kapasitesinin araştırıldığı çalışmalarda solunum fonksiyonlarının da değerlendirilmesi gerekmektedir.

2.9. Koroner Arter Hastalığı ve Solunum Kas Kuvveti

KAH'ta kronik inflamatuvar ateroskleroz sürecinin ortaya çıkmasına yol açan oksidatif stres, hastaların solunum kas kuvvetinin azalmasına neden olmaktadır [84]. Buna ek olarak, hastalarda hem kardiyak debinin hem de periferel damarlardaki kan dolaşımının azalması solunum kas kuvvetini olumsuz yönde etkilemektedir [85].

Koroner arter hastalarında, kardiyovasküler sistemin solunum kaslarına yeterli kan desteği sağlayamaması sonucunda solunum kas kuvveti azalır; bu nedenle egzersiz sırasında hastalar daha fazla nefes darlığı yaşar. Bu durum hastaların egzersiz dayanıklılığının azalmasına, dolayısıyla egzersiz kapasitesinin de azalmasına yol açmaktadır [86]. Literatürde, koroner arter hastalarında solunum kas kuvveti ile egzersiz kapasitesi arasında pozitif yönde bir ilişki olduğu belirtilmektedir [84]. Özellikle hastaların egzersiz kapasitesinin altın standart değerlendirme yöntemi olan kardiyopulmoner egzersiz testi ile değerlendirildiği bir çalışmada koroner arter hastalarında solunum kas kuvvetinin egzersiz testi sırasında tüketilen $VO_{2\text{zirve}}$ miktarına ek olarak oksijen alım verimliliği (OUES) ve ventilasyon verimliliği (VE/VCO_2) parametreleriyle de ilişkili olduğu belirtilmiştir [84]. Bu nedenle koroner arter hastalarının egzersiz kapasitesinin araştırılması halinde hastaların solunum kas kuvveti de geçerli ve güvenilir yöntemler aracılığıyla değerlendirilmelidir.

2.10. Egzersiz ve Solunum Kas Yorgunluğu

Yorgunluk, yük altında kasın kuvvet ve/veya hız geliştirme kapasitesindeki kayıp olarak tanımlanan dinlenme halinde geri dönüşlü bir süreçtir [87]. Solunum sistemi egzersiz sırasında arteriyel kan gazının değişen asit-baz dengesini bazal seviyede veya bazal seviyeye yakın tutmakla görevlidir [88]. Ancak egzersiz sırasında artan iş yükü nedeniyle egzersiz sonrasında solunum kaslarında yorgunluk oluşmaktadır [88]. Bu duruma neden olduğu düşünülen çeşitli hipotezler bulunmasına rağmen, özellikle egzersiz sırasında birincil olarak aktif olan kaslara sağlanan kan akımına kıyasla solunum kaslarına sağlanan kan akımının daha az olmasının kas yorgunluğunun oluşmasında etken olduğu düşüncesi üzerine yoğunlaşmaktadır [89, 90]. Dahası, KAH'ta patofizyolojik olarak ateroskleroz sonucu hem kalbe hem de periferel kaslara kan akımı ihtiyaç duyulandan daha az olmaktadır [84, 85]. Bu nedenle, egzersiz sonrasında koroner arter hastalarında solunum kası yorgunluğunun araştırılması gerekmektedir.

Literatürde hem koroner arter hastası popülasyonunu dahil eden hem de üst ve alt ekstremitelerde egzersizlerinin solunum kas yorgunluğu üzerindeki olası etkilerini araştıran bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Ayrıca üst ekstremitelerde egzersizleri sırasında aktive olan kas grubu alt ekstremitelerde ile karşılaştırıldığında daha küçüktür [15]. Bu durum üst ekstremitelerde egzersizleri sırasında metabolik talebin daha az olmasına sebep olmasının yanı sıra solunum kaslarına olan kan akımını ve solunum kaslarının fonksiyonunu da etkileyebilir. Dolayısıyla hem üst hem de alt ekstremitelerde egzersizlerinin solunum kaslarının yorgunluğu üzerindeki etkileri araştırılarak karşılaştırılmalıdır.

2.11. Koroner Arter Hastalığı ve Egzersiz Kapasitesi

Koroner arter hastalarında egzersiz kapasitesinin azalması iki klinik durumla ilişkilendirilebilir. Birincisi, koroner arterlerde hem istirahat hem de aktivite sırasında arteriyel kan dolaşımının bozulmasıyla miyokardiyuma yeterli kan desteği sağlanamaması sonucunda anjina pectoris, yorgunluk ve dispne semptomlarının oluşmasıdır [6]. Ayrıca, hastalar anjina pectoris, yorgunluk ve nefes darlığı semptomları oluşmasını fiziksel inaktiviteye ve sedanter bir yaşam tarzına yönelmektedir. Bu nedenle hastalarda egzersiz intoleransı gelişir ve egzersiz kapasitesi azalır. İkincisi ise kardiyak debi ve arteriyovenöz oksijen farkına bağlı olan “Fick İlkesi” aracılığıyla ortaya çıkmaktadır [10].

Semptom sınırlı kardiyopulmoner egzersiz testinde zirve oksijen tüketimi ($VO_{2\text{zirve}}$) egzersiz kapasitesinin bir göstergesidir. Fick İlkesi'ne göre kardiyopulmoner egzersiz testi sırasında tüketilen $VO_{2\text{zirve}}$ kalbin bir dakika boyunca periferik dokulara gönderdiği kan miktarı (kardiyak debi) ve arter-ven arasındaki oksijen farkına ($a-v O_2$) bağlıdır [10].



Şekil 2.1. Fick İlkesi Şeması

Fick İlkesi'ne göre egzersiz kapasitesi temelde vücudun oksijen tüketimine bağlıdır. Bu ilke kapsamında, kalp egzersiz sırasında yeterli kardiyak debi oluşturmaya bağlı olarak egzersiz kapasitesini etkilemektedir. Vasküler sistem, kanın periferdeki dokulara iletilmesinde görevli olduğu ve periferik dokulara iletilen kandaki oksijenin verimli kullanılabilirliğini etkilediği için egzersiz kapasitesini etkileyen önemli faktörlerdendir. Ancak bu sürecin önemli faktörlerinden bir tanesi de egzersiz sırasında gaz değişiminin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi ve yeterli ventilasyonun sağlanmasında görevli olan solunum sistemidir. Kısacası, Fick İlkesi kapsamında egzersiz kapasitesi; vücuda oksijenin alınması, ihtiyacı olan dokuya taşınması ve kullanılması süreçlerinde görevli kardiyak, vasküler, periferik ve solunum olmak üzere birçok fizyolojik sistemin çalışmasından etkilenmektedir.

Kardiyak etkenler

Koroner arter hastalarında sol ventrikül sistolik disfonksiyonu sonucunda kalbin bir seferde periferik dokulara ilettiği kan miktarı azalmaktadır [91]. Özellikle istirahatte sol ventrikül sistolik disfonksiyonu sık görülmektedir. Ancak yapılan çalışmalarda maksimal egzersiz sırasında ejeksiyon fraksiyonu ile egzersiz kapasitesi arasında güçlü bir ilişki olmadığı bildirilmiştir [92, 93]. Aksine, sol ventrikül diyastol sonu doluş süresi ile egzersiz kapasitesi arasında ters yönde güçlü bir ilişki vardır [91]. Otto ve arkadaşları, koroner arter hastalarının egzersiz kapasitesini etkileyen faktörleri araştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada da diyastolik disfonksiyon ile düşük egzersiz kapasitesinin ilişkili olduğunu göstermiştir [9]. Dolayısıyla diyastolik disfonksiyon nedeniyle sol ventrikülün yeterli gevşemeye ulaşamaması veya diyastol sonu sol ventrikül volümünün azalması, kardiyak debinin azalmasına neden olur. Bu durum, özellikle egzersiz sırasında yeterli kan desteğinin sağlanamaması nedeniyle egzersiz kapasitesini azaltmaktadır [9].

Sağlıklı bireylerde maksimal aerobik egzersiz sırasında oksijen tüketimi yaklaşık 4 katına çıkmaktadır. Bu durumda, vücudun metabolik talebini karşılamak için kalp hızı egzersize bağlı olarak 2,2 katına çıkmaktadır [94]. Ancak koroner arter hastalarında, gerek hastaların yaşına, gerek beta bloker etkili ilaç kullanımına, gerekse otonomik disfonksiyona bağlı olarak ortaya çıkan kronotropik yetersizlik nedeniyle, egzersiz gibi metabolik talebin arttığı durumlarda metabolik talebi karşılamak amacıyla kalp hızını artırmada yetersizlik oluşmaktadır [14, 94]. Bu durum, kardiyak debinin azalmasına neden olarak egzersiz kapasitesini azaltır ve hastalarda gelecekte ölümcül kardiyovasküler olayların gelişme olasılığını artırır [95, 96].

Kardiyopulmoner egzersiz testi parametrelerinden oksijen nabızı (O_2/HR), test sırasında O_2 tüketiminin kalp hızına oranıdır [97, 98]. Bu parametrenin azalması patofizyolojik olarak kardiyak kökenli hastalıklarda miyokardiyal iskeminin göstergesidir [99]. Maksimal egzersiz testi sırasında O_2/HR eğrisinin yataylaşarak düz çizgi haline gelmesi, kardiyak disfonksiyon nedeniyle kalbin bir seferde periferdeki organlara gönderdiği kan miktarının azaldığını göstermektedir [100]. Dolayısıyla O_2/HR sol ventrikül atım hacmindeki değişiklikler aracılığıyla miyokardiyal iskemi sonucunda koroner arter hastalarında egzersiz kapasitesinin etkilendiğini ortaya koymaktadır.

Vasküler faktörler

Vasküler endotelyum hem nitrik oksit (NO) üretimini hem de salınmasını sağlayarak vazomotor tonusun düzenlenmesinde önemli role sahiptir [101]. KAH'ta yaşla birlikte ilerleyen ateroskleroz süreci koroner damarlarda endotelial disfonksiyon kaynaklı NO üretiminin azalmasına, dolayısıyla endotelyumdan salınan vazodilatasyon ve vazokonstriksiyon sağlayan ajanların salınmasında dengesizliğe yol açarak vazomotor tonus regülasyonunu olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle egzersiz sırasında yeterli vazodilatasyon yanıtı oluşmadığı için vücudun metabolik ihtiyaçları karşılanamamaktadır [102]. Bechsgaard ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, vasküler disfonksiyon olan koroner arter hastalarının egzersiz kapasitesinin azaldığını ve hastalarda vasküler disfonksiyonun egzersize bozulmuş kalp hızı yanıtıyla ilişkili olduğunu belirtmişlerdir [103].

Periferal faktörler

Koroner arter hastalarında hem quadriceps hem de hamstring kas kuvveti azalmıştır [44]. Egzersiz testi sırasında daha küçük kas kütlesi daha az metabolik talebe neden olmaktadır. Bu durum a-v O₂ farkını azaltarak egzersiz testinde O₂ tüketimini azaltmaktadır [44]. Ayrıca hastaların sedanter yaşam tarzını benimsemesiyle kas kuvvetinin azalması dekonduisyona yol açarak ilerleyici kas yorgunluğu oluşmaktadır [104]. Sonuç olarak periferel faktörler de koroner arter hastalarında egzersiz intoleransına ve egzersiz kapasitesinin azalmasına neden olmaktadır.

Solunum sistemiyle ilişkili faktörler

KAH'ta maksimal egzersiz testi sırasında hastaların VO₂zirve'sinin azalması ile ilişkili egzersiz intoleransı genel olarak kardiyovasküler disfonksiyon kaynaklı olmasına rağmen O₂'nin dokular arasında taşınması ve kullanımı pulmoner sistem etkinliğine de bağlıdır [105]. KAH'ta pulmoner sistemdeki ventilasyon ve gaz değişimi doğrudan etkilenmemektedir. Ancak Halvorsen ve arkadaşları yaptıkları çalışma ile koroner arter hastalarında zorlu ekspirasyonun birinci saniyesinde ölçülen hava hacmi (FEV₁) ve akciğerin difüzyon kapasitesinin (DLCO) maksimal egzersiz testi sırasında ölçülen VO₂zirve ile pozitif yönde ilişkili olduğunu göstermiştir [83]. Bu durum dolaylı olarak koroner arter hastalarında solunumsal faktörlerin egzersiz kapasitesini etkileyebileceği yönündeki düşünceleri güçlendirmektedir.

Literatürde koroner arter hastalarında egzersiz kapasitesini değerlendiren çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Submaksimal ve maksimal egzersiz testleri aracılığıyla hastaların egzersiz kapasitesini araştıran çalışmalarda, sağlıklı kontrollerle kıyaslandığında koroner arter hastalarının egzersiz kapasitesinde azalma olduğu gösterilmiştir [12, 106]. Ancak bu çalışmalarda hastaların egzersiz kapasitesi alt ekstremitenin aktif olduğu alt ekstremitte egzersiz testleri ile değerlendirilmiştir [12-14]. Ayrıca, hastalarda üst ekstremitelerinin aktif olduğu üst ekstremitte egzersiz kapasitesi değerlendirilmemiştir. Günlük yaşam aktiviteleri sırasında üst ekstremitte alt ekstremitteye kıyasla daha fazla kullanılmaktadır [13]. Bu nedenle üst ekstremitte egzersiz kapasitesinin değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Ayrıca alt ekstremitte ile karşılaştırıldığında, üst ekstremitte egzersizleri sırasında daha küçük kas grupları aktive olmaktadır. Bu durum, özellikle kardiyopulmoner egzersiz sırasında vücudun

metabolik taleplerinin ve oksijen tüketiminin daha az olmasına neden olarak kardiyorespiratuar iş yükünün daha düşük olmasını sağlamaktadır [15, 16]. Dolayısıyla, koroner arter hastalarında üst ekstremitenin aktif olduğu egzersiz kapasitesi değerlendirilmeli ve alt ekstremitte egzersiz kapasitesi ile egzersiz testleri sırasında verdikleri yanıtlar araştırılıp karşılaştırılmalıdır. Literatürde koroner arter hastalarında üst ve alt ekstremitte egzersiz kapasitesi ile egzersiz testleri sırasındaki fizyolojik yanıtları karşılaştırmak amacıyla yapılan iki çalışma bulunmaktadır [107, 108]. Levandovski ve arkadaşları tarafından koroner arter hastalarında üst ve alt ekstremitte egzersiz testlerinde kalp hızı, kan basıncı, oksijen tüketimi ve kardiyak debi parametrelerini karşılaştırmak amacıyla bir çalışma yapılmıştır [107]. Çalışma sonunda kalp hızı, ventilasyon, sistolik kan basıncı ve algılanan efor düzeylerinin aynı şiddette iş yükünde hem üst hem de alt ekstremitte egzersiz testinde benzer olduğu ancak üst ekstremitte egzersiz testi ile karşılaştırıldığında maksimal iş yükünde oksijen tüketiminin alt ekstremitte egzersiz testinde daha fazla olduğu raporlanmıştır [107]. Ayrıca çalışmada diyastolik kan basıncının alt ekstremitte egzersiz testine göre üst ekstremitte egzersiz testinde daha fazla olduğu da belirtilmiştir [107]. Acker ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada ise koroner arter hastalarında semptom sınırlı maksimal üst ekstremitte egzersiz testi ile kıyaslandığında alt ekstremitte egzersiz testinde kalp hızı ve sistolik kan basıncı parametrelerinin daha fazla olduğu sonucuna ulaşılmıştır [108]. Yapılan iki çalışma incelendiğinde, çalışmalar güncel olmamakla birlikte, koroner arter hastalarında alt ekstremitte ve üst ekstremitte egzersiz testlerine verilen kardiyovasküler yanıtların karşılaştırılması açısından net bilgiye ulaşamadığı görülmektedir. Bu nedenle koroner arter hastalarında üst ve alt ekstremitte egzersiz kapasitesi güncel çalışmalarda kapsamlı olarak değerlendirilerek karşılaştırılmalıdır.

2.12. Koroner Arter Hastalığı ve Arteriyel Sertlik

KAH'ta görülen ateroskleroz süreci, büyük arterlerin ve vasküler yatağın esnekliğini azaltarak arteriyel sertliğin oluşmasına neden olmaktadır [109]. Arteriyel sertlik, arter lümenindeki basınç değişikliğine bağlı olarak vazodilatasyon veya vazokonstriksiyon yanıtlarındaki yetersizlik olarak tanımlanır [110]. Yaş, arteriyel hasar ve ateroskleroz ile ilerleyen arteriyel sertlik sistolik kan basıncını yükselterek kalbin iş yükünü ve oksijen talebini artırmakta, aynı zamanda diyastolik kan basıncını da azaltarak koroner arterlerdeki perfüzyonu kötüleştirmektedir [111]. Bu durum miyokardiyumun ihtiyacı olan ve miyokardiyuma sağlanan oksijen miktarları arasında dengesizliğe yol açarak hem

subendokardiyal miyokardiyal liflerin fonksiyonlarının bozulmasına hem de miyokardiyal iskemiye neden olmaktadır [112, 113].

Sol ventrikül hasarını gösteren subendokardiyal miyokardiyal lifler, ateroskleroz ve/veya arteriyel sertlik oluşmasıyla olumsuz yönde etkilenecek subendokardiyal iskemi gelişmesine neden olmaktadır [113]. Ayrıca arteriyel sertlik nedeniyle artan sistolik kan basıncı, sol ventrikül ejeksiyon süresini ve miyokardiyumun gevşeme süresini uzatarak ventriküler hipertrofiye yol açmaktadır [112]. Dolayısıyla arteriyel sertlik; ateroskleroz, koroner perfüzyonun bozulması ve sol ventrikül disfonksiyonuyla birleşerek KAH'a yol açması açısından altta yatan patofizyolojik mekanizmalardandır [113, 114]. Dahası, literatürde yer alan makaleler, artmış arteriyel sertlik ile koroner arter hastalığı ve bu hastalığın gelişmesine neden olan ateroskleroz arasında bir ilişki olduğunu vurgulamaktadır [111, 113, 115, 116].

2.12.1 Egzersiz ve arteriyel sertlik

Akut aerobik egzersiz, kan akışını, damar duvarı kayma gerilimini (shear stres) ve endotelial NO salınımını artırdığı için vasküler yapılarda vazodilatasyon sağlayarak arteriyel sertliği azaltmaktadır [117]. Literatürde akut aerobik egzersizin arteriyel sertlik üzerine olası etkisini inceleyen çalışmalar bulunmaktadır [118-120]. Bu çalışmalarda akut aerobik egzersizin arteriyel sertlik üzerinde etkisi olmadığı [21], azaltıcı [121] veya artırıcı [122] yönde etkisi olduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla akut aerobik egzersizin arteriyel sertlik üzerindeki etkisi konusunda fikir birliği bulunmamakla birlikte, mevcut çalışmalar genel olarak alt ekstremitenin aktif olduğu egzersizlerin arteriyel sertlik üzerindeki etkisini incelemiştir. Ayrıca üst ekstremitte egzersizlerinin arteriyel sertlik üzerindeki akut etkisi araştıran çalışmalara rastlanmamıştır; yalnızca iki çalışmada maksimal üst ve alt ekstremitte aerobik egzersizlerin arteriyel sertlik üzerine akut etkisi karşılaştırılmıştır [116, 123]. Bu çalışmaların sağlıklı bireyler üzerinde yapılmasına ek olarak, sonuçları da birbiriyle çelişmektedir. Ranadive ve arkadaşları yaptıkları çalışma sonunda hem üst hem de alt ekstremitte egzersizlerinin femoral-dorsalis pedis arterleri arasındaki nabız dalga hızının (PWV) sonucuna ulaşmıştır [119]. Miura ve arkadaşları ise çalışmalarında üst ekstremitte egzersizlerinden sonra brakial arter ve ayak bileği arasındaki PWV'nin değişmediğini, ancak alt ekstremitte egzersizlerinden sonra azaldığını raporlamıştır [123]. Bu nedenle üst ve alt ekstremitte egzersizlerinin arteriyel sertlik üzerindeki etkisini karşılaştırmak için daha fazla çalışma yapılmalıdır.

KAH'ın ortaya çıkmasıyla hastalığın ilerlemesinde arteriyel sertlik, oldukça etkili olan ve hastalarda mortalite riskini artıran bir faktördür [109]. Bu nedenle koroner arter hastalarında egzersizin arteriyel sertlik üzerindeki akut etkisi araştırılmalıdır. Özellikle alt ekstremitte egzersizleri ile karşılaştırıldığında, daha az kardiyorespiratuar iş yüküne neden olan üst ekstremitte egzersizlerinin arteriyel sertlik üzerindeki olası akut etkileri araştırılmalı ve alt ekstremitte egzersizleri ile karşılaştırılmalıdır. Ancak literatürde koroner arter hastalarında maksimal üst ve alt ekstremitte aerobik egzersizlerin arteriyel sertlik üzerine akut etkisini karşılaştıran bir çalışmaya rastlanılamamıştır.

2.13. Koroner Arter Hastalığı ve Kas Oksijenizasyonu

Kas dokusunun oksijenlenmesi ve hemodinamiği hakkında bilgi veren kas oksijenizasyonu deri üzerinden non-invaziv olarak ölçülmektedir. Yakın kızılötesi ışınlar aracılığıyla yapılan bu ölçümde, oksijenli ve oksijensiz durumlarda fotonların doku tarafından emilim oranları farklı olduğundan, dokuların oksijen ihtiyacı ile dokuya sağlanan oksijen miktarı arasındaki denge dinamik olarak değerlendirilmektedir [109]. Kardiyovasküler hastalıklarda kas oksijenizasyonunun bozulduğu belirtilmektedir ve bu durumun nedenleri hakkında çeşitli mekanizmalar öne sürülmektedir [124]. Periferik arter hastalarında egzersiz sırasında periferik kasların oksijen saturasyonunun azaldığı bildirilmiştir [125]. Bu durum, periferik arterlerde ilerleyici olarak arter lümeninin daralması sonucu periferik kaslara olan kan akımının azalması ve kasların oksijen ihtiyacı ile kaslara sağlanan oksijen miktarı arasındaki dengenin bozulmasıyla açıklanabilmektedir [125]. Öte yandan, KAH gibi kardiyovasküler hastalıklarda endotelial disfonksiyon sonucu NO biyoyararlanımının azalması ve vasküler vazomotor tonusun bozulmasıyla periferik kaslara giden kan akımının azalması, egzersiz intoleransına yol açmaktadır [111, 112].

2.13.1. Egzersiz ve kas oksijenizasyonu

KAH'ta vasküler endotelial disfonksiyon, kalp ve periferik kasların ihtiyaç duyduğu oksijen miktarının sağlanamamasına yol açmaktadır [126]. Bu durum özellikle egzersiz sırasında aktif olan kaslarda lokal kas yorgunluğu oluşturduğu için egzersiz intoleransına neden olmaktadır [127].

Egzersiz sırasında kas oksijenizasyonunun azaldığı raporlanmıştır [128]. Mevcut çalışmalarda genel olarak alt ekstremitte kaslarının aktif olduğu alt ekstremitte egzersizleri

sırasında kas oksijenizasyonu araştırılmıştır [129-131]. Bizim çalışmamızda olduğu gibi, üst ve alt ekstremitte egzersizleri sırasında kas oksijenizasyonunu araştıran birkaç çalışma da bulunmamaktadır [132, 133]. Çalışmalarda kalp yetmezliği ve KOAH tanısı olan hastalar [134], elit düzey sporcular [133] ile sağlıklı bireyler [132] dahil edilmiştir. Literatürde koroner arter hastalarında üst ve alt ekstremitte egzersizleri sırasında kas oksijenizasyonunu araştıran ve karşılaştıran çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak hem üst ekstremitte egzersizleri sırasında hem de alt ekstremitte egzersizleri sırasında aktive olan kas grubu büyüklüğünün farklı olmasının yanı sıra kas lifi tipinin de farklı olması, egzersizler sırasında kaslara olan kan akımını ve kaslara sağlanan oksijen miktarını etkileyebilir. Bu nedenle üst ve alt ekstremitte egzersizleri sırasında periferik ve solunum kaslarının oksijenizasyonu araştırılıp karşılaştırılmalıdır. Koroner arter hastalarında, koroner damarlar dışında periferik damarlarda da ateroskleroz sonucu egzersiz sırasında aktive olan kaslara kan akımı azalmaktadır. Bu durum, egzersiz sırasında aktive olan kaslara kan akımının azalmasına ve kaslara sağlanan oksijen düzeyinin düşmesine neden olabilir [135]. Dolayısıyla koroner arter hastalarında alt ve üst ekstremitte egzersizleri sırasında kas oksijenizasyonu değerlendirilmelidir.

2.14. Koroner Arter Hastalığı ve Enerji Tüketimi

KAH'ın ortaya çıkmasında patofizyolojik olarak vasküler endotelial disfonksiyon, hipertansiyon, diyabetes mellitus ve/veya hiperlipidemi hastalık öyküsünün bulunması gibi risk faktörlerine ek olarak fiziksel inaktivite de bağımsız bir etkidir [136]. Ayrıca fiziksel aktivite bireylerin toplam enerji harcamasını da etkileyen bir faktördür. Fiziksel aktivite sırasında harcanan enerjinin toplam enerji harcamasına katkı oranı bireylerin fiziksel olarak inaktif veya aktif olmasına bağlı olarak değişmektedir. Bu oran fiziksel olarak inaktif bireylerde %15'ken, fiziksel olarak aktif bireylerde aktiflik düzeyine göre %30'a kadar çıkmaktadır [122].

2.14.1. Egzersiz ve enerji tüketimi

Toplam enerji harcaması istirahat halindeki metabolizma, beslenme kaynaklı termogenezis ve fiziksel aktivite olmak üzere üç süreç sırasında harcanan enerjinin toplamıdır [137]. Toplam enerji harcamasını etkileyen üç bileşen de dışsal faktörlerden etkilenerek toplam enerji harcamasında değişikliklere yol açabilmektedir. Ancak özellikle fiziksel aktivite

sırasındaki harcanan enerji egzersize ve egzersiz sonrasında toparlanma süreçlerinde harcanan enerjiye bağlı olarak toplam enerji harcaması üzerinde akut değişikliklere neden olmaktadır [138].

Literatürde aerobik egzersiz sırasında enerji harcamasını değerlendiren sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır [139, 140]. Öymezer ve arkadaşları interstisyel akciğer hastalarında üst ve alt ekstremitelerde egzersiz testleri sırasında enerji harcamasının benzer olduğunu raporlamıştır [140]. Ancak Kang ve arkadaşları, sağlıklı bireyler üzerinde yaptıkları çalışmada, alt ekstremitelerde egzersizleri ile karşılaştırıldığında üst ekstremitelerde egzersizleri sırasında enerji harcamasının daha fazla olduğunu belirtmişlerdir [139]. Ancak literatürde koroner arter hastalarında aerobik egzersiz sırasında enerji tüketimini araştıran bir çalışma bulunmamaktadır. Alt ekstremitelerde egzersizleri ile kıyaslandığında, üst ekstremitelerde egzersizleri sırasında aktive olan kas grubunda Tip II kas lifi yoğunluğu daha fazladır [139]. Bu durum üst ekstremitelerde egzersizleri sırasında enerji kullanım verimliliğini azaltarak enerji harcamasının artmasına neden olabilir. Mevcut literatürde fiziksel aktivitenin enerji tüketimini etkilediği belirtilmektedir [141]. Dolayısıyla, genellikle sedanter yaşam tarzını benimseyen koroner arter hastalarında egzersiz sırasında enerji harcaması araştırılmalıdır. Ayrıca bu hastalarda en uygun egzersiz tipinin belirlenmesi açısından hem üst hem de alt ekstremitelerde egzersizleri sırasında enerji harcaması karşılaştırılmalıdır.

2.15. Koroner Arter Hastalığı ve Periferik Kas Kuvveti

Koroner arter hastalarında sağlıklı kontrollerle karşılaştırıldığında periferik kas kuvvetinin azaldığı belirtilmektedir [12, 44, 142]. Kas kuvvetindeki azalma, vasküler endotelyal disfonksiyonun yanı sıra vasküler ateroskleroz nedeniyle periferik kaslara yeterli oksijen ve besin desteğinin sağlanamamasına da neden olmaktadır. Yapılan çalışmalarda, periferik kas kuvveti azaldıkça egzersiz kapasitesinin de azaldığı, dolayısıyla mortalite riskinin arttığı gösterilmektedir [12, 44, 142]. Bu sebeplerle, koroner arter hastalarında hem mortalite riski açısından hem de egzersiz kapasitesini etkileyebileceği için periferik kas kuvvetinin değerlendirilmesi önemlidir.

2.16. Koroner Arter Hastalığı ve Fiziksel Aktivite

KAH'ta kardiyak ve kardiyak olmayan hastalıklar sonucu hastaların genel sağlık durumunun kötüleşmesi ve egzersiz sırasında anjina pectoris, nefes darlığı ve yorgunluk semptomlarının oluşması hastaların fiziksel aktivite seviyesinin azalmasına yol açmaktadır [143]. Klinik kılavuzlar KAH'ta ikincil koruma sağlanması açısından haftada en az 150 dakika orta şiddette veya 60-75 dakika yüksek şiddette egzersiz yapılmasını önermelerine rağmen, hastaların yaklaşık üçte birlik kısmının fiziksel olarak önerilenden daha az aktif olduğu belirtilmektedir [69, 143, 144].

Fiziksel inaktivite vasküler endotelyal fonksiyon bozukluğu gelişmesinde etkili olan reaktif oksijen türlerinin üretimini artırdığı için hem endotelyal vazodilatasyon mekanizmasını bozarak hem de endotelyumda aterosklerotik plak oluşumuna neden olarak KAH'ın oluşmasına ve hastalığın ilerlemesine yol açmaktadır [145]. Ayrıca obezite, diyabetes mellitus ve hipertansiyon gibi metabolik hastalıkların ortaya çıkmasına neden olan fiziksel inaktivite dolaylı olarak da KAH gelişmesinde etkilidir [145, 146]. Kapsamlı epidemiyolojik çalışmalarda da fiziksel inaktivitenin koroner arter hastalarında mortalite ile ilişkili olduğu ve tüm nedenlere bağlı mortaliteyi 4 kat, kardiyovasküler nedenlere bağlı mortaliteyi ise 2,4 kat artırdığı belirtilmektedir [136, 147, 148].



3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Bireyler

Çalışmaya Temmuz 2025-Şubat 2026 tarihleri arasında Gazi Üniversitesi, Kardiyoloji Ana Bilim Dalında koroner arter hastalığı tanısı ile kardiyolog takibinde olan ve Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Kardiyopulmoner Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Ana Bilim Dalına kardiyak rehabilitasyon için yönlendirilen koroner arter hastaları dahil edildi. Tez çalışması 17.06.2025 tarihinde Gazi Üniversitesi Rektörlüğü Etik Komisyonu tarafından kabul edildi (Araştırma Kodu: 2025-1127) (EK 1). Çalışma ClinicalTrials.gov'a kaydedildi (ClinicalTrials.gov ID: NCT07148518).

Çalışmamızda örneklem büyüklüğü analizi G*Power paket programı (Version 3.1.9.2) kullanılarak yapıldı. Üst ve alt ekstremite KPET sırasında $VO_{2\text{zirve}}$ değeri için büyük etki genişliği Cohen's $d = 0,80$, %80 güç, %5 tip I hata ile yapılan analiz sonucunda her iki gruba en az 26 hastanın dahil edilmesi gerektiği hesaplandı. Çalışma, veri toplama süreci boyunca Helsinki Bildirgesi'nde belirtilen etik ilkelere uygun olarak yürütülmüştür [149]. Bu kapsamda çalışmaya katılan hastalara çalışmanın içeriği ve amacı detaylı olarak anlatıldı. Hastalara hazırlanan aydınlatılmış gönüllü onam formu imzalatıldı (EK 2). Çalışmaya aşağıda verilen işleme ve dışlama ölçütlerine uyan hastalar dahil edildi.

3.1.1. İşleme ölçütleri

- Konvansiyonel anjiyografi veya bilgisayarlı tomografi (BT) koroner anjiyografisi ile koroner arter hastalığı tanısı konulan [150],
- Yaşları 18-85 arasında olan,
- Klinik durumu takip altında ve stabil olan,
- Çalışmaya katılmaya gönüllü olan hastalar dahil edildi.

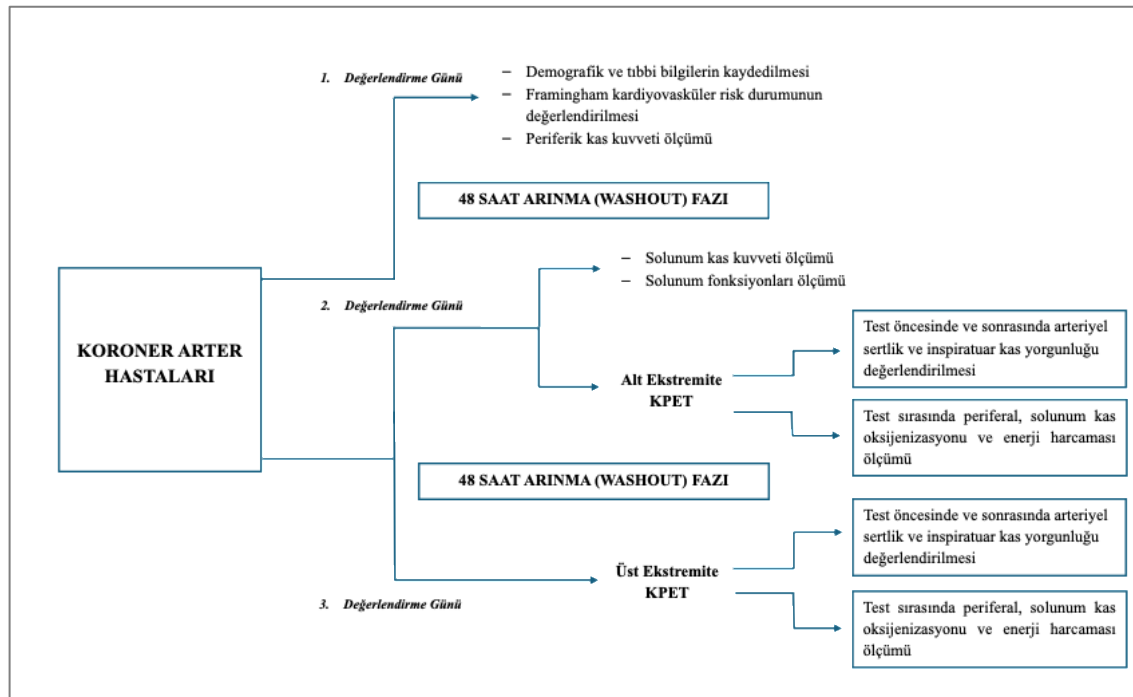
3.1.2. Dışlama ölçütleri

- Kalp yetmezliği tanısı konulan,
- Orta-ciddi kalp kapak hastalığı tanısı konulan,

- Amerikan Göğüs Hastalıkları Uzmanları Koleji (ACCP) ve Amerikan Toraks Derneği (ATS) rehberine göre egzersiz testlerine kesin ve/veya göreceli kontraendikasyonları olan [151],
- Egzersiz testlerini ve egzersiz kapasitesini etkileyebilecek tanıli ortopedik, nörolojik veya akciğer hastalığı olan,
- Koroner arter bypass cerrahisi geçirmiş hastalar çalışma dışı bırakıldı.

3.2. Yöntem

Çapraz geçişli olarak planlanan bu çalışmada kardiyoloji uzmanı tarafından koroner arter hastalığı tanısı konulan hastalar Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Kardiyopulmoner Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Ana Bilim Dalına kardiyopulmoner rehabilitasyon için yönlendirildi. İşleme ve dışlama ölçütlerine uyan ve çalışmaya katılmaya gönüllü olan hastaların koroner arter hastalığı tanı süreçleriyle ilgili klinik bilgiler, düzenli olarak kullandıkları ilaçlar ve dozları, ilaç dışı uygulanan tedaviler, konvansiyonel anjiyografi, BT koroner anjiyografi, ekokardiyografi ve laboratuvar tahlil sonuçları tıbbi dosyalarından alındı ve kaydedildi.



Şekil 3.1. Koroner Arter Hastalarının Değerlendirme Şeması

Her bir hastanın değerlendirmesi üç ayrı günde yapıldı.

- Değerlendirmelerin 1. günü: Hastaların demografik bilgileri ve hasta dosyalarından elde edilen bilgiler ile on yıllık kardiyovasküler hastalık gelişme risk yüzdeleri hesaplandı; periferik kas kuvveti değerlendirildi.
- Değerlendirmelerin 2. günü: İlk günden 48 saat sonra solunum kas kuvveti ve solunum fonksiyonları değerlendirildi. Ardından koşu bandında alt ekstremitte KPET'i yapıldı. Test sırasında enerji harcaması, periferik ve solunum kas oksijenizasyonu ölçüldü. Test öncesinde ve sonrasında arteriyel sertlik ve solunum kas yorgunluğu değerlendirildi.
- Değerlendirmelerin 3. günü: Alt ekstremitte KPET'ten 48 saat sonra kol ergometresinde üst ekstremitte KPET'i yapıldı. Test öncesinde, sırasında ve sonrasında alt ekstremitte KPET ile aynı parametreler değerlendirildi.

Testlerden sonra hastaların fiziksel aktivite düzeyi, akselerometre cihazının hafta içi 4 gün boyunca takılmasıyla değerlendirildi.

3.2.1. Bireylerin değerlendirilmesi

Hastaların yaş, cinsiyet, vücut ağırlıkları (kg), boy uzunlukları (cm), meslek ve medeni hali dahil tüm demografik, özgeçmiş ve soygeçmiş bilgileri, koroner arter hastalığı ile ilgili tanı öyküsü, kaç yıldır takip edildiği, son bir yılda hastaneye/acile başvuru sayısı, güncel olarak kullandığı ilaçlar, şu ana kadar aldığı tedaviler, radyolojik görüntüleme ve laboratuvar tahlil sonuçları hasta dosyasından kaydedildi. Medikal takipleri uzman kardiyoloji hekimi tarafından yapılan hastaların sigara ve alkol öyküsü “içici”, “bırakmış” ve “hiç içmemiş” buna ek olarak alkol öyküsü “sosyal içici” olarak sınıflandırıldı. Sigara maruziyeti paketyıl alkol maruziyeti ise kadehxgün olarak kaydedildi. Hastaların beden kütle indeksi (BKİ) vücut ağırlığının (kg) boy uzunluğunun karesine (m^2) bölünmesi formülü (kg/m^2) ile hesaplandı. Elde edilen sonuçlara göre BKİ'si $18,5 kg/m^2$ 'den küçük olan hastalar “kaşektik”, $18,5-24,9 kg/m^2$ arasında olan hastalar “normal kilolu”, $25,0-29,9 kg/m^2$ arasında olan hastalar “fazla kilolu”, $30,0-34,9 kg/m^2$ arasında olanlar “sınıf-I obezite”, $35,0-39,9 kg/m^2$ arasında olan hastalar “sınıf-II obezite” ve BKİ'si $40 kg/m^2$ 'nin üzerinde olan hastalar “sınıf-III obezite” olarak sınıflandırıldı [152].

3.2.2. Kardiyovasküler hastalık riskinin değerlendirilmesi

Kardiyovasküler (KVH) hastalık gelişme riskinin hesaplanmasında “Framingham Risk Modeli (FRM)” kullanıldı. Bu modelde hastalarda kardiyovasküler hastalık gelişme riski on yıllık zaman aralıklarında yaş, cinsiyet, total ve HDL kolesterol düzeyleri, kan basıncı ve sigara kullanımı ölçütlerine bağlı olarak hesaplanmaktadır [153]. Her bir ölçütün FRM’de belirlenen kesme noktasına göre puanlanmasının ardından alınan toplam puana göre hastaların kardiyovasküler hastalık riski yüzdesel (%) olarak belirlenmektedir. Bu modelde toplamda ‘1 puan: %6’, ‘2 puan: %8’, ‘3 puan: %10’, ‘4 puan: %12’, ‘5 puan: %15’, ‘6 puan: %20’, ‘7 puan: %25’ ve ‘ ≥ 10 puan: %30’ KVH gelişme riski olduğu belirtilmektedir. Alınan toplam puanın artması kardiyovasküler hastalık gelişme riskinin artmasına neden olmakla birlikte, modelde 3 risk grubu (yüksek, orta ve düşük) bulunmaktadır. Risk yüzdesi %10’un altında olan hastalar “düşük”, %10-20 arasında olan hastalar “orta” ve %20 ve üzerinde olan hastalar “yüksek” risk grubuna girmektedir [154].

3.2.3. Charlson komorbidite indeksi

Charlson komorbidite indeksi, birincil hastalığa eşlik eden diğer kronik hastalıkları tanımlayarak birincil hastalığın mortalite ile ilişkisini değerlendirir [155]. Bu indekste böbrek hastalığı, maligniteler, serebrovasküler hastalıklar, karaciğer hastalığı ve immün yetmezlik de dahil olmak üzere 19 komorbid hastalığın mortalite risk durumlarına göre 1, 2, 3 veya 6 olarak puanlanması sonucunda toplam 0-37 arasında puanlama yapılmaktadır. Alınan toplam puanın artması hastaların mortalite riskinin arttığı anlamına gelmekle birlikte, indekste 0 puan: “çok hafif”, 1-2 puan: “hafif”, 3-4 puan: “ağır” ve ≥ 5 puan: “çok ağır” olarak sınıflandırılmaktadır [156].

3.2.4. Solunum fonksiyonlarının değerlendirilmesi

Hastaların solunum fonksiyonları Amerikan Toraks Derneği (ATS) ve Avrupa Solunum Derneği (ERS) ölçütlerine göre spirometre cihazı (MIR Spirobank® Smart (ZEPHYRx®)) ile yapılan solunum fonksiyon testi ile değerlendirildi. Solunum fonksiyon testinde FVC, FEV₁, FEV₁/FVC, PEF ve FEF_{%25-75} parametreleri değerlendirilmektedir. Hastalar ayakları yerle tam temasta dik oturma pozisyonundayken burunları mandal ile kapatılarak yapılan bu test, üç aşamadan oluşmaktadır [157]. İlk aşamada hastalardan tidal volümde nefes alıp vermeleri

istendi. İkinci aşamada, sözel komutla birlikte total akciğer kapasitesine kadar derince nefes almasının ardından en az 6 saniye boyunca duraksamadan nefes vermesi ve son aşamada ise derin nefes alması istendi. Bu aşamalarda maksimal inspirasyonun hemen ardından hızlı ve derin verilen hava hacmi (FVC), zorlu ekspirasyonun birinci saniyesinde verilen hava hacmi (FEV_1), zorlu ekspirasyonun birinci saniyesinde verilen hava hacminin zorlu vital kapasiteye oranı (FEV_1/FVC), tepe akım hızı (PEF), zorlu ekspirasyon sırasında vital kapasitenin %25 ile %75 arasındaki akım hızının ($FEF_{\%25-75}$) dahil olduğu solunum fonksiyonlarını değerlendirmeyi sağlayan parametreler ölçüldü [158]. Teknik olarak doğru kabul edilen ve %95 oranında uyumlu olan üç solunum fonksiyon testi manevrasından en iyisi, istatistiksel analiz için seçildi. Seçilen testte ölçülen parametreler yaş, cinsiyet, boy ve kiloya göre beklenen değerin yüzdesi olarak kaydedilerek FEV_1/FVC oranı $<\%80$ ve FVC $>\%80$ ise obstrüktif, FEV_1/FVC oranı $\geq\%80$ ve FVC değeri $<\%80$ ise restriktif ve FEV_1/FVC oranı $<\%80$ ve FVC $<\%80$ ise karma tip solunum fonksiyon bozukluğu olması bakımından yorumlandı [157-159].

3.2.5. Solunum kas kuvvetinin değerlendirilmesi

Hastaların solunum kas kuvveti, non-invaziv bir yöntem olan istemli maksimal inspiratuar basınç (MIP) ve maksimal ekspiratuar basınç (MEP) ölçümleri ile değerlendirildi. Ölçümler, ATS/ERS ölçütlerine göre ağız basınç ölçüm cihazı (Micro Medical MicroRPM, İngiltere) ile, hasta ayakları yerle tam temasta, sırt destekli sandalyede dik oturma pozisyonundayken yapıldı. Müller manevrası olarak tanımlanan MIP ölçümü için hastadan rezidüel volüme kadar nefes vermesinin ardından burnuna klips takılarak cihaz içerisinden total akciğer kapasitesine kadar hızlı ve derin nefes alması istendi. Valsalva manevrası olarak tanımlanan MEP ölçümünde ise total akciğer kapasitesine kadar nefes almasının ardından hızlı ve kuvvetli bir nefes vermesi istendi. Bu ölçümde hava kaçaklarını önlemek için nefes verme sırasında hastaların yanakları tutularak desteklendi. Her iki manevrada da ölçülen en iyi iki değer arasındaki fark %5'ten veya 5 cmH₂O'dan az olana kadar en az 7 kez tekrarlandı. Ölçümler sonucunda analizde kullanılmak üzere en iyi değer cmH₂O olarak kaydedildi. Solunum kas kuvveti parametreleri, yaş ve cinsiyete göre beklenen değerlerin yüzdesi olarak hesaplanarak ifade edildi. Ölçümler Lista Paz ve arkadaşlarının referans eşitliği aracılığıyla yorumlandı [160].

Çizelge 3.1. Solunum kas kuvveti için Lista-paz ve arkadaşlarının referans eşitlikleri

	KADIN	ERKEK
MIP	$61.48 + 0.66 * (\text{yaş}) + 1.55 * (\text{BKİ}) - 0.01 * (\text{yaş})^2$	$98.60 + 1.18 * (\text{yaş}) + 0.76 * (\text{BKİ}) - 0.02 * (\text{yaş})^2$
MEP	$74.75 + 1.67 * (\text{yaş}) + 1.75 * (\text{BKİ}) - 0.02 * (\text{yaş})^2$	$58.11 + 3.71 * (\text{yaş}) + 2.64 * (\text{BKİ}) - 0.04 * (\text{yaş})^2$

BKİ: Beden Kütle İndeksi

Hastalarda solunum kas zayıflığını belirlemede de Lista-Paz ve arkadaşlarının kesme noktası kullanıldı. Bu kesme noktaları inspiratuar kas zayıflığı için kadınlarda MIP <62 cmH₂O ve erkeklerde <83 cmH₂O; ekspiratuar kas zayıflığı için kadınlarda MEP <81 cmH₂O ve erkeklerde <109 cmH₂O'dur [160].

3.2.6. Solunum kas yorgunluğunun değerlendirilmesi

Hastaların solunum kas yorgunluğu hem üst hem de alt ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testleri öncesinde ve testlerden hemen sonra ATS/ERS ölçütlerine göre ağız basınç ölçüm cihazı (Micro Medical MicroRPM, İngiltere) ile yapılan MIP ölçümü ile değerlendirildi. Testlerden önce yapılan ölçümler en yüksek iki MIP değeri arasındaki fark %5'ten veya 5 cmH₂O'dan az olana kadar en az 5 defa tekrar edildi. Testlerden hemen sonra, ölçülen en iyi iki MIP değeri arasındaki fark %5'ten veya 5 cmH₂O'dan az olana kadar en az 3 ölçüm yapıldı [161]. Kardiyopulmoner egzersiz testleri öncesi ve sonrasında yapılan ölçümlerde elde edilen en iyi MIP değerleri analizde kullanılmak amacıyla cmH₂O birimi olarak kaydedildi. Egzersiz testleri sonrasında beklenen MIP değerinde $\geq 10\%$ azalma inspiratuar kas yorgunluğu olarak kabul edildi [161].

3.2.7. Maksimal egzersiz kapasitesinin değerlendirilmesi

Hastaların üst ve alt ekstremitte maksimal egzersiz kapasitesi ATS ölçütlerine göre kardiyopulmoner egzersiz testi (KPET) ile değerlendirildi [151]. Kardiyopulmoner egzersiz testi pulmoner, kardiyovasküler, metabolik ve hematolojik olmak üzere vücutta bulunan sistemlerin egzersiz testi sırasındaki fizyolojik cevaplarının değerlendirilmesini sağlamaktadır. Maksimal düzeyde bir test olan kardiyopulmoner egzersiz testi istirahat, yükleme ve toparlanma olmak üzere 3 aşamadan oluşmaktadır. Test sırasında sürekli olarak kalp hızı (HR), saturasyon (SpO₂), arteriyel kan basıncı ve 12 derivasyonlu EKG ile kalp hızı, ritmi ve S-T segmenti takibi yapılmaktadır.

Hastaların alt ekstremitte maksimal egzersiz kapasitesi, alt ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testi mobil ergospirometre (Cosmed®, Quark. CPET, İtalya) ile koşu bandında (Trackmaster®, 3017 Full Vision, Newton, Ks ABD) yapıldı. Testin istirahat aşamasında hastalar ayaktaiken üç dakika boyunca istirahat verilerinin alınmasının ardından, yükleme aşamasında her bir dakikada bir 1 km/h hız ve %1 eğim artırılarak iş yükü artırıldı. Bu aşamada hastaların kalp hızı (HR), kalp hızı rezervi (HRR) ve test sırasındaki karbondioksit üretiminin oksijen tüketimine oranını veren solunum değişim oranı (RER) takibi yapılarak hastaların maksimale ulaşip ulaşmadığı değerlendirildi. Kalp hızı rezervinin 15 atım/dk'nin altına düşmesi ve/veya RER değerinin 1,05'in üzerine çıkması hastanın maksimale ulaştığı anlamına geldiği için bu durumlarda testin yükleme aşaması durdurularak toparlanma aşamasına geçildi [151].

Hastaların üst ekstremitte maksimal egzersiz kapasitesi ise üst ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testi, mobil ergospirometre (Cosmed®, Quark. CPET, Italy) ile kol ergometresinde (Monark® Rehab Trainer 881e, Vansbro, İsveç) yapıldı. Alt ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testi gibi, üst ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testi de istirahat, yükleme ve toparlanma olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır. Hastaların istirahat verilerinin oturma pozisyonunda üç dakika boyunca alınmasının ardından yükleme aşamasına geçildi ve bu aşamada iş yükü artışları, kol ergometresindeki devir hızı 50 RPM'de tutulurken her bir dakikada 10 watt artırılarak sağlandı. Test sırasında hastaların kalp hızı rezervi 15 atım/dk'nin altına düştüğünde ve/veya RER değeri 1,05'in üzerine çıktığında iş yükü azaltılarak toparlanma aşamasına geçildi. Bu iki parametreye ek olarak, ACCP ve ATS ölçütlerine göre çok ciddi nefes darlığı, göğüs ağrısı, sistolik kan basıncında 20 mmHg düşüş, baş dönmesi, kladikasyon gibi testin devamlılığını engelleyecek semptomların meydana gelmesi durumunda testler durdurularak toparlanma aşamasına geçildi [151].

Alt ve üst ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testlerinde istirahat, yükleme aşamasında her bir dakikada iş yükü artışı ve toparlanma aşamalarında oksijen satürasyonu (SpO_2 , %), oksijen tüketimi (VO_2 , ml/dk), kilogram başına oksijen tüketimi (VO_2 kg, ml/dk/kg), kalp hızı (HR, atım/dk), kalp hızı rezervi (HRR, atım/dk), oksijen nabızı (VO_2 /HR, ml), karbondioksit üretimi (VCO_2 , ml/dk), dakika ventilasyonu (VE, l/dk), solunum değişim oranı (RER), solunum frekansı (SF, soluk/dk), ventilasyon/oksijen oranı (VE/VO_2), ventilasyon/ karbondioksit oranı (VE/VCO_2), soluk sonu oksijen basıncı ($PETO_2$, mmHg), soluk sonu karbondioksit basıncı ($PETCO_2$, mmHg), tidal volüm (VT, L), oksijen alım

verimliliği eğimi (OUES, ml/dk/l/dk) ve metabolik eşik değeri (MET) parametreleri kaydedildi. Dispne (M. Borg Ölçeği), genel vücut ve ekstremiteler yorgunluk algısı (M. Borg Ölçeği), sistolik (mmHg) ve diyastolik (mmHg) kan basıncı parametreleri ise testler sırasında istirahat aşamasında, yükleme aşamasında her üç dakikada bir, maksimal seviyede ve toparlanma aşamasının birinci dakikasında alınarak analiz için kaydedildi. Tüm bu parametrelere ek olarak hem alt ekstremiteler hem de üst ekstremiteler kardiyopulmoner egzersiz testleri sırasında deltoid (Train.Red FYER®, Train.Red, Hollanda), quadriceps femoris (Train.Red FYER®, Train.Red, Hollanda) ve interkostal kasların (Moxy®, Fortiori Design LLC, Minnesota, ABD) üzerine yakın kızılötesi spektrometresi yerleştirilerek kas oksijenizasyonu ve triceps kasına ActiGraph GT1M akselerometre (ActiGraph LLC, Pensacola, FL) yerleştirilerek enerji harcaması değerlendirildi. Testler öncesinde ve sonrasında ise hastaların arteriyel sertlik düzeyleri arteriyografi cihazı (SphygmoCor XCEL®) ile, solunum kas yorgunluğu ise ağız basınç ölçüm cihazı (Micro Medical MicroRPM, İngiltere) ile maksimal inspiratuar basınç ölçümü aracılığıyla değerlendirildi.

3.2.8. Nefes darlığı, genel vücut ve ekstremiteler yorgunluk algısının değerlendirilmesi

Alt ve üst ekstremiteler KPET’te istirahat ile testler sırasındaki her üç dakikada bir iş yükü artışının hemen öncesinde, maksimal seviyede ve bir dakika sonrasında toparlanma periyodunda nefes darlığı, genel vücut ve ekstremiteler yorgunluk algısı Modifiye Borg Ölçeği ile değerlendirildi [162]. Modifiye Borg Ölçeği istirahat ve aktivite sırasında nefes darlığı ve yorgunluk düzeyini değerlendiren ve şiddetini 0-10 arasında puanlayan subjektif bir ölçektir. Ölçeğe göre 0 puan “hiç yok”, 10 puan “çok şiddetli” olmak üzere, ölçek puanı arttıkça nefes darlığı, genel vücut ve ekstremiteler yorgunluk algısı şiddetinin arttığı anlamına gelmektedir [162].

3.2.9. Arteriyel sertlik düzeyinin değerlendirilmesi

Hastaların hem üst hem de alt ekstremiteler kardiyopulmoner egzersiz testlerinin öncesinde ve sonrasında arteriyel sertlik düzeyler non-invaziv olarak arteriyografi cihazı (SphygmoCor XCEL®) ile değerlendirildi [163]. Cihaz ile karotid-femoral arter nabız dalga hızı (PWV), nabız transfer zamanı, artırılmış indeks (AIx), merkezi nabız basıncı, aort ve brakial arterlere ait kan basıncı, ortalama arter basıncı ve nabız parametreleri ölçülmektedir. Arteriyel sertlik düzeyi, artırılmış indeks (%) ve nabız dalga hızı (m/sn) parametreleri aracılığıyla

değerlendirilmektedir. Artırılmış indeks ölçümü için hasta sırt destekli sandalyede otururken, brakial arter üzerine hastaya uygun seçilen manşon yerleştirilmesinin ardından en az 3 ölçüm yapıldı. Ardından, tansiyon manşonundaki basınç algılayıcılar aracılığıyla bilgisayara aktarılan veriler SphygmoCor XCEL[®] programında analiz edildi. Karotid-femoral arter nabız dalga hızı ölçümü ise hasta sırtüstü yatış pozisyonunda, femoral arter üzerine hastaya uygun seçilen manşon ve karotid arter üzerine aplanasyon tonometresi yerleştirilerek yapıldı. SphygmoCor XCEL[®] programından elde edilen veriler analizde kullanılmak amacıyla kaydedildi [164].

3.2.10. Kas oksijenizasyonunun değerlendirilmesi

Hastaların solunum kas oksijenizasyonu yakın kızılötesi spektrometre (Moxy[®], Fortiori Design LLC, Minnesota, ABD) cihazı ile değerlendirildi. Alt ve üst ekstremitelerde kardiyopulmoner egzersiz testlerinde cihaz hastaların orta klaviküler ve ön aksiller çizgileri arasındaki yedinci interkostal aralığa yerleştirildi [165]. Kas kılcal damarlarında lokal oksijen saturasyonu ve toplam hemoglobin değerlerini ölçen cihaz, aynı zamanda iskelet kaslarındaki oksijen yüzdesini ($SmO_2\%$) ve toplam hemoglobin konsantrasyonunu (THb) ölçmektedir. Bu ölçümlerde, kas oksijenizasyonunun stabilize olması amacıyla istirahat verileri için cihaz yerleşimi yapıldıktan sonra 3 dakika beklendi. Ardından istirahatteki SmO_2 ($SmO_{2\text{istirahat}}$), total hemoglobin (THb_{istirahat}) değerleri ve egzersiz testleri sırasında ise SmO_2 , ortalama SmO_2 ($SmO_{2\text{ort}}$), total hemoglobin ile kas oksijen saturasyonu farkı ($\Delta SmO_{2\text{min}}$, $\Delta SmO_{2\text{max}}$, $\Delta SmO_{2\text{ort-min}}$, $\Delta SmO_{2\text{ort-max}}$, ΔTHb_{min} , ΔTHb_{max}), toparlanmanın birinci dakikasında ise SmO_2 , $SmO_{2\text{ort}}$, ve THb ($SmO_{2\text{top}}$, $SmO_{2\text{top-ort}}$, THb_{top}) değerleri kaydedildi [166].

Hastaların periferik kas oksijenizasyonu, yakın kızılötesi spektrometre (Train.Red FYER[®], Train.Red, Hollanda) cihazı ile değerlendirildi. Cihaz problemleri, üst ve alt ekstremitelerde kardiyopulmoner egzersiz testleri sırasında, alt ekstremitelerde spina iliaka anterior superior ile patella laterali arasındaki mesafenin 2/3'lük kısmında, quadriceps femoris kasının bir parçası olan vastus lateralis kasına; üst ekstremitelerde ise deltoid kasının ortasına yerleştirildi [167]. Bu cihaz, iskelet kaslarındaki oksijen yüzdesini ($SmO_2\%$), oksihemoglobin ile deoksihemoglobin arasındaki farkı (HbDiff) ve toplam hemoglobin konsantrasyonunu (THb) ölçmektedir. Ölçümlerde cihaz yerleşimi yapıldıktan sonra hem ölçümler hem de kas oksijenizasyonu stabilize olana kadar 3 dakika beklendi. Cihaz ile ölçülen tüm

parametrelerin istirahatteki, testler sırasındaki kas oksijen satürasyonu ile toplam hemoglobin farkı ve bir dakika sonra toparlanma sırasındaki değerleri, analizde kullanılmak üzere kaydedildi [168].

3.2.11. Enerji harcamasının değerlendirilmesi

Hastaların üst ve alt ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testi sırasındaki enerji tüketimleri akselerometre (ActiGraph, LLC, Pensacola, FL) ile değerlendirildi. Egzersiz testlerinden önce hastaların koluna, triceps kasına yerleştirilen cihaz ile testlerde MET değerleri, toplam enerji tüketimleri elde edildi. Bu değerler hastaların yaş, cinsiyet, boy ve kilo bilgilerine uygun olarak “ActiLife Software (ActiGraph, LLC, Pensacola, FL)” analiz programı aracılığıyla analiz edildi [169].

3.2.12. Periferik kas kuvvetinin değerlendirilmesi

Hastaların diz ekstansörleri ve omuz abdükörlerinin periferik kas kuvveti taşınabilir el dinamometresi (K-Force Push, Kinvent, Fransa) ile değerlendirildi. Hasta desteksiz dik oturma pozisyonunda omuz abdükörlerinin kas kuvvet testinde kol 90° abduksiyonda olacak şekilde pozisyonlandı. Ölçüm yapılacak cihaz ile dirsek ekleminin proksimalinden hastanın direncini kırana kadar aşağı yönde baskı uygulandı. Diz ekstansörlerinin kas kuvvet testinde ise, hasta kalça ve dizi 90° olacak şekilde desteksiz oturma pozisyonunda ölçüm yapılacak ekstremitenin popliteal fossasının altına yumuşak bir materyal yerleştirildikten sonra hastadan dizini düz olarak uzatması istendi ve hastanın direnci kırılana kadar ayak bileğinin proksimalinden aşağı yönde baskı uygulandı. Her iki kas kuvvet testi hem sağ hem sol ekstremiteler için üçer defa uygulandı ve analiz için en yüksek değer Newton (N) cinsinden kaydedildi. Hastaların yaş, cinsiyet ve vücut ağırlıklarına göre beklenen değerleri Bohannon ve diğerlerinin referans eşitliği aracılığıyla hesaplandı [170]

Çizelge 3.2. Periferik kas kuvveti için Bohannon ve arkadaşlarının referans eşitlikleri

	Omuz Abdükörleri	Diz Ekstansörleri
Baskın Olan Ekstremit	$178.90 - 77.1 * (\text{cinsiyet}) - 1.128 * (\text{yaş}) + 0.134 * (\text{vücut ağırlığı})$	$465.22 - 84.7 * (\text{cinsiyet}) - 4.803 * (\text{yaş}) + 0.325 * (\text{vücut ağırlığı})$
Baskın Olmayan Ekstremit	$165.16 - 74.9 * (\text{cinsiyet}) - 0.910 * (\text{yaş}) + 0.126 * (\text{vücut ağırlığı})$	$480.70 - 95.0 * (\text{cinsiyet}) - 4.868 * (\text{yaş}) + 0.310 * (\text{vücut ağırlığı})$

Cinsiyet: 0; erkek 1; kadın, yaş: yıl, vücut ağırlığı: Newton

3.2.13. Fiziksel aktivite seviyesinin değerlendirilmesi

Hastaların fiziksel aktivite seviyeleri ActiGraph GT1M akselerometre (ActiGraph LLC, Pensacola, FL) ile değerlendirildi. Cihaz hastanın baskın olmayan bileğine hafta içi 4 gün boyunca takıldı [171]. Hastalara, cihazı banyo yapmak gibi ıslanabileceği durumlarda çıkartmaları dışında, 4 gün boyunca sürekli olarak takmaları söylendi. Vücutta meydana gelen hareketleri ivme olarak algılayarak sayısal aktivite ölçütlerine dönüştüren akselerometre ile ortalama MET değeri (MET/gün), günlük adım sayısı (adım/gün), sedanter ve farklı şiddetlerde (hafif, orta, orta-şiddetli, şiddetli ve çok şiddetli) fiziksel olarak aktif olma süresi (dakika/gün) ve bu şiddetlerdeki fiziksel aktivitelerin cihazın takıldığı süre boyunca yüzdesel (%) olarak dağılımları elde edilmektedir [169]. Akselerometrenin hastaya verilmeden önce başlatılması, kaydedilen verilerin indirilmesi ve hastaların cinsiyet, yaş, boy ve kilo demografik özelliklerine uygun olarak analiz edilmesinde “ActiLife Software (ActiGraph, LLC, Pensacola, FL)” programı kullanıldı. Analiz sonucunda dört gün boyunca elde edilen verilerin ortalaması alınarak kaydedildi [169].

Hastaların fiziksel aktivite seviyesi cihaz ile ölçülen günlük ortalama MET değerine ve günlük atılan adım sayısı aracılığıyla sınıflandırıldı. Bu sınıflandırma ortalama günlük MET değerine göre fiziksel aktivite seviyesi “<1,5 MET/gün: inaktif”, “1,5-2,99 MET/gün: az aktif”, “3,0-5,99 MET/gün: biraz aktif”, “≥ 6 MET/gün: çok aktif”; günlük adım sayısına göre fiziksel aktivite seviyesi ise “<5000 adım/gün: inaktif”, “5000-7499 adım/gün: az aktif”, “7500-9999 adım/gün: biraz aktif”, “10000-12499 adım/gün: aktif ve “≥ 12500 adım/gün: çok aktif” kategorilerine uygun olarak yapıldı [172, 173].

3.3. İstatistiksel Analiz

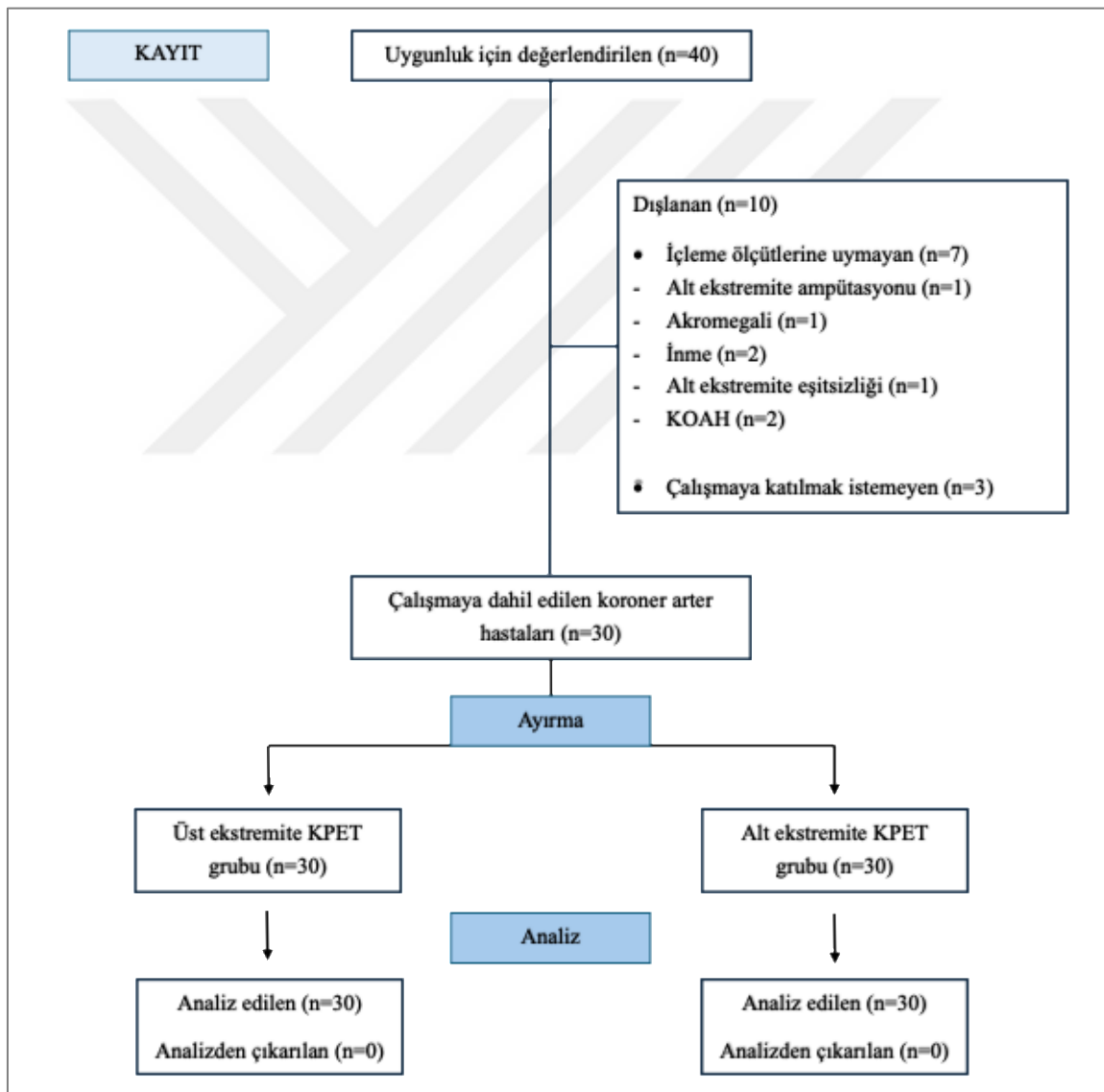
Çalışmamızın istatistiksel analizi için Windows tabanlı SPSS 31.0 yazılımı (SPSS Inc., Chicago, ABD) kullanıldı. Verilerin normal dağılıma uygunluğunu değerlendirmek için “Kolmogorov-Smirnov/Shapiro-Wilk testleri” ile görsel olarak “histogram ve olasılık grafikleri” kullanıldı. Değerlendirme sonucunda, tanımlayıcı analizler normal dağılan değişkenler için ortalama ve standart sapma, normal dağılıma uymayan değişkenler için ortanca ve çeyrekler arası açıklık değerleri ile kategorik değişkenler için sayı ve yüzde (%) değerleri aracılığıyla verildi. Çalışmada aynı hastanın iki egzersiz testinde değerlendirilen normal dağılıma sahip parametrelerdeki farkların karşılaştırılmasında bağımsız örneklem t

testi, normal dağılıma sahip olmayan parametrelerde ise Mann-Whitney U testi kullanıldı. Üst ve alt ekstremite KPET'lerinin arteriyel sertlik ve solunum kas yorgunluğu üzerindeki etkisini araştırmak için iki yönlü *ANCOVA* testi uygulandı. İstatistiksel analizde yanılma payı $p < 0,05$ olarak belirlendi. Yanılma olasılığının “ $p = 0,05 - 0,065$ ” arasında olma durumu istatistiksel anlamlılığa yakın kabul edildi. Çalışmanın gücü, ‘G*Power (Version 3.1.9.2)’ paket programında alt ve üst ekstremite egzersiz testlerindeki $VO_{2\text{zirve}}$ 'ye göre hesaplandı.



4. BULGULAR

Çalışmaya Gazi Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Ana Bilim Dalı tarafından koroner arter hastalığı tanısı konulmuş 40 hasta Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Kardiyopulmoner Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Ana Bilim Dalı'na kardiyak rehabilitasyon için yönlendirildi. Yedi hasta işleme ölçütlerine uymadı ve üç hasta çalışmaya katılmak istemedi. Otuz hasta çalışmaya dahil edildi. Çalışmanın “STROBE” akış şeması Şekil 4.1.’de yer almaktadır.



Şekil 4.1. Çalışmanın “STROBE” akış şeması

Koroner arter hastalarının yaş, boy, vücut ağırlığı, BKİ ve BKİ sınıflandırması Çizelge 4.1.’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Koroner arter hastalarının demografik özellikleri

Koroner Arter Hastaları (n=30)	
Özellikler	X±SS
Yaş (yıl)	54±11
Boy uzunluğu (cm)	164±10
Vücut ağırlığı (kg)	79±12
Beden kütle indeksi (kg/m ²)	29,28±3,61
• Kaşektik (<18,5 kg/m ²)	0
• Normal kilolu (18,5-24,9 kg/m ²)	3 (%10)
• Fazla kilolu (25,0-29,9 kg/m ²)	18 (%60)
• Sınıf I obezite (30,0-34,9 kg/m ²)	6 (%20)
• Sınıf II obezite (35,0-39,9 kg/m ²)	3 (%10)

cm: Santimetre, kg: Kilogram, m²:Metrekare, %: Yüzde, n: Birey sayısı, X±SS: Ortalama±standart sapma

Koroner arter hastalarının cinsiyet dağılımları Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Koroner arter hastalarının cinsiyet dağılımları

	n	%
Kadın	17	56,7
Erkek	13	43,3

n: Birey sayısı, %: Yüzde

Koroner arter hastalarının sigara öyküleri Çizelge 4.3.'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Koroner arter hastalarının sigara öyküleri

	n	%
Hala İçiyor	12	40
Bırakmış	9	30
Hiç İçmemiş	9	30

n: Birey sayısı, %: Yüzde

Koroner arter hastalarının sigara maruziyetleri Çizelge 4.4.'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Koroner arter hastalarının sigara maruziyetleri

Koroner Arter Hastaları (n=30)	
Ortanca (IQR)	
Sigara maruziyeti (paketxyıl)	18,75 (0-30)

n: Birey sayısı

Koroner arter hastalarının 30'unun (%100) komorbiditesi vardı. (Çizelge 4.5.)

Çizelge 4.5. Koroner arter hastalarının komorbidite ve oranları

Koroner Arter Hastaları (n=30)		
	n	%
Komorbidite	30	100
Hipertansiyon	17	56,7
Koroner arter hastalığı	30	100
Diabetes mellitus	12	40
Astım	0	0
KOAH	0	0
Kalp yetmezliği	0	0
İAH	0	0
Kanser	0	0

KOAH: Kronik obstrüktif akciğer hastalığı, İAH: İnterstiyal akciğer hastalığı, n: Birey sayısı, %: Yüzde

Koroner arter hastalarının ‘Charlson Komorbidite İndeksi’ puanları ve ‘Charlson Komorbidite İndeksi’ risk sınıflaması Çizelge 4.6.’da verilmiştir.

Çizelge 4.6 Koroner arter hastalarının ‘Charlson Komorbidite İndeksi’ puanları ve risk sınıflaması

Koroner Arter Hastaları (n=30)		
Ortanca (IQR)		
Charlson Komorbidite İndeksi (0-37 puan)	2 (1-3)	
	n	%
Çok hafif (0 puan)	2	6,7
Hafif (1-2 puan)	17	56,7
Ağır (3-4 puan)	9	30
Çok ağır (≥ 5 puan)	2	6,7

%: Yüzde, n: Birey sayısı

Koroner arter hastalarının kullandığı ilaçlar Çizelge 4.7.’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Koroner arter hastalarının kullandığı ilaçlar

	Koroner Arter Hastaları (n=30)	
	n	%
Beta bloker Etkili	20	66,7
ACE İnhibitörleri	9	30
Kalsiyum Kanal Blokerleri	3	10
Anti-Platelet Etkili	25	83,3
Anti-Anginal Etkili	6	20
Anti-Koagulan Etkili	1	3,3
Statin Etkili	21	70
Anti-Hipertansif Etkili	17	56,7
Anti-Diyabet Etkili	8	26,7
Anti-İnflamatuvar Etkili	6	20

%; Yüzde, n: Birey sayısı

Koroner arter hastalarının konvansiyonel anjiyografi veya bilgisayarlı tomografi koroner anjiyografisi sonuçlarına göre koroner arter hastalık sınıflaması Çizelge 4.8.'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Koroner arter hastalığının sınıflaması

Koroner arter hastalığı sınıflaması	Koroner Arter Hastaları (n=30)	
	n	%
≤50 % (non-obstrüktif)	20	66,7
>50 % (obstrüktif)	10	33,3

%; Yüzde, n: Birey sayısı

Koroner arter hastalarının 'Framingham Risk Modeli' kullanılarak hesaplanan 10 yıllık kardiyovasküler hastalık gelişme risk puanı, yüzdesi ve sınıflaması Çizelge 4.9.'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Koroner arter hastalarının 'Framingham Risk Modeli' puanları, yüzdeleri ve sınıflaması

	Koroner Arter Hastaları (n=30)	
	X±SS	
Framingham Risk Puanı	7,95±2,74	
Framingham Risk Yüzdesi	12,71±5,17	
Framingham Risk Sınıflaması	n	%
• Düşük Risk (<%10)	8	26,7
• Orta (%10-20)	18	60
• Yüksek (>%20)	4	13,3

%; Yüzde, n: Birey sayısı, X±SS: Ortalama±standart sapma

Koroner arter hastalarının solunum fonksiyon testi sonuçları Çizelge 4.10.'da verilmiştir. On iki hastanın (%40) solunum fonksiyon testi sonuçları normaldi ancak 18 hastada (%60) obstrüktif tip solunum fonksiyon bozukluğu, 11 hastada (%36,7) büyük hava yolu obstrüksiyonu ve 2 hastada (%6,7) küçük hava yolu obstrüksiyonu vardı.

Çizelge 4.10. Koroner arter hastalarının solunum fonksiyon testi sonuçları

Koroner Arter Hastaları (n=30)	
X±SS	
Ortanca (IQR)	
FEV₁ (L)	2,81±0,84
FEV₁ (%)	103,57±18
FVC (L)	3,65±1,12
FVC (%)	103,95 (92,20-124,30)
FEV₁/FVC	77,05±7,88
PEF (L)	350±134,48
PEF (%)	86,16±24,84
FEF_{%25-75} (L)	2,65±0,98
FEF_{%25-75} (%)	104,14±36,15

FEV₁: Birinci saniyedeki zorlu ekspiratuar hacim, FVC: Zorlu vital kapasite, FEV₁/FVC: Birinci saniyedeki zorlu ekspiratuar hacmin zorlu vital kapasiteye oranı, PEF: Tepe ekspiratuar akım hızı, FEF_{%25-75}: Zorlu ekspirasyon ortası akım hızı, , L: Litre, %: Yüzde, X±SS: Ortalama±standart sapma, n: Birey sayısı

Koroner arter hastalarının MIP ve MEP değerleri Çizelge 4.11.'de verilmiştir. On hastada (%33,3) inspiratuar, altı hastada (%20) ekspiratuar kas zayıflığı vardı.

Çizelge 4.11. Koroner arter hastalarının solunum kas kuvveti değerleri

Koroner Arter Hastaları (n=30)		
	X±SS	Ortanca (IQR)
MIP (cmH ₂ O)	84±27,4	
MIP (%)	70±19,88	
MEP (cmH ₂ O)	105,50 (89-148)	
MEP (%)	65,34±14,89	
	n	%
İnspiratuar kas zayıflığı	10	33,3
Ekspiratuar kas zayıflığı	6	20

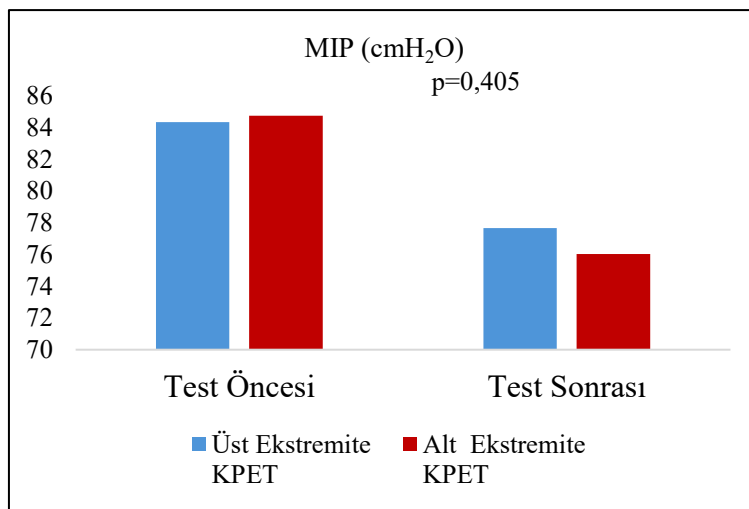
MIP: Maksimal inspiratuar basınç, MEP: Maksimal ekspiratuar basınç, cmH₂O: Santimetre su basıncı, %: Yüzde, X±SS: Ortalama±standart sapma, %: Yüzde, n: Birey sayısı

Üst ve alt ekstremitte KPET sonrasında MIP (cmH₂O) değeri istatistiksel benzerdi ($p>0,05$). Ancak hem üst ekstremitte KPET grubunda hem de alt ekstremitte KPET grubunda grup içerisinde MIP (cmH₂O) değeri istatistiksel anlamlı azaldı ($p<0,001$, Çizelge 4.12.). Alt ekstremitte KPET grubunda 11 hastada (%36,7), üst ekstremitte KPET grubunda ise 6 hastada (%20) solunum kas yorgunluğu görüldü.

Çizelge 4.12. Koroner arter hastalarının üst ve alt ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testi öncesi ile sonrası solunum kas yorgunluğu değerlerinin karşılaştırılması

	Üst Ekstremitte KPET (n=30)			Alt Ekstremitte KPET (n=30)			
	Test Öncesi	Test Sonrası	Grup İçi	Test Öncesi	Test Sonrası	Grup İçi	Test Etkisi
	X±SS	X±SS	p	X±SS	X±SS	p	p
MIP (cmH ₂ O)	84,33±24,66	77,66±25,23	< 0,001*	84,73±26,62	76,03±25,43	< 0,001*	0,405

MIP: Maksimal inspiratuar basınç, MEP: Maksimal ekspiratuar basınç, cmH₂O: Santimetre su basıncı, %: Yüzde, X±SS: Ortalama±standart sapma, ANCOVA testi, $p<0,05$



Şekil 4.2. Üst ve alt ekstremitte KPET gruplarının test öncesi ve sonrası MIP değerlerinin karşılaştırılması

Koroner arter hastalarının istirahat sırasında üst ve alt ekstremitte KPET parametreleri arasından RER, MET, VO_2 (ml/dk), VO_2 kg (ml/dk/kg), VCO_2 (ml/dk), VE (l/dk), HR (atım/dk), HRR (atım/dk), VO_2 /HR (ml), VE/ VO_2 , VE/ VCO_2 , tidal volüm (L), solunum frekansı (soluk/dk), SpO_2 (%), SKB (mmHg), DKB (mmHg), dispne, genel vücut ve kol/bacak yorgunluk algısı istatistiksel benzerdi ($p>0,05$). Üst ekstremitte KPET sırasında $PETO_2$ (mmHg) alt ekstremitteye göre istatistiksel anlamlı daha fazla ve $PETCO_2$ (mmHg) istatistiksel anlamlı daha azdı ($p<0,05$, Çizelge 4.13.- Çizelge 4.14.).

Koroner arter hastalarının üst ve alt ekstremitte KPET sırasında anaerobik eşikteki (AT) HRR (atım/dk) ve SpO_2 (%) parametreleri istatistiksel benzerdi ($p>0,05$). Üst ekstremitte KPET anaerobik eşikte MET, VO_2 (ml/dk), VO_2 kg (ml/dk/kg), VCO_2 (ml/dk), VE (l/dk), HR (atım/dk), VO_2 /HR (ml), $PETCO_2$ (mmHg) ve tidal volüm (L) parametreleri alt ekstremitteye göre istatistiksel anlamlı daha azdı; RER, solunum frekansı (soluk/dk), VE/ VO_2 , VE/ VCO_2 ve $PETO_2$ (mmHg) parametreleri ise alt ekstremitteye göre istatistiksel anlamlı daha fazlaydı ($p<0,05$, Çizelge 4.13.- Çizelge 4.14.).

Koroner arter hastalarının üst ve alt ekstremitte KPET maksimal iş yükündeki RER, AE (%), SpO_2 (%), DKB (mmHg) ve genel vücut yorgunluk algısı istatistiksel benzerdi ($p>0,05$). Üst ekstremitte KPET sırasında MET, VO_2 (ml/dk), VO_2 kg (ml/dk/kg), VO_2 (%), VCO_2 (ml/dk), VE (l/dk), HR (atım/dk), HR (%), VO_2 /HR (ml), VO_2 /HR (%), $PETCO_2$ (mmHg), tidal volüm (L), OUES (ml/dk/l/dk), SKB (mmHg) ve dispne algısı alt ekstremitteye göre istatistiksel anlamlı daha azdı; HRR (atım/dk), VE/ VO_2 , VE/ VCO_2 , $PETO_2$ (mmHg), solunum frekansı (soluk/dk), solunum rezervi (%) ve kol/bacak yorgunluk algısı parametreleri ise alt ekstremitteye göre istatistiksel anlamlı daha fazlaydı ($p<0,05$, Çizelge 4.13.- Çizelge 4.14.). Alt ekstremitte KPET sırasında 18 hasta (%60) maksimal kalp hızına ulaştı; 3 hasta (%10) nefes darlığı, 2 hasta (%6,7) ekstremitte yorgunluğu ve 4 hasta (%13,3) göğüs ağrısı nedeniyle testi bitirdi. Üst ekstremitte KPET sırasında 7 hasta (%23,3) maksimal kalp hızına ulaştı; 2 hasta (%6,7) nefes darlığı, 11 hasta (%36,7) ekstremitte yorgunluğu ve 2 hasta (%6,7) göğüs ağrısı nedeniyle testi bitirdi. Üst ekstremitte KPET sırasında 30 hastanın (%100) alt ekstremitte KPET sırasında ise 20 hastanın (%66,7) $VO_{2zırve}$ 'si parametresi beklenenin %85'inden azdı. Üst ekstremitte KPET sırasında 19 hastanın (%63,3), alt ekstremitte KPET sırasında ise 2 hastanın (%3,3) VO_2 /HR'i beklenenin %80'inden azdı.

Çizelge 4.13. Koroner arter hastalarının istirahat sırasındaki üst ve alt ekstremitelerde kardiyopulmoner egzersiz testi sonuçlarının karşılaştırılması

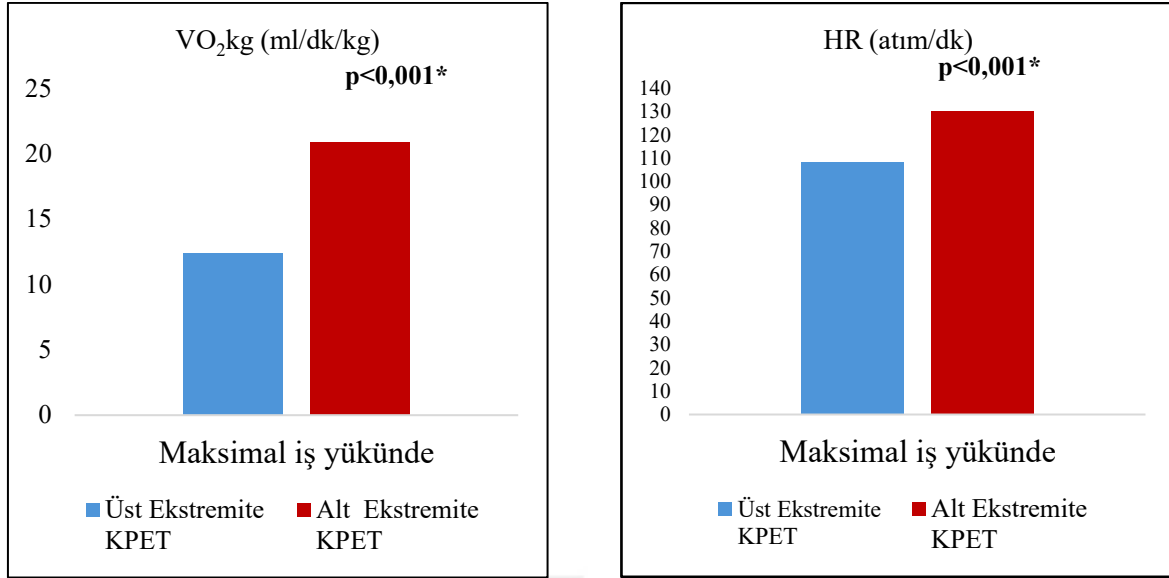
	Üst Ekstremiteler KPET (n=30)	Alt Ekstremiteler KPET (n=30)	Ort. fark %95CI/U	p
	X±SS/ Ortanca (IQR)	X±SS/ Ortanca (IQR)		
RER _{istirahat}	0,89±0,06	0,87±0,04	-0,01 (-0,04-0,01)	0,417
RER _{AT}	0,93 (0,90-0,97)	0,82 (0,79-0,93)	214	< 0,001 *
RER _{maks}	1,13 (1,07-1,17)	1,09 (1,03-1,15)	363,5	0,200
MET _{istirahat}	1,20±0,26	1,28±0,27	0,07 (-0,01-0,16)	0,105
MET _{AT}	2,20 (1,80-2,60)	4,20 (3,30-4,60)	51	< 0,001 *
MET _{maks}	3,49±0,72	5,96±1,50	2,46 (1,84- 3,08)	< 0,001 *
VO₂ _{istirahat (ml/dk)}	365,40±84,02	397,90±93,07	32,50 (-13,32-78,32)	0,161
VO₂ _{AT (ml/dk)}	621,50±153,34	1120,36±319,18	498,86 (368,36-629,36)	< 0,001 *
VO₂ _{maks (ml/dk)}	970 (762-1020)	1515 (1202-1998)	72,5	< 0,001 *
VO₂kg _{istirahat (ml/dk/kg)}	4,61±0,76	4,89±0,8	0,27 (-0,12-0,68)	0,178
VO₂kg _{AT (ml/dk/kg)}	7,75±1,60	14,29±3,66	6,54 (5,06-8,01)	< 0,001 *
VO₂kg _{maks (ml/dk/kg)}	12,36±2,62	20,89±5,42	8,52 (6,29-10,74)	< 0,001 *
VO₂ _{maks (%)}	48,30±9,83	78,70±10,54	30,39 (25,12-35,66)	< 0,001 *
VCO₂ _{istirahat (ml/dk)}	312,50 (255-363)	322,50 (284-378)	425	0,712
VCO₂ _{AT (ml/dk)}	598,50 (469-680)	842,50 (771-1181)	148	< 0,001 *
VCO₂ _{maks (ml/dk)}	1001 (816-1149)	1655 (1202-2173)	110	< 0,001 *
VE _{istirahat (l/dk)}	13,30 (10,60-14,60)	13,25 (10,70-14,80)	434	0,813
VE _{AT (l/dk)}	21,97±5,78	32,22±10,67	10,25 (5,78-14,71)	< 0,001 *
VE _{maks (l/dk)}	37,50 (30,80-42,60)	54,60 (42,40-65,80)	150,50	< 0,001 *
HR _{istirahat (atım/dk)}	75,16±10,52	77,66±10,49	2,50 (-2,93-7,93)	0,361
HR _{AT (atım/dk)}	90 (82-96)	104,50 (93-113)	239,50	0,002
HR _{maks (atım/dk)}	108,23±18,92	130,13±20,94	21,90 (11,58-32,21)	< 0,001 *
HR _{maks (%)}	76,43±13,77	89,31±11,91	12,88 (6,22-19,53)	< 0,001 *
HRR _{istirahat (atım/dk)}	68,20±23,01	69,30±21,78	1,10 (-10,48-12,68)	0,850
HRR _{AT (atım/dk)}	46 (34-68)	42 (26-52)	358,50	0,175
HRR _{maks (atım/dk)}	35,13±24,33	16,73±19,04	-18,4 (-29,69-(-7,10))	0,002
VO₂/HR _{istirahat (ml)}	4,60 (4,10-5,50)	4,55 (4,10-6,20)	425	0,711
VO₂/HR _{AT (ml)}	6,83±1,57	10,83±2,52	3,99 (2,90-5,08)	< 0,001 *
VO₂/HR _{maks (ml)}	9,20 (7,50-10,50)	13 (10,90-14,50)	158	< 0,001 *
VO₂/HR _{maks (%)}	76,90±12,39	102,46±17,73	25,56 (17,66-33,47)	< 0,001 *
VE/VO₂ _{istirahat}	33,13±3,34	31,46±3,75	-1,67 (-3,51-0,16)	0,074
VE/VO₂ _{AT}	32,36±3,28	26,82±3,34	-5,54 [(-7,26)-(-3,83)]	< 0,001 *
VE/VO₂ _{maks}	37,45±3,73	34,61±3,91	-2,84 (-4,82-(-0,86))	0,006
VE/VCO₂ _{istirahat}	37,59±3,45	36,50±3,73	-1,09 (-2,95-0,76)	0,242
VE/VCO₂ _{AT}	29,14±3,72	31,96±4,43	-2,82 [(-4,93)-(-0,70)]	0,010
VE/VCO₂ _{maks}	34,21±3,08	31,61±2,90	-2,59 (-4,14-(-1,04))	0,001

RER: Solunum değişim oranı, VO₂: Oksijen tüketimi, VO₂kg: Kilogram başına oksijen tüketimi, MET: Metabolik eşdeğer, VE: Dakika ventilasyonu, HR: Kalp hızı, HRR: Kalp hızı rezervi, VO₂/HR: Oksijen nabızı, VCO₂: Karbondioksit üretimi, VE/CO₂: Ventilasyonun karbondioksit oranı, VE/VO₂: Ventilasyonun oksijene oranı, AT: Anaerobik eşik, Maks: Maksimal iş yükü, %: Yüzde, L: litre, X±SS: Ortalama±standart sapma, Ort. fark: Ortalama fark, CI: Güven aralığı, Bağımsız örneklem t testi, Mann Whitney U testi, p<0,05

Çizelge 4.14. Koroner arter hastalarının üst ve alt ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testi sonuçlarının karşılaştırılması (devamı)

	Üst Ekstremitte KPET (n=30) X±SS/ Ortanca (IQR)	Alt Ekstremitte KPET (n=30) X±SS/ Ortanca (IQR)	Ort. fark %95CI/U	p
PETO ₂ istirahat (mmHg)	102 (100-103)	99 (97-101)	283	0,013
PETO ₂ AT (mmHg)	97,70±3,64	91,53±4,09	-6,16 [(-8,17)-(-4,16)]	< 0,001*
PETO ₂ maks (mmHg)	102 (100-103)	98 (97-101)	224	< 0,001*
PETCO ₂ istirahat (mmHg)	29 (27-31)	30,50 (29-32)	313	0,041
PETCO ₂ AT (mmHg)	33,50±3,09	36,63±2,82	3,13 (1,60-4,66)	< 0,001*
PETCO ₂ maks (mmHg)	34 (33-35)	37 (35-39)	209,50	< 0,001*
Tidal volüm _{istirahat} (L)	0,67±0,19	0,68±0,20	0,00 (-0,09-0,11)	0,876
Tidal volüm _{AT} (L)	0,88 (0,82-1,14)	1,05 (0,89-1,57)	282	0,013
Tidal volüm _{maks} (L)	1,21 (0,96-1,67)	1,56 (1,23)	257	0,004
Solunum frekansı _{istirahat} (soluk/dk)	20,25 (16-22,40)	18,35 (15,40-20,90)	393,5	0,403
Solunum frekansı _{AT} (soluk/dk)	22,05 (19,40-29)	25,75 (22,20-28,40)	336,50	0,093
Solunum frekansı _{maks} (soluk/dk)	31,35 (28,80-36,20)	27,70 (24,30-33,20)	316	0,048
SpO ₂ istirahat (%)	99 (99-100)	99 (98-100)	370,50	0,212
SpO ₂ AT (%)	99 (98-99)	98 (97-99)	344	0,105
SpO ₂ maks (%)	99 (98-99)	98,50 (97-99)	371	0,210
AT _{maks} (%)	66,93±13,82	69,56±9,60	2,63 (-3,51-8,78)	0,395
SR _{maks} (%)	68,51±6,36	52,28±9,38	-16,23 (-20,38-(-12,09))	< 0,001*
OUES _{maks} (ml/dk/l/dk)	1330,76±319,96	2045,33±554,53	714,56 (479,33-949,79)	< 0,001*
Egzersiz Süresi _{AT} (dk)	6,41 (6,04-7,16)	7,30 (6,23-9,38)	306,50	0,034
Egzersiz Süresi _{maks} (dk)	10,47±1,96	11,48±1,73	1 (0,04-1,96)	0,041
SKB _{istirahat} (mmHg)	116±11,84	114,50±16,98	-1,50 (-9,06-6,06)	0,693
SKB _{maks} (mmHg)	130 (125-140)	137,5 (130-155)	279,50	0,010
DKB _{istirahat} (mmHg)	77,50 (70-80)	72,5 (70-80)	421,5	0,663
DKB _{maks} (mmHg)	85 (80-90)	85 (80-90)	371	0,231
Dispne _{istirahat} (MBÖ 0-10 puan)	0 (0-0)	0 (0-0)	450	1
Dispne _{maks} (MBÖ 0-10 puan)	2 (0-4)	3 (3-5)	319	0,040
Vücut yorgunluğu _{istirahat} (MBÖ 0-10 puan)	0 (0-0)	0 (0-0)	435	0,317
Vücut yorgunluğu _{maks} (MBÖ 0-10 puan)	3 (1-4)	3 (3-4)	417,50	0,617
Kol/Bacak yorgunluğu _{istirahat} (MBÖ 0-10 puan)	0 (0-0)	0 (0-0)	435	0,317
Kol/Bacak yorgunluğu _{maks} (MBÖ 0-10 puan)	4,5 (3-6)	3 (2-4)	314	0,048

SKB: Sistolik kan basıncı, DKB: Diastolik kan basıncı, AT: Anaerobik eşik, SR: Solunum rezervi, OUES: Solunum alım verimliliği eğrisi, PETO₂: Soluk sonu oksijen basıncı, PETCO₂: Soluk sonu karbondioksit basıncı, Maks: Maksimal iş yükü, %: Yüzde, L: litre, MBÖ: Modifiye Borg ölçeği, X±SS: Ortalama±standart sapma, Ort. fark: Ortalama fark, CI: Güven aralığı, Bağımsız örneklem t testi, Mann Whitney U testi, p<0,05



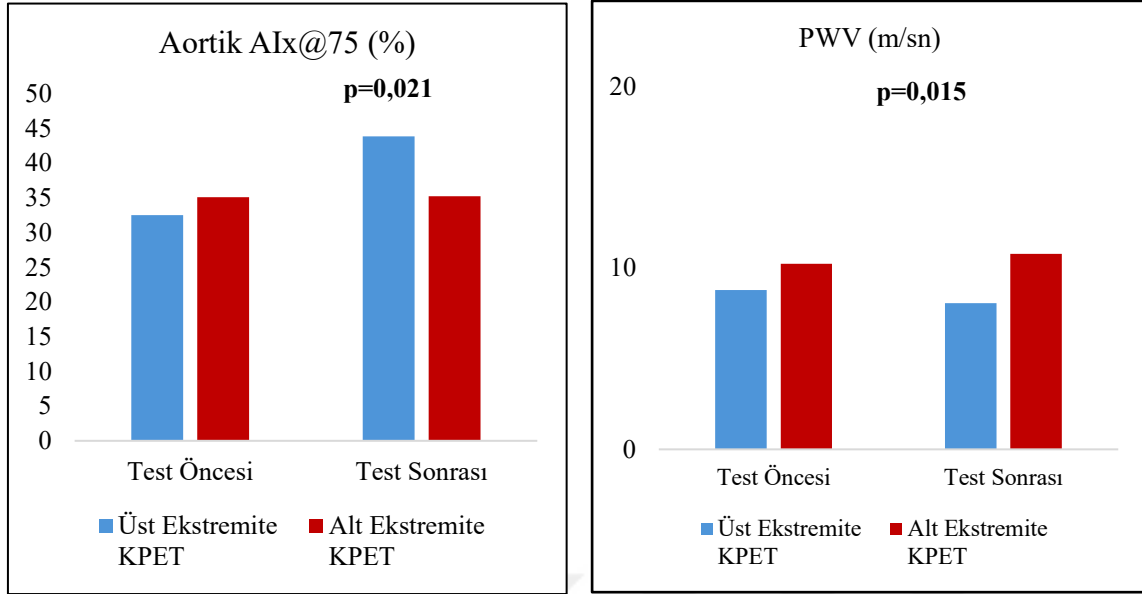
Şekil 4.3. Üst ve alt ekstremité kardiyopulmoner egzersiz testi VO₂kg (ml/dk/kg) ve HR (atım/dk) değerlerinin karşılaştırılması

Üst ve alt ekstremité kardiyopulmoner egzersiz testi sonrasında Periferel SKB (mmHg), periferel PP (mmHg), aortik SKB (mmHg), aortik PP (mmHg), ED (msn), aortik T2 (msn), P1 Height (mmHg), PTI_{diastol} (mmHg·sn/dk), ESP (mmHg), FWH (mmHg) ve PTT (msn) değerleri istatistiksel benzerdi ($p>0,05$). Üst ekstremité KPET'te alt ekstremité KPET'e göre periferel DKB (mmHg), periferel MAP (mmHg), aortik DKB (mmHg), aortik HR (atım/dk), ED (%), PTI_{sistol} (mmHg·sn/dk), MAP_{sistol} (mmHg), MAP_{diastol} (mmHg), PPA (%) ve PWV (m/sn) değerleri istatistiksel anlamlı azaldı ($p<0,05$). Üst ekstremité KPET'te alt ekstremité KPET'e göre aortik HR (%), aortik augmentation (mmHg), aortik AI_{x_{ap/pp}} (%), aortik AI_{x_{p2/p1}} (%), aortik AI_{x@75} (%), RWH (mmHg) ve RM (%) değerleri istatistiksel anlamlı arttı ($p<0,05$). Üst ekstremité KPET'te grup içerisinde periferel DKB (mmHg), aortik DKB (mmHg), PPA (%), PWV (m/sn) değerleri istatistiksel anlamlı ve periferel MAP (mmHg) ($p=0,057$) istatistiksel anlamlılığa yakın azalırken aortik PP (mmHg), aortik T2 (msn), aortik augmentation (mmHg), aortik AI_{x_{ap/pp}} (%), aortik AI_{x_{p2/p1}} (%), aortik AI_{x@75} (%), RWH (mmHg) değerleri istatistiksel anlamlı ($p<0,05$) ve periferel PP (mmHg) ($p=0,057$) istatistiksel anlamlılığa yakın arttı. Alt ekstremité KPET ise grup içerisinde periferel SKB (mmHg), aortik SKB (mmHg), aortik HR (atım/dk), ED (%), PTI_{sistol} (mmHg·sn/dk) değerleri istatistiksel anlamlı, ESP (mmHg) ($p=0,052$) ve MAP_{diastol} (mmHg) ($p=0,052$) değerleri ise istatistiksel anlamlılığa yakın artarken aortik HR (%) ve Buckberg SEVR (%) değerleri istatistiksel anlamlı azaldı ($p<0,05$, Çizelge 4.15.).

Çizelge 4.15. Koroner arter hastalarının üst ve alt ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testi öncesi ile sonrası arteriyel sertlik değerlerinin karşılaştırılması

	Üst Ekstremitte KPET (n=30)			Alt Ekstremitte KPET (n=30)			Test Etkisi
	Test Öncesi	Test Sonrası	Grup İçi	Test Öncesi	Test Sonrası	Grup İçi	
	X±SS	X±SS	p	X±SS	X±SS	p	
Periferal SKB (mmHg)	119,56±16,15	119,50±13,50	0,979	118,86±14,35	123,33±14,93	0,019	0,098
Periferal DKB (mmHg)	72,53±11,55	69,76±10,04	0,030	73,03±11,97	74,63±11,04	0,193	0,015
Periferal PP (mmHg)	47,03±13,79	49,73±11,27	0,057	45,83±10,63	48,70±12,84	0,071	0,943
Periferal MAP (mmHg)	88,80±11,29	84,86±17,01	0,057	88,73±11,86	92,20±11,42	0,092	0,012
Aortik SKB (mmHg)	110±13,37	110,73±11,44	0,623	109,60±12,44	113,43±13,49	0,023	0,196
Aortik DKB (mmHg)	73,46±14,94	70,63±10,06	0,029	74±12,23	76,10±11,43	0,098	0,007
Aortik PP (mmHg)	36,53±12,63	40,09±10	0,004	35,60±9,29	37,33±11,47	0,192	0,242
Aortik HR (atım/dk)	76,03±11,89	74±11,07	0,165	74,30±12,62	78,73±15,25	0,003	0,002
Aortik HR (%)	808,06±128,44	830,13±131,14	0,109	829,33±136,82	787,80±148,48	0,003	0,001
ED (msn)	302,36±32,27	309,53±31,71	0,175	306,20±33,53	308,36±24,64	0,473	0,648
ED (%)	37,93±4,47	37,86±4,70	0,939	37,20±4,64	40,46±7,05	0,002	0,032
Aortik T2 (msn)	219,50±31,49	226,46±24,41	0,036	217,40±20,4	217,80±19,87	0,955	0,125
P1 Height (mmHg)	26,73±8,22	27,40±8,43	0,461	25,86±6,52	27,33±7,54	0,191	0,683
Aortik Augmentation (mmHg)	13,10±10,94	18,13±11,17	< 0,001*	13,36±8,16	13,16±10,44	0,895	0,008
Aortik AIx _{ap/pa} (%)	32±21,10	44,46±24,91	< 0,001*	35,36±16,46	32,93±16,73	0,510	0,002
Aortik AIx _{p2/p1} (%)	136,76±20,96	144,70±18,05	< 0,001*	139,16±18,22	136,53±17,95	0,236	< 0,001*
Aortik AIx@75 (%)	32,50±19,51	43,86±24,13	< 0,001*	35,10±15,22	35,21±15,19	0,854	0,021
Buckberg SEVR (%)	138,06±19,36	137,90±25,97	0,750	143,56±25,70	126,46±28,86	0,001	0,031
PTI _{sistol} (mmHg·sn/dk)	2255,86±376,42	2226,46±295,05	0,757	2211,90±392,85	2501±592,27	< 0,001*	0,004
PTI _{diastol} (mmHg·sn/dk)	3063,30±413,05	3026,16±445,38	0,455	3118,66±452,44	3028,5±409,62	0,254	0,778
ESP (mmHg)	103,03±12,11	103,83±11,09	0,426	100,76±16,91	105,06±12,11	0,052	0,407
MAP _{sistol} (mmHg)	99,40±12,08	98,66±10,45	0,614	99,33±11,85	102,8±11,83	0,018	0,043
MAP _{diastol} (mmHg)	82,70±11,93	81,10±10	0,212	82,83±12,36	85,36±11,27	0,052	0,025
PPA (%)	131,46±15,49	125,03±9,31	< 0,001*	129,86±11,58	130,75±10,36	0,742	0,002
FWH (mmHg)	25,66±6,72	26,93±6,53	0,126	24,83±5,44	25,96±6,77	0,246	0,789
RWH (mmHg)	16,53±6,08	18,16±4,85	0,004	16,03±4,55	16,10±5,08	0,997	0,038
RM (%)	63,80±12,71	68,23±11,99	0,011	64,60±12,43	62,31±10,49	0,194	0,007
PWV (m/sn)	8,78±2,68	8,05±2,45	0,041	10,22±12,76	10,77±15,61	0,149	0,015
PTT (msn)	65,30±22,22	68±22,42	0,158	75,73±31,82	74,06±32,27	0,409	0,118

SKB: Sistolik kan basıncı, DKB: Diyastolik kan basıncı, PP: Nabız basıncı, MAP: Ortalama arteriyel basınç, HR: Kalp hızı, ED: Ejeksiyon süresi, Aortik T2: Yansıyan nabız dalgasının aortaya ulaştığı süre, P1 Uzunluğu: Aorta ve büyük arterlerin kalbin sistol fazında basıncı, Aortik augmentation: Yansıyan nabız dalgasının aortik sistolik basınca yaptığı artış miktarı, Aortik AIx: Yansıyan dalga'nın aortik sistolik basınca katkısının yüzdelik ifadesi, AIx@75: Kalp hızından bağımsız yansıyan dalga'nın aortik sistolik basınca katkısının yüzdelik ifadesi, Buckberg SEVR: Kalbin oksijen sunumu ile oksijen ihtiyacı arasındaki oran, PTI_{sistol}: Kalbin sistol fazı boyunca maruz kaldığı yük (miyokardiyal oksijen tüketimi), PTI_{diastol}: Miyokardiyuma gelen oksijen miktarı, ESP: Sistol fazı sonunda sol ventrikülün karşılaştığı basınç, MAP_{sistol}: Sistol fazı sırasında ortalama aortik basınç, MAP_{diastol}: Diyastol fazı sırasında ortalama aortik basınç, PPA: Brakiyal nabız basıncının aortik nabız basıncına oranı, FWH: Kalbin aortaya gönderdiği ileri basınç dalgasının tepe yüksekliği, RWH: Kalpten aortaya gönderilen ve periferden yansıyan nabız dalgasının tepe yüksekliği, RM: Yansıyan nabız dalgasının ileriye gönderilen nabız dalgasına oranı, PWV: Nabız dalga hızı, PTT: Nabız dalgasının karotis-femoral ölçüm noktaları arasında geçtiği süre, mmHg: Milimetre cıva, dk: Dakika, msn: Mili saniye, mmHg·sn/dk: Milimetre cıva saniye bölü dakika, m/sn: Metre bölü saniye, %: Yüzde, X±SS: Ortalama±standart sapma, ANCOVA testi, p<0,05



Şekil 4.4. Üst ve alt ekstremité KPET gruplarının test öncesi ve sonrası aortik AIx@75 (%) ve PWV (m/sn) değerlerinin karşılaştırılması

Hastaların üst ve alt ekstremité KPET sırasında deltoid kasının $SmO_{2istirahat}$ (%), ΔSmO_{2min} (%), ΔSmO_{2top} (%), $HbDiff_{istirahat}$ (μM), $HbDiff_{min}$ (μM), $HbDiff_{maks}$ (μM), $HbDiff_{top}$ (μM), $THb_{istirahat}$ (μM), ΔThb_{maks} (μM) ve ΔTHb_{top} (μM) parametreleri istatistiksel benzerdi ($p>0,05$). Üst ekstremité KPET sırasında deltoid kasının ΔSmO_{2maks} (%) ve ΔTHb_{min} (μM) parametreleri alt ekstremitéye göre istatistiksel anlamlı daha azdı ($p<0,05$, Çizelge 4.16.).

Çizelge 4.16. Koroner arter hastalarının üst ve alt ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testi sırasında deltoid kas oksijenizasyonu ve hemoglobin değerlerinin karşılaştırılması

	Üst Ekstremitte KPET (n=30) X±SS/ Ortanca (IQR)	Alt Ekstremitte KPET (n=30) X±SS/ Ortanca (IQR)	Ort. fark %95CI/U	p
SmO ₂ istirahat (%)	71,72±5,44	71,51±4,94	-0,20 (-2,88-2,48)	0,881
ΔSmO ₂ min (%)	-11,71±2,90	-10,93±3,03	0,77 (-0,75-2,31)	0,315
ΔSmO ₂ maks (%)	-0,62±1,69	0,65±1,69	1,27 (0,40-2,15)	0,005
ΔSmO ₂ top (%)	-5,62±1,95	-4,88±2,49	0,74 (-0,41-1,89)	0,206
HbDiff _{istirahat} (μM)	22,57±4,55	20,78±4,61	-1,78 (-4,15-0,58)	0,138
HbDiff _{min} (μM)	15,89 (14,18-21,57)	16,24 (14,29-19,96)	431,5	0,784
HbDiff _{maks} (μM)	21,36 (18,76-26,71)	21,62 (18,46-25,65)	445	0,941
HbDiff _{top} (μM)	20,88±4,86	20,40±4,50	-0,47 (-2,92-1,96)	0,696
THb _{istirahat} (μM)	95,54±16,40	91,90±14,46	-3,64 (-11,63-4,34)	0,365
ΔTHb _{min} (μM)	-6,88 (-9,92-(-4,67)	-4,63 (-6,53-(-3,14)	247	0,003
ΔThb _{maks} (μM)	3,59±4,71	2,71±2,47	-0,88 (-2,84-1,07)	0,367
ΔTHb _{top} (μM)	0,42 (-3,5-2,74)	-0,13 (-1,56-2,28)	412	0,574

SmO₂istirahat: İstirahat kas oksijen satürasyonu, ΔSmO₂min: Test sırasındaki minimum ve istirahat kas oksijen satürasyonu farkı, ΔSmO₂maks: Test sırasındaki maksimum ve istirahat kas oksijen satürasyonu farkı, ΔSmO₂top: Test sonrası birinci dakika ve istirahat kas oksijen satürasyonu farkı, HbDiff: Oksihemoglobin ve deoksihemoglobin seviyesi arasındaki fark, HbDiff istirahat: İstirahat oksihemoglobin ve deoksihemoglobin seviyesi arasındaki fark, HbDiff min: Test sırasında oksihemoglobin ve deoksihemoglobin seviyesi arasındaki minimum fark, HbDiff maks: Test sırasında oksihemoglobin ve deoksihemoglobin seviyesi arasındaki maksimum fark, HbDiff_{top}: Toparlanmada oksihemoglobin ve deoksihemoglobin seviyesi arasındaki minimum fark, THb_{istirahat}: İstirahat toplam hemoglobin seviyesi, ΔTHb_{min}: Test sırasındaki minimum ve istirahat toplam hemoglobin seviyesi farkı, ΔThb_{maks}: Test sırasındaki maksimum ve istirahat toplam hemoglobin seviyesi farkı, ΔTHb_{top}: Test sonrası birinci dakika ve istirahat toplam hemoglobin seviyesi farkı, %: Yüzde, μM: Mikromolar, X±SS: Ortalama±standart sapma, Ort. fark: Ortalama fark, CI: Güven aralığı, Bağımsız örneklem t testi, Mann Whitney U testi, p<0,05

Koroner arter hastalarının üst ve alt KPET sırasında quadriceps femoris kasının ΔSmO₂maks (%), ΔSmO₂top (%), HbDiff_{maks} (μM), HbDiff_{top} (μM), THb_{istirahat} (μM) ve ΔThb_{maks} (μM) değerleri istatistiksel benzerdi (p>0,05). Üst ekstremitte KPET sırasında quadriceps femoris SmO₂istirahat (%), ΔSmO₂min (%), HbDiff_{istirahat} (μM), HbDiff_{min} (μM), ΔTHb_{min} (μM) ve ΔTHb_{top} (μM) değerleri istatistiksel anlamlı daha fazlaydı (p<0,05, Çizelge 4.17.).

Çizelge 4.17 Koroner arter hastalarının üst ve alt ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testi sırasında quadriceps femoris kas oksijenizasyonu ve hemoglobin değerlerinin karşılaştırılması

	Üst Ekstremitte KPET (n=30) X±SS/ Ortanca (IQR)	Alt Ekstremitte KPET (n=30) X±SS/ Ortanca (IQR)	Ort. fark %95CI/U	p
SmO ₂ istirahat (%)	69,05 (66,44-73,39)	66,56 (60,06-69,43)	286	0,015
ΔSmO ₂ min (%)	-8,17 (-10,73-(-6,73))	-11,92 (-16,48-(-10,01))	245	0,002
ΔSmO ₂ maks (%)	0,58 (-0,30-1,43)	-0,38 (-0,85-4,49)	426	0,722
ΔSmO ₂ top (%)	-3,36±2,93	-4,30±4,99	-0,94 (-3,06-1,18)	0,378
HbDiff istirahat (μM)	25,02±6,34	20,72±7,66	-4,29 (-7,93-(-0,66))	0,021
HbDiff min (μM)	21,16±5,96	13,95±6,72	-7,21 (-10,49-(-3,92))	< 0,001*
HbDiff maks (μM)	26,31±6,95	23,27±9,34	-3,04 (-7,30-1,21)	0,157
HbDiff top (μM)	24,27±6,44	20,62±9,47	-3,65 (-7,84-0,53)	0,086
THb _{istirahat} (μM)	107,83 (98,57-133,52)	115,36 (93,82-131,95)	441	0,894
ΔTHb _{min} (μM)	-5,55 (-6,84-(-4,25))	-23,61 (-29,70-(-18,10))	26,50	< 0,001*
ΔTHb _{maks} (μM)	-0,30 (-1,72-0,89)	-0,11 (-3,17-1,14)	404	0,496
ΔTHb _{top} (μM)	-2 (-4,84-0,06)	-7,50 (-11,41-(-4,44))	209	< 0,001*

SmO₂istirahat: İstirahat kas oksijen satürasyonu, ΔSmO₂min: Test sırasında minimum ve istirahat kas oksijen satürasyonu farkı, ΔSmO₂maks: Test sırasında maksimum ve istirahat kas oksijen satürasyonu farkı, ΔSmO₂top: Test sonrası birinci dakika ve istirahat kas oksijen satürasyonu farkı, HbDiff: Oksihemoglobin ve deoksihemoglobin seviyesi arasındaki fark, HbDiff istirahat: İstirahat oksihemoglobin ve deoksihemoglobin seviyesi arasındaki fark, HbDiff min: Test sırasında oksihemoglobin ve deoksihemoglobin seviyesi arasındaki minimum fark, HbDiff maks: Test sırasında oksihemoglobin ve deoksihemoglobin seviyesi arasındaki maksimum fark, HbDiff top: Toparlanmada oksihemoglobin ve deoksihemoglobin seviyesi arasındaki minimum fark, THb_{istirahat}: İstirahat toplam hemoglobin seviyesi, ΔTHb_{min}: Test sırasında minimum ve istirahat toplam hemoglobin seviyesi farkı, ΔTHb_{maks}: Test sırasında maksimum ve istirahat toplam hemoglobin seviyesi farkı, ΔTHb_{top}: Test sonrası birinci dakika ve istirahat toplam hemoglobin seviyesi farkı, %: Yüzde, μM: Mikromolar, X±SS: Ortalama±standart sapma, Ort. fark: Ortalama fark, CI: Güven aralığı, Bağımsız örneklem t testi, Mann Whitney U testi, p<0,05

Koroner arter hastalarının üst ve alt ekstremitte KPET sırasında solunum kaslarının SmO₂istirahat (%), ΔSmO₂min (%), ΔSmO₂maks (%), ΔSmO₂ort-min (%), ΔSmO₂ort-maks (%), THb_{istirahat} (g/dl), ΔTHb_{min} (g/dl) ve ΔTHb_{top} (g/dl) değerleri istatistiksel benzerdi (p>0,05). Üst ekstremitte KPET sırasında ΔTHb_{maks} (g/dl) değeri alt ekstremitteye göre istatistiksel anlamlı daha azdı (p<0,05); ΔSmO₂top (%) (p=0,059) ve ΔSmO₂top-ort (%) (p=0,051) değerleri alt ekstremitteye göre istatistiksel anlamlılığa yakın daha fazlaydı (Çizelge 4.18.).

Çizelge 4.18. Koroner arter hastalarının üst ve alt ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testi sırasında solunum kas oksijenizasyonu ve hemoglobin değerlerinin karşılaştırılması

	Üst Ekstremitte KPET (n=30) X±SS/ Ortanca (IQR)	Alt Ekstremitte KPET (n=30) X±SS/ Ortanca (IQR)	Ort. fark %95CI/U	p
SmO ₂ istirahat (%)	40,33±19,58	41,65±17,96	1,32 (-8,39-11,03)	0,786
ΔSmO ₂ min (%)	-5 (-10-(-2))	-9,5 (-18)-(-2)	347	0,127
ΔSmO ₂ maks (%)	7,5 (3-12)	5,5 (0-9)	390	0,374
ΔSmO ₂ ort-min (%)	-4,5 (-8-(-1))	-8 (-14)-(-2)	347	0,127
ΔSmO ₂ ort-maks (%)	6 (2-12)	4,5 (0-9)	387	0,351
ΔSmO ₂ top (%)	3 (-2-7)	-1 (-6)-(-3)	322,50	0,059
ΔSmO ₂ top-ort (%)	2,5 (-3-7)	-1 (-6)-(-5)	318,50	0,051
THb _{istirahat} (g/dl)	11,94 (11,63-12,07)	11,96 (11,63-12,28)	410,50	0,559
ΔTHb _{min} (g/dl)	-0,08 (-0,28-(-0,01))	-0,09 (-0,24)-0	417	0,625
ΔTHb _{maks} (g/dl)	0,15 (0,04-0,42)	0,29 (0,12-0,50)	411	0,040
ΔTHb _{top} (g/dl)	0,10 (-0,01-0,25)	0,25 (0,07-0,36)	447,50	0,130

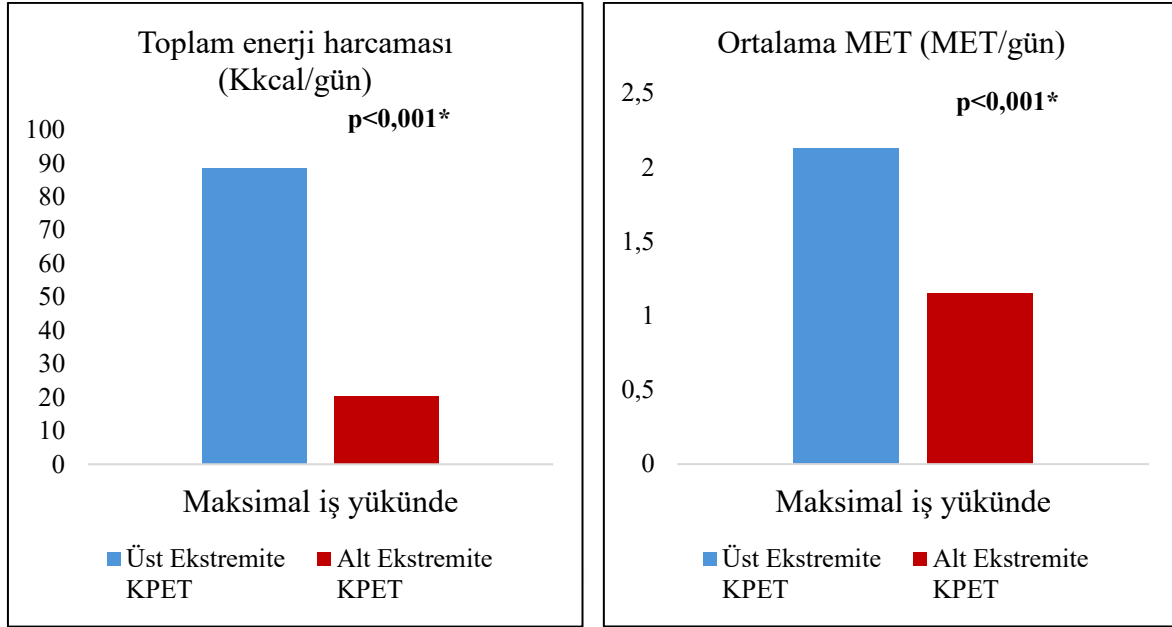
SmO₂istirahat: İstirahat kas oksijen satürasyonu, ΔSmO₂min: Test sırasında minimum ve istirahat kas oksijen satürasyonu farkı, ΔSmO₂maks: Test sırasında maksimum ve istirahat kas oksijen satürasyonu farkı, ΔSmO₂ort-min: Test sırasında minimum ortalama ve istirahat ortalama kas oksijen satürasyonu farkı, ΔSmO₂ort-maks: Test sırasında maksimum ortalama ve istirahat ortalama kas oksijen satürasyonu farkı, ΔSmO₂top: Test sonrası birinci dakika ve istirahat kas oksijen satürasyonu farkı, ΔSmO₂top-ort: Test sonrası birinci dakika ortalama ve istirahat ortalama kas oksijen satürasyonu farkı, THb_{istirahat}: İstirahat toplam hemoglobin seviyesi, ΔTHb_{min}: Test sırasında minimum ve istirahat toplam hemoglobin seviyesi farkı, ΔTHb_{maks}: Test sırasında maksimum ve istirahat toplam hemoglobin seviyesi farkı, ΔTHb_{top}: Test sonrası birinci dakika ve istirahat toplam hemoglobin seviyesi farkı, X±SS: Ortalama±standart sapma, Ort. fark: Ortalama fark, CI: Güven aralığı, Bağımsız örneklem t testi, Mann Whitney U testi, p<0,05

Koroner arter hastalarında üst ekstremitte KPET sırasında toplam enerji harcaması (Kkcal/gün) ve ortalama MET (MET/gün) parametreleri alt ekstremitteye göre istatistiksel anlamlı daha fazlaydı (p<0,01, Çizelge 4.19.)

Çizelge 4.19. Koroner arter hastalarının üst ve alt ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testi sırasında enerji tüketimlerinin karşılaştırılması

	Üst Ekstremitte KPET (n=30) X±SS/ Ortanca (IQR)	Alt Ekstremitte KPET (n=30) X±SS/ Ortanca (IQR)	Ort. fark %95CI/U	p
Toplam enerji harcaması (Kkcal / gün)	88,66 (70,17-105,55)	20,35 (13,98-34,3)	30	< 0,001*
Ortalama MET (MET/gün)	2,13 (1,85-2,39)	1,15 (1,1-1,17)	10,50	< 0,001*

MET: Metabolik eşdeğer, Kkcal: Kilo kalori, X±SS: Ortalama±Standart sapma, Ort. fark: Ortalama fark, CI: Güven aralığı, Bağımsız örneklem t testi, Mann Whitney U testi, p≤0,05



Şekil 4.5. Üst ve alt ekstremit kardiyopulmoner egzersiz testi sırasındaki toplam enerji harcaması (Kkcal/gün) ve ortalama MET (MET/gün) değerlerinin karşılaştırılması

Koroner arter hastalarının non-dominant ve dominant omuz abdükörleri ile non-dominant ve dominant diz ekstansörleri kas kuvvetleri Çizelge 4.20.'de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Koroner arter hastalarının periferik kas kuvveti değerleri

Koroner Arter Hastaları (n=30)	
	X±SS
	Ortanca (IQR)
Omuz abdükörleri (D) (N)	148 (131,41-186,33)
%Omuz abdükörleri (D)	87,65 (78,27-99,33)
Omuz abdükörleri (ND) (N)	135,32 (118,66-172,60)
%Omuz abdükörleri (ND)	87,20±20,68
Diz ekstansörleri (D) (N)	199,56 (165,70-252,03)
%Diz ekstansörleri (D)	51,87±13,70
Diz ekstansörleri (ND) (N)	183,87 (156,91-232,42)
%Diz ekstansörleri (ND)	50,02±13,65

N: Newton, %: Yüzde, D: Dominant taraf, ND: Non-dominant taraf, X±SS: Ortalama±standart sapma

Koroner arter hastalarının fiziksel aktivite düzeyleri Çizelge 4.21.'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Koroner arter hastalarının fiziksel aktivite düzeyleri

Koroner Arter Hastaları (n=30)	
X±SS	
Ortanca (IQR)	
Sedanter olarak geçirilen süre (dk/gün)	731,21±125,93
Sedanter olarak geçirilen süre (%)	66,34±8,72
Fiziksel aktivite yapılan süre	
Hafif şiddette fiziksel aktivite yapılan süre (dk/gün)	236,26±67,87
Hafif şiddette fiziksel aktivite yapılan süre (%)	21,33±5,09
Orta şiddette fiziksel aktivite yapılan süre (dk/gün)	116,88 (66,33-175,03)
Orta şiddette fiziksel aktivite yapılan süre (%)	10,84 (5,94-16,45)
Orta-yüksek şiddette fiziksel aktivite yapılan süre (dk/gün)	127,33 (68,47-194,12)
Orta-yüksek şiddette fiziksel aktivite yapılan süre (%)	11,48 (6,06-17,39)
Yüksek şiddette fiziksel aktivite yapılan süre (dk/gün)	7,66 (2,92-11,79)
Yüksek şiddette fiziksel aktivite yapılan süre (%)	0,73 (0,25-1,02)
Çok yüksek şiddette fiziksel aktivite yapılan süre (dk/gün)	0,25 (0,02-0,42)
Çok yüksek şiddette fiziksel aktivite yapılan süre (%)	0,02 (0-0,04)
Adım sayısı (adım/gün)	7062 (5393-10127)
Ortalama MET (MET/gün)	1,52 (1,29-1,76)

MET: Metabolik eşdeğer, dk: Dakika, %: Yüzde, X±SS: Ortalama±standart sapma, n=Birey sayısı

Koroner arter hastalarının ortalama MET ve günlük adım sayılarına göre fiziksel aktivite sınıflaması Çizelge 4.22.'de verilmiştir. Ortalama MET değerine göre hastaların 13'ü (%43,3) inaktif, 17'si (%56,7) az aktifti; adım sayısına göre ise hastaların 6'sı (%20) inaktif, 10'u (%33,3) az aktif, 6'sı (%20) biraz aktif ve 8'si (%26,7) aktifti.

Çizelge 4.22. Koroner arter hastalarının ortalama MET ve günlük adım sayısına göre fiziksel aktivite seviyesi sınıflaması

Koroner Arter Hastaları (n=30)		
	n	%
MET'e göre sınıfı		
İnaktif (<1,5 MET/gün)	13	43,3
Az aktif (1,5-2,99 MET/gün)	17	56,7
Adım sayısına göre sınıfı		
İnaktif (<5000 adım/gün)	6	20
Az aktif (5000-7499 adım/gün)	10	33,3
Biraz aktif (7500-9999 adım/gün)	6	20
Aktif (10000-12499 adım/gün)	8	26,7

MET: Metabolik eşdeğer, %: Yüzde



5. TARTIŞMA

Koroner arter hastalarında üst ve alt ekstremitte maksimal egzersiz testi öncesi ve sonrasında arteriyel sertlik düzeyi ile solunum kas yorgunluğu ve egzersiz testleri sırasında deltoid, quadriceps femoris ile solunum kaslarının kas oksijenizasyonu ve enerji harcamasını karşılaştıran çalışmamızda;

Koroner arter hastalarında alt ekstremitte KPET ile karşılaştırıldığında, üst ekstremitte KPET sırasında zirve oksijen tüketimi, karbondioksit üretimi, dakika ventilasyonu, tidal volüm ve dispne algısı olmak üzere solunum sistemi ile ilgili parametreler daha azdı; solunum rezervi ise daha fazlaydı. Ayrıca, üst ekstremitte KPET sırasında kardiyovasküler sistemle ilişkili kalp hızı, oksijen nabızı, sistolik kan basıncı ve oksijen alım verimliliği eğimi parametreleri daha azdı; kalp hızı rezervi ise daha fazlaydı. Sonuçlarımız, koroner arter hastalarında alt ekstremitte egzersiz testi ile karşılaştırıldığında, üst ekstremitte egzersiz testinin hem solunum sistemi hem de kardiyovasküler sistem açısından daha düşük bir iş yüküne neden olduğunu göstermektedir.

Çalışmamızda, koroner arter hastalarında üst ekstremitte KPET'in bitirilmesine neden olan birincil etken ekstremitte yorgunluk algısıydı, ancak alt ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testinde göğüs ağrısıydı. Bu sonuçlarımız, alt ekstremitte egzersiz testi sırasında kardiyovasküler iş yükünün daha fazla olması nedeniyle göğüs ağrısının oluştuğunu ve egzersiz testinin bu nedenle sonlandırıldığını göstermektedir. Üst ekstremitte egzersiz testi sırasında, iş yükü artışıyla kol ergometresinin direncinin artması nedeniyle kol yorgunluğu oluşmaktadır. Bu durum, hastaların kol ergometresi cihazında direnç artışına karşı egzersiz testine devam edememesine ve ekstremitte yorgunluk algısının artması nedeniyle testin bitirilmesine neden olmuştur.

Koroner arter hastalarında üst ekstremitte KPET öncesi ile karşılaştırıldığında, egzersiz testi sonrasında arteriyel sertlik düzeyi artarken nabız dalga hızı azaldı. Alt ekstremitte KPET sonrasında arteriyel sertlik düzeyi ve nabız dalga hızı parametrelerinde değişiklik olmadı. Çalışmamızda üst ekstremitte egzersiz testinde, iş yükü artışı ile hastalar kol ergometresindeki direnç artışına karşı cihazın kollarını çevirmeye devam etmektedir. Bu durum, hastaların bir noktada hem aerobik hem de dirençli egzersiz yapmasına neden olarak üst ekstremitte egzersiz testi sonrasında arteriyel sertlik düzeyini artırmaktadır. Nabız dalga

hızı açısından bakıldığında ise alt ekstremitte KPET ile karşılaştırıldığında, üst ekstremitte KPET kardiyovasküler sistem üzerinde daha az iş yükü oluşturduğu için nabız dalga hızının azalmasına neden olmuş olabilir.

Çalışmamızda koroner arter hastalarında hem üst hem de alt ekstremitte KPET sonrasında benzer solunum kas yorgunluğu oluştu. Bu durum, üst ekstremitte egzersiz testinin solunum sistemi açısından daha düşük iş yükünde gerçekleştirilmesine rağmen solunum kaslarının kuvvet üretme kapasitesinin daha düşük olduğunu göstermiştir. Ayrıca çalışmamızda üst ekstremitte KPET sırasındaki enerji harcaması alt ekstremitte KPET'ine kıyasla daha fazlaydı. Sonuçlarımız, üst ekstremitte egzersiz testinde iş yükü artışı ile kol ergometresinin direncine karşı egzersiz testine devam edilmesi sonucunda, koroner arter hastalarının daha fazla çaba sarf ederek daha fazla enerji harcadıklarını göstermektedir.

Koroner arter hastalarında üst ekstremitte KPET sırasında deltoid kasının maksimum ve istirahat kas oksijen saturasyonu farkı ile minimum ve istirahat toplam hemoglobin seviyesi farkı alt ekstremitte KPET'ye kıyasla daha azdı. Kas dokusuna olan kan akımı ve oksijenizasyonu hakkında bilgi vererek, bu parametreler aracılığıyla bulgularımız, üst ekstremitte egzersiz testi sırasında deltoid kasının birincil aktif kas olmasına rağmen kas dokusuna kan akımının ve sağlanan oksijen miktarının yeterli olduğunu göstermektedir. Ayrıca çalışmamızda, üst ekstremitte egzersiz testi sırasında alt ekstremitte egzersiz testiyle karşılaştırıldığında quadriceps femoris kasının oksijen kullanma kapasitesi ve kas oksijenizasyonu daha verimliydi. Sonuçlarımız, alt ekstremitte egzersiz testi sırasında vücudun metabolik talebinin daha fazla olması nedeniyle quadriceps femoris kasına ihtiyaç duyulan oksijen desteğinin sağlanamadığını ve kas oksijenizasyonunun azaldığını göstermektedir. Çalışmamızda üst ekstremitte KPET sırasında solunum kaslarının maksimum ve istirahat toplam hemoglobin seviyesi farkı daha azdı. Bulgularımız, üst ekstremitte egzersiz testi sırasında solunum iş yükünün daha düşük olması nedeniyle solunum kaslarına sağlanan kan akımının daha az olmasına rağmen kas dokusuna yeterli oksijen desteğinin sağlandığını düşündürmektedir.

KAH'ta aterosklerotik sürecin ilerlemesi sonucu oluşan kardiyovasküler fonksiyon bozuklukları solunum fonksiyonlarını olumsuz etkilemektedir [174]. Kardiyak ve pulmoner sistem, fizyolojik ve patofizyolojik olarak birbiriyle yakın ilişki içerisinde olmasına rağmen, KAH'ta solunum fonksiyonlarının etkilenimi genellikle dolaylı yoldan çeşitli mekanizmalar

aracılığıyla gerçekleşmektedir [12, 174]. Literatürde KAH'ta solunum fonksiyonlarının etkilenimini araştıran sınırlı sayıda çalışmada da solunum fonksiyon anormalliğinin yaygın olduğu bildirilmiştir [175, 176]. Solunum fonksiyonlarının etkilenmesinde sigara maruziyeti en önemli etken olup solunum fonksiyonlarını kötüleştirmenin yanı sıra arter lümenini kalınlaştırır, arteriyel sertliği artırır ve KAH gelişmesine yol açmaktadır [177].

Koroner arter hastalarında fiziksel inaktivite yaygındır. Hastalar, genel olarak KAH tanısı konulduktan sonra anjina pectoris, yorgunluk ve nefes darlığı semptomlarının artabileceği yönündeki kaygıları nedeniyle fiziksel aktiviteye katılımını azaltmaktadır [178, 179]. Hastaların fiziksel aktivite seviyeleri azaldıkça, solunum fonksiyonları kötüleşmektedir [178, 179]. Fiziksel inaktivitenin yanı sıra, yaş da koroner arter hastalarında solunum fonksiyonlarını olumsuz etkileyen bir faktördür. İleri yaşla birlikte akciğerde alveolar geri çekilme özelliği azalır. Bu durum hava akımını kısıtlar [177, 180]. Dolayısıyla, koroner arter hastalığında solunum fonksiyonunda anormalliklere neden olan birbirinden bağımsız çeşitli etkenler vardır. Çalışmamızda, koroner arter hastalarının 18'inde (%60) obstrüktif tip solunum fonksiyon bozukluğu, 11'inde (%36,7) büyük hava yolu obstrüksiyonu ve 2'sinde (%6,7) küçük hava yolu obstrüksiyonu vardı. Literatürde, koroner arter hastalarının solunum fonksiyonlarının etkilendiğini ve hastalarda obstrüktif tipte solunum fonksiyon anormallikleri olduğunu belirten çalışmalar mevcuttur [12, 81, 176, 181]. Ko ve arkadaşları, KOAH tanısı olmayan koroner arter hastalarının %10,7'sinde obstrüktif tip solunum fonksiyon anormallikleri bildirmiştir [176]. Ko ve arkadaşlarının [176] çalışmasında, hastaların yaş ortalaması ve sigara maruziyeti bizim çalışmamızdaki hastalardan daha yüksekti; ancak bizim çalışmamız ile karşılaştırıldığında hastaların KAH şiddeti daha hafifti. Fernandes ve arkadaşları ise çalışmalarında koroner arter hastalarının %11,2'sinde obstrüktif tipte solunum fonksiyon bozukluğu saptamıştır [181]. Fernandes ve arkadaşlarının [181] çalışmasında, hastaların demografik özellikleri ve sigara maruziyetleri bizim çalışmamızla benzerdi; ancak çalışmaya hastalık şiddeti daha hafif olan koroner arter hastaları da dahil edilmiştir [181]. Bu durum, Fernandes ve arkadaşlarının [181] çalışmasıyla karşılaştırdığımızda, çalışmamızdaki koroner arter hastalarının solunum fonksiyonlarının daha fazla etkilenmesinin nedenlerinden biri olabilir. Literatürde, koroner arter hastalığı şiddeti arttıkça solunum fonksiyonlarının kötüleştiği bildirilmiştir [175]. Bulgularımız literatürdeki çalışmaları desteklemekle birlikte, çalışmamıza dahil edilen hastaların daha ağır hastalık profiline sahip olması nedeniyle solunum fonksiyonlarında daha fazla etkilenim olabileceğini düşünmekteyiz. Bu nedenle, koroner arter hastalarının solunum

fonksiyonlarının yalnızca hastalık şiddeti ilerledikçe değil, hastalığın erken dönemlerinden itibaren değerlendirilerek takip edilmesi gerektiğini düşünüyoruz. Düzenli takip, solunum fonksiyonlarında olası kötüleşmelerin erken dönemde belirlenmesi ve uygun rehabilitasyon yaklaşımlarının hastaların programına eklenmesi açısından önemlidir.

Koroner arter hastalarında patofizyolojik olarak artan oksidatif stres ve kronik inflamatuvar yanıtın hastalık şiddetini artırması nedeniyle diyafram ve interkostal kaslara yeterli kan desteği sağlanamamaktadır. Bu durum KAH'ta solunum kaslarının zayıflamasına neden olmaktadır [84]. Mevcut çalışmalarda koroner arter hastalarında solunum kas zayıflığının yaygın olduğu bildirilmiştir [12, 84, 182]. Çalışmamızda koroner arter hastalarının %33,3'ünde inspiratuvar, %20'sinde ise ekspiratuvar kas zayıflığı vardı. Huzmeli ve arkadaşları, stabil anjina pectoris olan hastalarda hem inspiratuvar (%39,4) hem de ekspiratuvar (%100) kas zayıflığı bildirmişlerdir [12]. Huzmeli ve arkadaşlarının [12] çalışmasındaki hastalar, yaş, boy, kilo ve BKİ açısından çalışmamızdaki hastalarla demografik olarak benzerdi. Ancak bu çalışmadaki hastaların sigara maruziyeti daha fazlaydı. Sigara maruziyeti ile artan oksidatif stres ve kronik inflamatuvar yanıt sonucu mitokondriyal fonksiyonlar bozulmakta ve kas protein sentezi azalmaktadır [183]. Bu süreç solunum kaslarında yapısal ve fonksiyonel değişikliklere neden olarak solunum kas zayıflığına yol açmaktadır [183, 184]. Lv ve arkadaşları ise koroner kalp hastalarının %59,8'inde inspiratuvar kas zayıflığı olduğunu, ayrıca kalp yetmezliği hastalarında ve komorbiditesi fazla olanlarda inspiratuvar kas kuvvetinin daha düşük olduğunu raporlamışlardır [185]. Çalışmamızdaki hastaların komorbiditelerinin (%56,7) daha az olması nedeniyle daha az solunum kas zayıflığı gelişmiş olabileceğini düşünmekteyiz. Bazdyrev ve arkadaşları ise hastalarının %50,7'sinde solunum kas zayıflığını saptamışlardır [182]. Bazdyrev ve arkadaşlarının çalışmasında [182] hastaların yaşları, hastalık şiddeti ve komorbidite oranları çalışmamızdakilerden daha fazlaydı. Bu etkenler çalışmamızdaki hastaların solunum kas zayıflığının daha az oranda görülmesinin nedenleri arasında yer alabilir.

Solunum kas zayıflığı solunum frekansının artmasına, solunum senkronizasyonunun bozulmasına ve solunum sırasında göğüs ile abdominal bölgenin ters yönde hareket etmesine neden olur. Bu durum koroner arter hastalarının egzersiz kapasitesinde azalmaya yol açar [84]. Literatürde koroner arter hastalarında solunum kas kuvveti ile egzersiz kapasitesi arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalar vardır [84, 186, 187]. Bu çalışmalarda, solunum kas

kuvveti arttıkça egzersiz kapasitesinin iyileştiği; solunum kas zayıflığı ile miyokard enfarktüsü ve mortalite riskinin arttığı belirtilmiştir [12, 188-190]. Çalışmamızda, tüm hastaların on yıllık kardiyovasküler olay gelişme riski orta düzeyde olmasına rağmen, koroner arter hastalarında solunum kas kuvveti erken dönemden itibaren düzenli olarak değerlendirilmelidir.

Solunum sistemi, orta şiddette aerobik egzersiz sırasında vücudun artan metabolik ihtiyaçlarıyla paralel olarak alveolar ventilasyonu artırarak arteriyel kan gazlarını ve asit-baz dengesini istirahat seviyesinde tutmakla görevlidir. Ancak metabolik asidoz gelişeceği yüksek şiddetli egzersizler sırasında pH düşüşünü ve arteriyel hipoksemiye en aza indirilmesini telafi etmek için hiperventilasyon mekanizması devreye girer [88]. Özellikle yardımcı solunum kasları bu aşamada devreye girerek hiperventilasyonu destekler. Yüksek şiddetli egzersiz sırasında olduğu gibi, yüksek akciğer hacimlerinde solunum yapılmasıyla inspiratuar kaslar, akciğer ve göğüs duvarının artmış elastik yükünü karşılamak zorunda kalır. Bu durum inspiratuar kasların daha kısa kas lifi uzunluğunda daha sık kasılıp gevşeyerek çalışmasına ve kuvvet üretme kapasitesinde azalmaya neden olur [191]. Literatürdeki çalışmalarda egzersizin solunum kası yorgunluğu oluşturduğu belirtilmektedir [161, 192]. Yapılan çalışmada elit sporcularda maksimal aerobik egzersiz sırasında toplam oksijen tüketiminin ve kardiyak debinin yaklaşık %16'sına kadarının solunum kaslarına iletebildiği raporlanmıştır [88]. Oueslati ve arkadaşlarının çalışmasında, koşucu ve bisikletçi sporcularda kademeli iş yükü artışı ile maksimal egzersiz sonrasında inspiratuar kas kuvveti, egzersiz öncesi ile karşılaştırıldığında, koşucularda ortalama 13 ± 7 , bisikletçilerde ise 17 ± 11 oranında azalmıştır [192]. Klaps ve arkadaşları ise kronik spesifik olmayan bel ağrısı olan bireyler ile sağlıklı kontrollerde maksimal kardiyopulmoner egzersiz testi sonrasında inspiratuar kas yorgunluğunu değerlendirdikleri çalışmada, egzersiz testi sonrasında maksimal inspiratuar kas kuvvetinin kronik spesifik olmayan bel ağrısı olan bireylerde ortalama %2,1, sağlıklı kontrollerde ise %3,7 oranında azaldığını göstermiştir [161]. Egzersizin solunum kas yorgunluğu üzerindeki etkisini araştıran sınırlı sayıdaki çalışmalarda, alt ekstremitenin aktif olduğu maksimal egzersizin solunum kas yorgunluğu üzerindeki olası etkisinin incelendiği görülmektedir [161, 192]. Ancak alt ve üst ekstremitte egzersizlerinin solunum kası yorgunluğu üzerindeki etkisini araştıran ve karşılaştıran herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bilindiği üzere, alt ve üst ekstremitte egzersizleri sırasında aktive olan kas grupları fizyolojik özellikleri bakımından birbirinden farklıdır ve buna bağlı olarak egzersizler sırasında vücudun metabolik talepleri de farklılık

göstermektedir [15, 16]. Dolayısıyla, alt ve üst ekstremitelerde egzersizlerinin solunum kası yorgunluğu üzerindeki olası etkisinin araştırılması gerektiğini düşünmekteyiz. Bu amaçla yaptığımız çalışmamızda ise hem üst ekstremitelerde hem de alt ekstremitelerde KPET sonrasında maksimal inspiratuar kas kuvveti benzer oranda azaldı. Ancak çalışmamızda alt ekstremitelerde KPET grubunda 11 hastada (%36,7), üst ekstremitelerde KPET grubunda ise 6 hastada (%20) solunum kas yorgunluğu görüldü. Sonuçlarımız, alt ekstremitelerde KPET ile karşılaştırıldığında, üst ekstremitelerde KPET'te daha az oranda solunum kas yorgunluğu oluşmasına rağmen hem üst hem de alt ekstremitelerde KPET'lerinin istatistiksel olarak benzer düzeyde solunum kas yorgunluğu oluşturduğunu göstermektedir. Ayrıca çalışmamızda üst ekstremitelerde KPET sırasında alt ekstremitelerde KPET ile karşılaştırdığımızda maksimum ve istirahat toplam hemoglobin mutlak farkı daha azdı. Maksimum ve istirahat toplam hemoglobin mutlak farkı parametresinin artmasının kas dokusuna kan akımının arttığını gösterdiği [193] bildirildiği için, çalışmamızda üst ekstremitelerde KPET sırasında solunum iş yükü artmasına rağmen, alt ekstremitelerde KPET'e göre solunum kaslarına olan kan akımının daha az olduğunu ve alt ekstremitelerde KPET sırasında solunum kaslarının daha fazla kan akımına ihtiyaç duyduğunu varsaymaktayız. Çalışmamız, her iki egzersiz testinde de benzer solunum kası yorgunluğu oluşmasına rağmen, solunum kaslarına sağlanan kan akımının farklılık gösterebileceğini ortaya koymaktadır.

Koroner arter hastalarında hem istirahat hem de egzersizde vasküler endotelial fonksiyon bozukluğu nedeniyle miyokardiyuma yeterli kan desteği sağlanamaması sonucu anjina pectoris, dispne ve yorgunluk semptomları gelişir [6]. Genel olarak, koroner arter hastaları bahsedilen klinik semptomların ortaya çıkması konusunda kaygılanmaları nedeniyle hareket etmekten çekinerek sedanter bir yaşam tarzını benimsemektedir [8]. Bu durum hastaların egzersiz kapasitesinin azalmasına neden olmaktadır [6]. Literatürde koroner arter hastalarının egzersiz kapasitesini değerlendirmek amacıyla yapılan çalışmalarda hastaların egzersiz kapasitesinin azaldığı belirtilmiştir [12, 44]. Mevcut çalışmalarda hastaların egzersiz kapasitesi, alt ekstremitenin aktif olduğu alt ekstremitelere yönelik egzersiz testleri aracılığıyla değerlendirilmiştir [12, 44]. Gün içerisinde günlük yaşam aktivitelerinin gerçekleştirilmesi sırasında üst ekstremiteler, alt ekstremitelerden daha sık kullanılmaktadır [194]. Ayrıca, üst ekstremitelerde hareketlerini gerçekleştiren kas grubu, alt ekstremitelerde hareketlerine kıyasla daha küçük kaslardan oluştuğu için üst ekstremitelerde egzersizleri sırasında vücudun metabolik gereksinimleri daha azdır. Bu durum, üst ve alt ekstremitelerde egzersizleri sırasında egzersizlere verilen yanıtların farklı olmasında etkili olur [15, 16]. Çalışmamızda

koroner arter hastalarında üst ve alt ekstremitte KPET sırasında egzersize verilen fizyolojik yanıtları karşılaştırdık.

Egzersiz sırasında ölçülen $VO_{2\text{zirve}}$ akciğer, kardiyovasküler ve periferik sistemlerin oksijeni alma ve kullanma kapasitesi hakkında önemli bilgiler sağlar [195], ayrıca kardiyovasküler sistem ve tüm nedenlere bağlı mortalite oranlarının da en etkili belirleyicisidir [195, 196]. Literatürde üst ve alt ekstremitte kardiyopulmoner egzersiz testleri sırasında oksijen tüketimini ölçen ve karşılaştıran makaleler bulunmaktadır [197, 198]. Çalışmamızda üst ekstremitte KPET sırasında maksimal iş yükünde tüketilen $VO_{2\text{zirve}}$, $VO_{2\text{kg}}$ ve VO_2 (%) alt ekstremitte KPET ile karşılaştırıldığında daha azdı. Deguchi ve arkadaşları çalışmasında alt ekstremitte KPET ile karşılaştırıldığında, üst ekstremitte KPET sırasında daha az $VO_{2\text{zirve}}$ 'ni bildirmişlerdir [197]. Deguchi ve arkadaşları [197] çalışmasını kürek çekme ve bisiklet sürme sporcularının dahil edilmesiyle gerçekleştirmiştir. Ayrıca, çalışmada [197] sporcuların yaptığı spordan bağımsız olarak hem kürek çekme sporunu yapan bireylerde hem de bisiklet süren bireylerde, alt ekstremitte egzersiz testi ile karşılaştırıldığında, üst ekstremitte egzersiz testi sırasında $VO_{2\text{zirve}}$ parametresinin daha düşük olduğu saptanmıştır. Deguchi ve arkadaşlarının çalışması [197], yaş ortalaması daha düşük olan sağlıklı bireyler üzerinde yapılmasına rağmen, çalışmamızda olduğu gibi, üst ekstremitte egzersizleri sırasında $VO_{2\text{zirve}}$ 'nin daha az olduğu sonucuna varılmıştır. Öymezer ve arkadaşlarının çalışmasında ise interstisyel akciğer hastalarında alt ekstremitte egzersiz testi ile karşılaştırıldığında üst ekstremitte egzersiz testi sırasında $VO_{2\text{zirve}}$ daha azdı [140]. İnterstisyel akciğer hastalığı, akciğer dokusunu difüz olarak etkileyerek akciğerde çeşitli yapısal değişikliklere yol açar [140]. Öymezer ve arkadaşlarının çalışması [140] doğrudan akciğer etkilenimi görülen hastalar üzerinde yapılmış olmasına rağmen, çalışmamızda olduğu gibi üst ekstremitte egzersiz testinde $VO_{2\text{zirve}}$ daha azdı. Literatürde, genel olarak alt ekstremitte egzersiz testi ile karşılaştırıldığında üst ekstremitte egzersiz testinde daha az $VO_{2\text{zirve}}$ raporlanmaktadır [198]. Üst ve alt ekstremitte KPET'leri sırasında ölçülen $VO_{2\text{zirve}}$ inceleyen sistematik derleme, meta-analiz raporunda da üst ekstremitte KPET sırasında tüketilen $VO_{2\text{zirve}}$ miktarının alt ekstremitte KPET sırasında tüketilen $VO_{2\text{zirve}}$ 'nin ortalama %70'i kadar olduğu bildirilmiştir [198]. Üst ekstremitte KPET sırasında biceps brachii, triceps brachii, brachialis ve deltoid kasları daha aktiftir; alt ekstremitte KPET sırasında ise quadriceps femoris, hamstring, gastrocnemius, soleus ve gluteus maximus kasları daha aktiftir [196]. Aktif olan kaslara bakıldığında, alt ekstremitte KPET ile karşılaştırıldığında, üst ekstremitte KPET sırasında daha küçük kas gruplarının aktif olduğu görülmektedir. Büyük kas grupları ile

kıyaslandığında küçük kas gruplarının oksijen kullanım kapasitesi de daha düşüktür [140]. Bu durum, alt ekstremité KPET ile karşılaştırıldığında, üst ekstremité KPET sırasında vücudun metabolik taleplerinin ve oksijen tüketiminin daha düşük olmasıyla ilişkilendirilmiştir [196]. Üst ekstremité kardiyopulmoner egzersiz testi, tüketilen oksijen miktarının az olması nedeniyle kardiyorespiratuar sistemi daha az zorlar. Bu durum, test sırasında ulaşılan zirve kalp hızının (HR_{zirve}) daha düşük olmasına ve kalp hızı rezervinin (HRR) ise daha fazla olmasına neden olur [196]. Çalışmamızda üst ekstremité KPET sırasında hastaların HR_{zirve} 'si ortalama $108,23 \pm 18,92$ atım/dk ve HRR'si $35,13 \pm 24,33$ atım/dk; alt ekstremité KPET sırasında ise hastaların HR_{zirve} 'si $130,13 \pm 20,94$ atım/dk ve HRR'si $16,73 \pm 19,04$ atım/dk'ydı. Çalışmamızda üst ekstremité KPET sırasında maksimal iş yükünde alt ekstremité KPET'e kıyasla HR_{zirve} 'si daha az, ancak HRR'si daha fazlaydı. Öymezer ve arkadaşları, alt ekstremité KPET ile karşılaştırıldığında üst ekstremité KPET sırasında maksimal iş yükünde HR_{zirve} ve HR (%) parametrelerinin daha az, ancak HRR'nin daha fazla olduğu bildirilmiştir [140]. Öymezer ve arkadaşlarının [140] çalışması, pulmoner sistem tutulumunun daha yaygın olduğu interstisyel akciğer hastalığı olan hastaların dahil edilmesiyle gerçekleştirilmiş olmasına rağmen, çalışmamızla benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Scienks ve arkadaşları ise sağlıklı yetişkinlerde kardiyopulmoner egzersiz testi sırasında üst ve alt ekstremitelerin fizyolojik yanıtlarını incelemiştir. Çalışma sonunda üst ekstremité egzersiz testi sırasında katılımcıların HR_{zirve} 'si daha azdı [17]. Koroner arter hastalarıyla karşılaştırıldığında, sağlıklı bireylerde egzersize verilen kardiyovasküler yanıtın daha iyidir. Ancak, Scienks ve arkadaşlarının [17] çalışmasında zirve kalp hızının üst ekstremité KPET sırasında daha düşük olduğu belirtilmiştir. Üst ekstremité egzersiz testinde daha küçük kas grubunun aktive olması ve egzersiz sırasında HR_{zirve} 'nin daha az olmasını etkilemektedir. Bu durum, üst ekstremité egzersizlerinin kardiyovasküler sistemi daha az zorlayarak kalp hızı rezervinin daha yüksek olmasına neden olur [140]. Bulgularımız, koroner arter hastalarında üst ekstremité egzersizlerinin daha düşük kardiyovasküler iş yükleriyle gerçekleştirildiğini göstermektedir.

Literatürde yalnızca bir çalışmada üst ve alt ekstremité egzersiz testleri sırasında oksijen nabızı (VO_2/HR) parametresi karşılaştırılmıştır. İnterstisyel akciğer hastalığı olan hastaların dahil edilmesiyle gerçekleştirilen bu çalışmada, üst ekstremité egzersiz testinde VO_2/HR parametresi daha azdı [140]. Çalışmamızda ise koroner arter hastalarının üst ekstremité KPET sırasında VO_2/HR 'si ve $\%VO_2/HR$ 'si alt ekstremité KPET ile karşılaştırıldığında daha azdı. Bu parametre, kalbin bir seferde perifere gönderdiği kan miktarı ile periferdeki

dokuların oksijen ekstraksiyonunu yansıtmaması nedeniyle, egzersiz sırasında aktive olan kas dokusuna bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir [199]. Bu nedenle, alt ekstremitte KPET sırasında daha büyük kas grubunun aktive olması nedeniyle kasların daha fazla kan ve oksijen ihtiyacını karşılamak amacıyla stroke volüm artışının, VO_2/HR parametresinin daha fazla olmasını etkilemiş olabilir. Çalışmamızda üst ve alt ekstremitte KPET sırasında anlık olarak VO_2/HR 'i karşılaştırdık. Literatürde üst ve alt ekstremitte egzersiz eğitiminin uzun dönemde VO_2/HR 'i artırdığını raporlayan çalışmalar bulunmaktadır [199-201]. Bu çalışmalarda, diyabetes mellitus [200] ve interstisyel akciğer hastalığı [201] gibi farklı hastalar üzerinde üst ekstremitte egzersiz eğitiminin VO_2/HR 'yi artırdığı bildirilmiştir. Ancak bu çalışmalarda yalnızca üst ekstremitte egzersiz eğitiminin VO_2/HR üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Üst ve alt ekstremitte egzersizlerinin VO_2/HR üzerindeki etkisini araştıran sınırlı sayıda çalışma olmasına rağmen, mevcut bulgular sağlıklı yaşlı bireylerde alt ekstremitte egzersiz eğitimine kıyasla üst ekstremitte egzersiz eğitiminin uzun dönemde VO_2/HR 'i daha fazla artırdığını göstermektedir [199]. VO_2/HR parametresi, miyokardiyal iskemi olan koroner arter hastalarında kardiyovasküler sistem sınırlılıklarının değerlendirilmesini sağlar [202]. Bu nedenle koroner arter hastalarında üst ve alt ekstremitte egzersiz eğitimlerinin uzun dönemde VO_2/HR üzerindeki etkileri araştırılarak karşılaştırılmalıdır.

KPET sırasında iş yükü artışı ile dakika ventilasyonu (VE) artmaktadır [203]. Çalışmamızda, alt ekstremitte KPET ile karşılaştırıldığında üst ekstremitte KPET sırasında VE daha azdı. Literatürde üst ve alt ekstremitte egzersizleri sırasında VE'yi karşılaştıran çalışmalarda, üst ekstremitte egzersizi sırasında VE'nin daha fazla olduğu [204] gibi, alt ekstremitte egzersizi sırasında VE'nin daha fazla olduğu [205, 206] belirtilmiştir. Eston ve arkadaşlarının [204] sağlıklı bireyler üzerinde gerçekleştirdiği çalışmasında, üst ekstremitte egzersizleri sırasında sempatik sinir sisteminin daha fazla aktive olması nedeniyle solunum frekansının arttığı ve VE'nin daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Carter ve arkadaşları [205] ise kronik obstrüktif akciğer hastalığı olan hastalarda alt ekstremitte egzersizleri sırasında solunum frekansının daha yüksek olması nedeniyle VE'nin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Hernández-Murúa ve arkadaşları da [206] multipl skleroz hastalarında alt ekstremitte egzersizi sırasında hem solunum frekansının hem de VE'nin daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Egzersiz sırasında iş yükü artışı sonucu ilerleyici eforla birlikte tidal volüm ve solunum frekansının artması, VE'nin artmasına neden olur. Bu durum, vücudun metabolik taleplerine bağlı olarak bireyin aerobik kapasitesinin ve ventilatuar iş

yükünün arttığını göstermektedir [151]. Sonuçlarımıza göre üst ekstremite egzersiz testine göre alt ekstremite egzersiz testinde HR_{zirve} ve VO_{2zirve} parametrelerinin daha fazla olması ile daha yüksek iş yüklerine ulaşılması, VE'nin ve solunum iş yükünün daha fazla olmasına neden olmuş olabilir. Ancak çalışmamızda üst ve alt ekstremite KPET sırasında VE'yi karşılaştırdık. Uzun dönemde üst ve alt ekstremite egzersizlerinin VE üzerindeki etkileri hakkında bilgi bulunmamaktadır. Bu nedenle, gelecekteki çalışmalarda koroner arter hastalarına en uygun egzersiz programının belirlenmesi açısından, üst ve alt ekstremite egzersizlerinin uzun dönemde fizyolojik yanıtlar üzerindeki etkileri araştırılmalıdır.

KPET sırasında VE'ye bağlı olarak VE arttıkça solunum rezervi azalmaktadır [203]. Çalışmamızda solunum rezervi, alt ekstremite egzersiz testi ($52,28 \pm 9,38$) ile karşılaştırıldığında, üst ekstremite egzersiz testinde ($68,51 \pm 6,36$) daha fazlaydı. Literatürde üst ve alt ekstremite egzersizleri sırasında solunum rezervini karşılaştıran çalışmalar genel olarak kronik obstrüktif akciğer hastalığı olan bireylerin dahil edilmesiyle gerçekleştirilmiştir [207]. Bu çalışmalarda, alt ekstremite egzersizleriyle karşılaştırıldığında üst ekstremite egzersizleri sırasında solunum rezervinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir [207]. Öymezer ve arkadaşları [140] interstisyel akciğer hastalarında gerçekleştirdikleri çalışmada da üst ekstremite egzersizlerinde daha yüksek solunum rezervi bildirilmiştir. Literatürdeki sistematik inceleme ve meta-analiz raporunda, üst ekstremite egzersizleri ile karşılaştırıldığında alt ekstremite egzersizlerinin daha yüksek iş yüklerinde gerçekleştirilmesi nedeniyle daha fazla metabolik talep oluşturduğu belirtilmektedir [207]. Bu nedenle alt ekstremite KPET'te hem solunum iş yükünün hem de dakika ventilasyonunun üst ekstremite KPET'e göre daha fazla olması, alt ekstremite KPET sırasında solunum rezervinin daha az olmasını etkilemiş olabilir. Çalışmamız, koroner arter hastalarında üst ekstremite egzersizleri sırasında solunum iş yükünün daha düşük, solunum rezervinin ise daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, özellikle gerekli tıbbi tedavisi yapılmış olmasına rağmen nefes darlığı semptomları devam eden koroner arter hastalarının rehabilitasyon programına üst ekstremite egzersiz eğitiminin eklenebileceğini düşünmekteyiz. Ayrıca, çalışmamız koroner arter hastalarında üst ve alt ekstremite KPET'teki yanıtları incelemiştir. Uzun dönemde farklı popülasyonlarda hem üst [200, 201] hem de alt ekstremite [208] egzersiz eğitiminin solunum rezervi üzerinde etkilerini araştıran çalışmalar bulunmaktadır. Ancak literatürde koroner arter hastalarında uzun dönemde alt ve üst ekstremite egzersiz eğitimlerinin etkilerini araştıran bir çalışmaya rastlanmamaktadır. Bu nedenle, koroner arter hastalarının rehabilitasyon programında en uygun aerobik egzersiz

planının oluşturulabilmesi için hem üst hem de alt ekstremité aerobik egzersizlerinin uzun dönem etkileri araştırılmalıdır.

Oksijen alım verimliliği eğimi (OUES), KPET'te iş yükü artışıyla birlikte pulmoner ventilasyon sırasında oksijenin verimli kullanılıp kullanılmadığını göstermektedir [209]. OUES'in belirli kesme noktası yoktur, ancak daha yüksek sayısal değerler kardiyorespiratuar rezerv ile egzersiz toleransının daha iyi olduğunu ve oksijenin verimli kullanıldığını gösterir [84]. Çalışmamızda, üst ekstremité egzersiz testi sırasında ölçülen OUES ($1330,76 \pm 319,96$ ml/dk/l/dk) ile alt ekstremité egzersiz testinde ölçülen OUES ($2045,33 \pm 554,53$ ml/dk/l/dk) karşılaştırıldığında, üst ekstremité egzersiz testi sırasında ölçülen OUES daha azdı. Literatürde yalnızca bir çalışmada üst ve alt ekstremité egzersizlerinde OUES parametresi karşılaştırılmıştır [210]. Osteoartrit hastalarında yapılan bu çalışmada, koşu bandı ve bisiklet ergometresinde gerçekleştirilen egzersiz testi ile karşılaştırıldığında, kol ergometresindeki OUES daha azdı [210]. Kardiyopulmoner egzersiz testinde $VO_{2\text{zirve}}$ arttıkça OUES'in de arttığı belirtilmektedir. [211]. Çalışmamızda alt ekstremité egzersiz testi ile karşılaştırıldığında üst ekstremité egzersiz testi sırasında $VO_{2\text{zirve}}$ 'i daha az olması, üst ekstremité egzersiz testinde OUES'in daha düşük olmasına sebep olmuş olabilir.

Oksijen için ventilatuar eşdeğer (VE/VO_2), KPET'te iş yükü artışıyla istirahatten submaksimal egzersiz şiddetine kadar azalır; en çok anaerobik eşik (AT) noktasında azaldıktan sonra egzersizde ventilasyon artışıyla ilerleyici olarak artar [203]. VE/VO_2 belirli bir oksijen tüketim miktarı için gerekli ventilatuar ihtiyacı yansıtmaması nedeniyle ventilasyon etkinliğinin önemli belirteçidir. Özellikle fizyolojik ölü boşluğun artmasıyla pulmoner ventilasyon ve perfüzyon arasında dengesizlik oluşması sonucu VE/VO_2 artışı ventilasyon verimsizliğini göstermektedir [203, 212]. Çalışmamızda, maksimal iş yükünde VE/VO_2 parametresi, alt ekstremité egzersiz testi ile karşılaştırıldığında üst ekstremité egzersiz testi sırasında daha yüksektir. Eston ve arkadaşlarının [204] sağlıklı bireyleri dahil ederek yaptıkları çalışmada da üst ekstremité egzersizleri sırasında VE/VO_2 daha fazlaydı. Mevcut bulgular, alt ekstremité egzersizleriyle karşılaştırıldığında, üst ekstremité egzersizleri sırasında aynı oksijen tüketimi düzeyinde daha fazla ventilasyona ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Literatürdeki sistematik derleme ve meta-analiz raporunda, üst ekstremité egzersizleri sırasında inspiratuar kasların elastik yükünün değişmesi nedeniyle hem üst ekstremité hareketlerinde hem de solunum olayında görevli yardımcı solunum kaslarının

solunum fonksiyonuna desteğinin azaldığı belirtilmiştir [207]. Bu nedenle, üst ekstremitte egzersizleri sırasında aktive olan kasların solunum fonksiyonuna yardımının azalmasının ventilasyon verimliliğini etkilemiş olabileceğini düşünmekteyiz. Bulgularımız, üst ekstremitte KPET’inde VE/VO_2 artışının, üst ekstremitte egzersiz testinde ventilasyon verimliliğinin daha düşük olduğunun bir göstergesi olabileceğini göstermektedir. Ancak çalışmamız üst ve alt ekstremitte egzersiz testleri sırasında anlık olarak VE/VO_2 parametresini karşılaştırmıştır. Üst ve alt ekstremitte egzersizlerinin VE/VO_2 üzerindeki etkileri hakkında daha fazla yorum yapabilmemiz için üst ve alt ekstremitte egzersizlerinin uzun dönem etkileri araştırılmalıdır.

VE/VO_2 parametresinin yanı sıra, VE/VCO_2 parametresi de egzersiz testinde ventilasyon etkinliğinin bir göstergesidir [203]. AT noktasında VE/VCO_2 ’nin artışı ($VE/VCO_2 > 34$) kardiyak hastalıklarda ventilasyon verimliliğinin azaldığı anlamına gelmektedir [213]. Çalışmamızda alt ekstremitte egzersiz testi ile karşılaştırıldığında, üst ekstremitte egzersiz testinde AT noktasında VE/VCO_2 değeri daha yüksekti. Ayrıca üst ekstremitte egzersiz testinde hastaların %83,3’ünde; alt ekstremitte egzersiz testinde ise hastaların %76,7’sinde VE/VCO_2 kesme noktası olan 34 değerinin üzerindeydi. Öymezer ve arkadaşlarının [140] çalışmasında da alt ekstremitte egzersiz testinde hastaların %73’ünde; üst ekstremitte egzersiz testinde ise hastaların %86,5’inde VE/VCO_2 kesme noktasının üzerindeydi. Çalışmamızla karşılaştırıldığında, Öymezer ve arkadaşlarının çalışmasında da [140] üst ekstremitte egzersiz testinde daha fazla hastada VE/VCO_2 kesme noktasının üzerindeydi; ancak üst ekstremitte egzersiz testinde VE/VCO_2 kesme noktasının üzerinde olan hastaların oranı, çalışmamızdaki hastaların oranından daha fazlaydı. Bu duruma, Öymezer ve arkadaşlarının çalışmasına [140] doğrudan pulmoner ventilasyonu olumsuz etkileyen interstisyel akciğer hastalığı olanların dahil edilmesi neden olmuş olabilir. Bulgularımız üst ekstremitte KPET sırasında AT noktasında VE/VCO_2 ’nin daha fazla olması ile koroner arter hastalarında alt ekstremitte egzersizlerine kıyasla üst ekstremitte egzersizleri sırasında ventilatuar verimliliğinin daha az olabileceğini göstermektedir. Bu durum VE/VO_2 parametresinde açıklandığı gibi, üst ekstremitte egzersizleri sırasında solunum fonksiyonuna yardımcı kasların aktive olması nedeniyle gerçekleşmiş olabilir.

Solunum değişim oranı (RER), kardiyopulmoner egzersiz testi sırasında sarf edilen eforun değerlendirilmesi açısından oldukça önemlidir [213]. Egzersiz testi sırasında iş yükü artışına paralel olarak artan enerji ihtiyacı anaerobik metabolizma yoluyla karşılanır ve buna bağlı

olarak laktik asit açığa çıkar. Ancak egzersiz sırasında üretilen laktik asidin bikarbonat iyonu aracılığıyla tamponlanması sonucu oluşan karbondioksit miktarı, tüketilen oksijen miktarını aşarak RER'in artmasına neden olur [214]. Çalışmamızda üst ekstremité [1,13 (1,07-1,17)] ve alt ekstremité KPET sırasında [1,09 (1,03-1,15)] solunum değişim oranları benzerdi. Bulgularımız üst ekstremité egzersiz testi ve alt ekstremité egzersiz testinde harcanan eforun benzer olduğunu göstermektedir. Literatürde, farklı popülasyonlarda yapılan çalışmalarda alt ve üst ekstremité egzersizlerinde RER'in benzer olduğu [215] gibi, üst ekstremité egzersizlerinde RER'in daha yüksek olduğu da belirtilmiştir [216]. Louhevaara ve arkadaşlarının çalışmasında [216], üst ekstremité egzersiz testi ayak durma pozisyonunda, gövde desteklenmeden gerçekleştirilmiştir. Ancak Öymez ve arkadaşlarının çalışmasında [140] ile Orr ve arkadaşlarının çalışmasında [215], üst ekstremité egzersiz testi çalışmamızda olduğu gibi oturma pozisyonunda gerçekleştirilmiştir. Ayakta durma pozisyonunda, üst ekstremité kaslarının yanı sıra gövde kasları da aktifleşmektedir [216]. Bu durumun test sırasında harcanan eforu etkileyebileceğini düşünüyoruz.

Çalışmamızda, üst ekstremité egzersiz testinde maksimal iş yükünde sistolik kan basıncı, alt ekstremité egzersiz testi ile karşılaştırıldığında daha düşüktü. Ancak her iki test sırasındaki diyastolik kan basıncı yanıtları benzerdi. Egzersiz sırasında egzersiz yoğunluğu arttıkça, vücudun artan metabolik taleplerini karşılamak amacıyla kalp debisi artmaktadır [217]. Özellikle üst ekstremité egzersizleri sırasında alt ekstremitéye göre daha küçük kas grubu aktif olduğu için egzersiz sırasında vücudun metabolik talebi daha azdır [196]. Ayrıca çalışmamızda alt ekstremité ile kıyaslandığında üst ekstremité egzersiz testi sırasında maksimal iş yükünde $VO_{2\text{zirve}}$ ve KH_{zirve} parametreleri daha azdı. Bulgularımız, alt ekstremité egzersizlerine kıyasla üst ekstremité egzersizleri sırasında daha küçük kas gruplarının aktive olması nedeniyle oksijen tüketiminin ve kardiyak yanıtların daha az olabileceğini; üst ekstremité egzersizlerinin daha düşük kardiyovasküler yanıtlara neden olabileceğini düşündürmektedir.

Çalışmamızda üst ekstremité KPET'te birincil sınırlayıcı etken kol yorgunluğu, ancak alt ekstremité KPET'te ise göğüs ağrısıydı. Koroner arter hastalarında egzersiz sırasında göğüs ağrısı, miyokardiyal oksijen talebinin miyokardiyal oksijen arzının üzerinde olması nedeniyle meydana gelir [218]. Bu durum alt ekstremité egzersiz testi sırasında kasların daha fazla oksijen talep etmesi sonucu miyokardiyal iş yükünün ve miyokardiyal oksijen talebinin artmasıyla ilişkili olabilir. Egzersiz sırasında aktive olan kas grubunun küçük olması, hareket

sırasında daha büyük gerilime maruz kalmasına neden olur [18]. Bu durum, kas kasılmasıyla hidrojen iyonu, laktat ve inorganik fosfat metabolitlerinin daha fazla ortaya çıkmasına ve daha erken kas yorgunluğunun oluşmasına neden olur [18]. Dolayısıyla, üst ekstremitte egzersiz testinde kol yorgunluğunun sınırlayıcı olması, egzersiz sırasında aktive olan kas grubunun küçük olmasıyla ilişkili olabileceğini düşünmekteyiz. Çalışmamızda, alt ekstremitte ile karşılaştırıldığında, üst ekstremitede KPET sırasında ekstremitte yorgunluk algısı; alt ekstremitte egzersiz testinde ise göğüs ağrısı daha fazlaydı.

Üst ekstremitte KPET sırasında zirve oksijen tüketimi, dakika ventilasyonu, nefes darlığı algısı, kalp hızı ve oksijen nabızı daha azdı; kalp hızı rezervi, solunum frekansı, ve solunum rezervi daha fazlaydı. Bulgularımız, koroner arter hastalarında üst ekstremitte egzersiz testinde hem solunumsal hem de kardiyovasküler iş yükünün daha düşük olduğunu göstermektedir. Ancak üst ekstremitte egzersizleri sırasında hastalar kol yorgunluğu nedeniyle, alt ekstremitte egzersizleri sırasında ise göğüs ağrısı nedeniyle teste devam edememişlerdir. Üst ekstremitte egzersizleri sırasında daha küçük kas grubunun aktive olması nedeniyle vücudun metabolik gereksinimleri daha azdır [196]. Bu durum, üst ekstremitte egzersizleri sırasında kardiyorespiratuar iş yükünün ve miyokardiyal oksijen tüketiminin düşük olmasına neden olmaktadır [140]. Koroner arter hastalarında miyokardiyal oksijen tüketiminin artması hastalarda anjina pectoris semptomunun oluşmasına neden olur [219]. Bu nedenle, üst ekstremitte aerobik egzersizi daha az kardiyovasküler ve solunum iş yüküne neden olduğu için, hastaların egzersize kolay uyum sağlaması açısından özellikle erken dönemde, anjina pectoris semptomu devam eden koroner arter hastalarının tedavi programında yer almalıdır. Ancak ilerleyen dönemde hastaların egzersiz toleransı iyileştikçe, programlarına alt ekstremitte aerobik egzersiz eğitimi de eklenmelidir.

KAH'ta büyük çaplı arterlerde lipid, inflamatuvar hücreler ve fibröz dokuların birikimi arter duvarını kalınlaştırmakta, lümenini ise daraltmaktadır. Ayrıca elastin kaybıyla arterlerin esnekliğinin azalması, arteriyel sertliğe neden olmaktadır [18]. Arteriyel sertliğin arter duvarında hem yapısal hem de fonksiyonel değişikliklere neden olması, kardiyovasküler hastalıkların gelişiminde ve ilerlemesinde önemli bir etkidir [19]. Yaygın olarak non-invaziv nabız dalga hızı (PWV) ve augmentasyon indeksi (AIX) aracılığıyla ölçülerek arterlerin elastik özelliklerine ilişkin bilgi verir [21]. Arteriyel sertlik, PWV, AIX, sistolik kan basıncı ile nabız basıncının artması ve diyastolik kan basıncının azalması ile karakterizedir. Bu patofizyolojik durum KAH ile önemli ölçüde ilişkilidir [19, 115]. Koroner arter

hastalarında arteriyel sertlik arasındaki ilişkiyi araştıran bir çalışmada, sağlıklı bireylere ($PWV=8,14\pm1,25$ m/sn) kıyasla koroner arter hastalarında ($PWV=11,13\pm0,91$ m/sn) arteriyel sertliğin daha fazla olduğu ve iki koroner arter tutulumu olan hastalara ($PWV=15,22\pm1,11$ m/sn) göre birden fazla koroner arter tutulumu olan hastalarda ($PWV=19,30\pm2,05$ m/sn) daha yüksek olduğu bildirilmiştir [19]. Ayrıca PWV'si yüksek olan koroner arter hastalarında kardiyovasküler olay görülme oranları ve tüm nedenlere bağlı ölüm oranları daha yüksektir [112, 117, 220]. Mevcut çalışmalarda, egzersizin arteriyel sertlik üzerindeki azaltıcı etkisi nedeniyle, egzersiz süresi arttıkça kardiyovasküler hastalıklardaki mortalite oranlarının azaldığı bildirilmiştir [117, 220].

Aerobik egzersiz eğitimi veya egzersiz testleri gibi vücut üzerinde oluşturulan fizyolojik stres ile kan basıncı, kardiyak debi regülasyonu ve vasküler vazodilatasyon sağlayan nitrik oksit (NO) salınımının artmasıyla periferik vasküler direnç azalır. Buna bağlı olarak arteriyel sertlik de azalmaktadır [221]. Literatürde uzun süreli aerobik egzersizin arteriyel sertlik üzerinde azaltıcı yönde etkisi olduğu [20] belirtilmesine rağmen, akut aerobik egzersizin arteriyel sertlik üzerinde etkisi olmadığı [21], artırıcı [122] veya azaltıcı yönde etkisi olduğunu belirten çalışmalar [117, 121] bulunmaktadır. Bu nedenle aerobik egzersizin arteriyel sertlik üzerindeki akut etkisi konusunda fikir birliği yoktur. Kobayashi ve arkadaşlarının çalışmasında sağlıklı bireylerde bisiklet ergometresinde maksimum oksijen tüketiminin %65'inde 15, 30 ve 45 dakika süren aerobik egzersizin arteriyel sertlik üzerine akut etkisi araştırılmıştır [121]. Çalışmada aerobik egzersiz sürelerinin farklı olmasına ek olarak, egzersiz sonrasında arteriyel sertlik ölçümü 30 ve 60 dakika sonra olmak üzere iki farklı zamanda yapılmıştır. Çalışma sonunda 15 dakika süren egzersizden 30 dakika sonra; 30 ve 45 dakika süren egzersizlerden hem 30 hem de 60 dakika sonra PWV'nin azaldığı raporlanmıştır [121]. Aerobik egzersizin arteriyel sertlik üzerindeki akut etkisini araştıran meta-analiz raporunda, egzersiz süresine bağlı olarak egzersizin arteriyel sertlik düzeyi üzerindeki etkisinin değişebileceği belirtilmiştir [117]. Bu nedenle Kobayashi ve arkadaşlarının [121] çalışması, kısa egzersiz süresinin arteriyel sertliği uzun süre azaltmada yeterli fizyolojik etkiye neden olamayabileceğini desteklemektedir. Ayrıca egzersiz süresi dışında, egzersiz sonrasında arteriyel sertlik ölçüm süresinin de arteriyel sertlik düzeyini etkilediği bildirilmiştir [117, 221]. Gkaliagkousi ve arkadaşları, normotansif sağlıklı bireylerde maksimal aerobik egzersizin arteriyel sertlik üzerine akut etkisini araştırdığı çalışmasında, egzersizden 10 ve 30 dakika sonra ölçülen PWV değerlerinde egzersiz öncesi ölçüme göre anlamlı bir değişiklik olmadığı rapor edilmiştir [222]. Benzer şekilde, Tabara

ve arkadaşları geriatrik bireylerde 30 dakika süren hafif-orta şiddetli egzersizin arteriyel sertlik üzerine etkisini inceledikleri çalışmada egzersizden hemen sonra ölçülen AIX parametresinde egzersiz öncesinde yapılan ölçüme kıyasla anlamlı bir değişiklik olmadığını raporlamıştır [223]. 2021 yılında yayımlanan meta-analiz raporunda da egzersizden hemen sonra ölçülen PWV'nin değişmediği, egzersizden 30 dakika sonra kademeli olarak azaldığı, ancak bu azalmanın geçici olduğu ve egzersiz sonrasındaki ilk 24 saatte normale döndüğü belirtilmiştir [117]. Raporda, egzersizin arteriyel sertlik üzerine akut etkisinin karmaşık sonuçlar göstermesinin, etkinin yalnızca 24 saat sürmesinden kaynaklanabileceğine değinilmiştir [117]. Ayrıca genel olarak yapılan çalışmalarda aerobik egzersizden 30-59 dakika sonra yapılan ölçümlerde PWV parametresinin azaldığı görülmüştür [117]. Mevcut çalışmalara baktığımızda, egzersizin arteriyel sertlik üzerindeki akut etkisini hem egzersiz süresinin hem de egzersizden ne kadar süre sonra ölçüm yapıp yapılmamasının etkilediğini düşünmekteyiz. Bu nedenle aerobik egzersizin arteriyel sertlik üzerine akut etkisi konusunda mevcut çalışmaların sonuçları çelişmekte ve fikir birliği sağlanamamaktadır. Literatürdeki çalışmalar yaygın olarak sağlıklı bireylerde alt ekstremitenin aktif olduğu koşu bandında ya da bisiklet ergometresinde yapılan egzersizlerin arteriyel sertlik üzerindeki akut etkilerine odaklanmaktadır [121,122, 222]. Ayrıca literatürde, yalnızca üst ekstremitenin aktif olduğu üst ekstremitte aerobik egzersizlerinin arteriyel sertlik üzerindeki akut etkisini araştıran çalışmalara rastlanmamıştır. Koroner arter hastalarında üst ve alt ekstremitte egzersizlerinin arteriyel sertlik üzerindeki etkilerini araştırdığımız çalışmamızda, üst ekstremitte KPET sonrasında AIX, aortik AIX_{ap/pp}, aortik AIX_{p2/p1} ve aortik AIX@75 parametreleri artmış; ancak PWV azalmıştır. Ayrıca üst ekstremitte KPET sonrasında periferik ve aortik diyastolik kan basıncı azaldı; buna ek olarak periferik nabız basıncı ve aortik nabız basıncı arttı. Literatürde diyastolik kan basıncının azalması ile nabız basıncının artmasının arteriyel sertlik artışında etkili olduğu belirtilmektedir [19, 115]. Çalışmamızda da üst ekstremitte KPET sonrasında arteriyel sertlik artışını diyastolik kan basıncının azalması ve nabız basıncının artması etkilemiş olabilir. Yoon ve arkadaşlarının kombine üst ve alt ekstremitte akut dirençli egzersizlerinin arteriyel sertlik üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, egzersiz sonrasında AIX ve AIX@75 parametrelerinin arttığı bildirilmiştir [224]. Çalışmamızda üst ekstremitte KPET sırasında iş yükü artışı, kol ergometresinin direncini her dakika 10 watt artırarak sağlanmaktadır. Test sırasında hastalar, kol ergometresinin direncine karşı kollarını çevirmeye çalıştıkları için dirençli egzersiz etkisi oluşmuştur. Bu nedenle çalışmamızda üst ekstremitte KPET sonrasında arteriyel sertlik artışı konusunda literatürle benzer sonuçlar elde edildi. Aksine, çalışmamızda alt ekstremitte KPET sonrasında hem arteriyel sertlik hem de

nabız dalga hızı parametreleri değişmedi. Hem akut hem de dirençli egzersizler kan basıncında artışa yol açar. Ancak aerobik egzersiz sırasında daha büyük kas gruplarının aktif olmasıyla orta seviyede ve uzun süreli kan basıncı artışı olurken, dirençli egzersiz sırasında dinlenme seviyesinin dört katına kadar çıkan kısa süreli kan basıncı artışı oluşmaktadır [21]. Çalışmamızda da üst ekstremité KPET ile karşılaştırıldığında alt ekstremité KPET sonrasında periferel nabız basıncında istatistiksel olarak anlamlı olmayan artışlar mevcuttu. Bu durum üst ekstremité KPET sonrasında arteriyel sertlik seviyesinin artmasına rağmen alt ekstremité KPET sonrasında arteriyel sertlik seviyesinde değişiklik olmamasını destekler niteliktedir. Çalışmamız dışında üst ve alt ekstremité egzersizlerinin arteriyel sertlik üzerindeki etkisini karşılaştıran çalışma sayısı hem sınırlıdır hem de bu çalışmalara sağlıklı bireyler dahil edilmiştir [119,123]. Ranadive ve arkadaşları maksimal üst ve alt ekstremité aerobik egzersizinin arteriyel sertlik üzerindeki etkisini araştıran bir çalışma yapmıştır [119]. Çalışmada, egzersizlerden önce ve egzersizden 10 dakika sonra karotis-radyal arterleri arası nabız dalga hızı (APWV), karotis-femoral arterleri arası nabız dalga hızı (CPWV) ve femoral-dorsalis pedis arterleri arası nabız dalga hızı (LPWV) değerlendirilmiştir [119]. Çalışma sonunda hem üst ekstremité hem de alt ekstremité egzersizinden sonra LPWV'nin azaldığı, yalnızca üst ekstremité egzersizinden sonra APWV'nin azaldığı ve her iki egzersiz sonrasında CPWV'de değişiklik olmadığı raporlanmıştır [119]. Çalışmada üst ve alt ekstremité egzersizlerinin arteriyel sertlik üzerinde farklı yanıtlar oluşturduğu ve üst ekstremité egzersizlerinin üst ekstremité arterleri üzerinde daha belirgin etkiler oluşturduğu belirtilmektedir [119]. Çalışmamızla karşılaştırıldığında, Ranadive ve arkadaşlarının çalışmasında [119] yaş ortalamasının daha düşük olması ve sağlıklı bireylerin dahil edilmesi, hem üst ekstremité hem de alt ekstremité egzersizleri sonrasında PWV yanıtının çalışmamızdan farklı olmasını etkilemiş olabilir. Miura ve arkadaşları ise sağlıklı erkek bireylerde maksimal oksijen tüketiminin %50'sinde 30 dakikalık üst ve alt ekstremité aerobik egzersizlerinin arteriyel sertlik üzerine etkisini araştırmıştır [123]. Çalışmada arteriyel sertlik, orta şiddetli üst ve alt ekstremité aerobik egzersizlerinin öncesinde ve egzersizlerden 30 ve 60 dakika sonra brakial arter ile ayak bileği arasındaki nabız dalga hızı (baPWV) ölçümü yapılarak değerlendirilmiştir [123]. Yapılan analizler sonucunda çalışmada alt ekstremité egzersizinden 30 dakika sonra yapılan ölçümlerde baPWV'nin azaldığı, ancak üst ekstremité egzersizi sonrasında değişmediği raporlanmıştır [123]. Çalışma, orta şiddette üst ekstremité aerobik egzersizinin arteriyel sertlik üzerinde azaltıcı bir etki yaratmayabileceğini göstermektedir. Miura ve arkadaşlarının [123] çalışmasında egzersizden 30 ve 60 dakika sonra ölçüm yapılmıştır. Literatürde aerobik egzersiz sonrasında

ölçüm yapılan sürenin arteriyel sertliği etkileyebileceği ve egzersiz sonrasında 30 dakika içerisinde arteriyel sertlik düzeyinin kademeli olarak azaldığı belirtilmektedir [117, 221]. Bu nedenle ileride yapılacak çalışmalarda, çalışmamızda olduğu gibi egzersizden hemen sonra tek arteriyel sertlik ölçümü yerine belirli aralıklarla daha sık arteriyel sertlik ölçümü yapılarak detaylı değerlendirilmesinin yanı sıra koroner arter hastalarında hem üst hem de alt ekstremitte egzersizlerinin arteriyel sertlik üzerindeki olası etkileri uzun dönemde de incelenerek karşılaştırılmalıdır. Ayrıca bulgularımız, üst ekstremitte egzersizlerinin periferik ve aortik nabız basıncı artışıyla ilişkili AIX parametresini akut olarak artırması nedeniyle, özellikle egzersizde kan basıncı yanıtları yüksek olan semptomatik koroner arter hastalarında, egzersiz sırasında hemodinamik yanıtlar takip edilerek hastaların egzersiz programına üst ekstremitte aerobik egzersiz eğitiminin eklenebileceğini göstermektedir.

Koroner arter hastalarında azalmış iskelet kası kapillarizasyonu, fizyolojik stres oluşturan iskemi ve egzersiz sırasında periferik arterlerin vazodilatasyon yanıtlarını azaltır [135]. KAH'ta miyokardiyal iskeminin yanı sıra periferik vasküler disfonksiyonun kasların oksijen iletimi ve kullanım kapasitesini etkilemesi, egzersiz intoleransına neden olabilecek patofizyolojik bir faktördür [225]. Bu durumun koroner arter hastalarında periferik kaslara oksijen iletimini ve kasların oksijeni kullanma kapasitesini etkileyebileceği düşünülmektedir [225]. Yakın kızılötesi spektroskopisi (NIRS), egzersiz sırasında lokal kas dokusunda oksijen arzı ve kullanımı arasındaki denge hakkında bilgi sağlar [226]. NIRS aracılığıyla kas oksijenizasyonunu ölçen SmO_2 , ΔSmO_{2min} , ΔSmO_{2maks} , THb, ΔTHb_{min} ve ΔTHb_{maks} parametreleri elde edilir [193]. Kas oksijen satürasyonu (SmO_2) kas dokusundaki oksijen arzını ve kullanımını yansıtmaktadır. Bu parametre, lokal olarak ölçüm yapılan kasta sağlanan oksijen desteği, kasın oksijen kullanımı ve mitokondrilerdeki oksijen seviyesi hakkında bilgi verir [22]. ΔSmO_{2min} , egzersiz sırasında minimum ve istirahat kas oksijen satürasyonlarının mutlak farkıdır. Egzersiz sırasında ΔSmO_{2min} 'in azalması kas kasılması sırasında kasa ulaşan oksijen miktarının kasın ihtiyaç duyduğundan daha az olduğunu ve kasın oksijen ihtiyacının karşılanamadığını göstermektedir [193]. Egzersiz sırasında maksimum ve istirahat kas oksijen satürasyonlarının mutlak farkı (ΔSmO_{2maks}), kasın gevşeme fazında oksijen ihtiyacının artmasına bağlı olarak kasa sağlanan oksijen miktarı ile dengeyi gösterir. Bu parametrenin yüksek olması, gevşeme fazında mikrovasküler düzeyde kan damarlarından kasa oksijen iletiminin yetersiz olması nedeniyle kasın ihtiyaç duyduğu oksijen desteğinin sağlanamadığını ifade eder [193].

Çalışmamızda, üst ekstremitte KPET sırasında deltoid kasının maksimum ve istirahat kas oksijen satürasyonlarının mutlak farkı alt ekstremitte egzersiz testi ile karşılaştırıldığında daha azdı. Literatürde, maksimum ve istirahat kas oksijen satürasyonlarının mutlak farkının az olmasının, kas gevşeme fazında kas dokusuna oksijen iletiminin daha verimli olduğu hakkında bilgi verdiği belirtilmektedir [193]. Bu nedenle çalışmamızda, üst ekstremitte KPET sırasında deltoid kasına oksijen desteğinin yeterli olduğunu; alt ekstremitte egzersiz testinde ise deltoid kasına sağlanan oksijen desteğinin kasın metabolik ihtiyacından daha az olduğunu düşünmekteyiz.

Üst ekstremitte KPET sırasında ölçülen quadriceps femoris kasının istirahat kas oksijen satürasyonu alt ekstremitte ile karşılaştırıldığında daha fazlaydı. Bu durumun nedeni, üst ekstremitte egzersiz testinde istirahat verilerinin oturma pozisyonunda alınmasına karşın alt ekstremitte egzersiz testinde istirahat verilerinin ayakta dik durma pozisyonunda alınmasından kaynaklanmış olabilir. Ayakta durma pozisyonunda yerçekiminin etkisiyle kan alt ekstremitelerde birikir ve venöz göllenmeyle kas dokusuna kan akımı azalır [227]. Ayrıca, ayakta durma pozisyonunda quadriceps femoris kası postüral kontrolün sağlanmasında görevli olduğu için, [228] oturma pozisyonu ile karşılaştırıldığında, ayakta dururken intramüsküler basınç artışıyla quadriceps kasına kan akımının ve kas oksijen satürasyonunun azalmasına neden olabilir. Üst ekstremitte KPET sırasında quadriceps femoris kasının minimum ve istirahat kas oksijen satürasyonlarının mutlak farkı, alt ekstremitteyle karşılaştırıldığında daha fazlaydı. Minimum ve istirahat kas oksijen satürasyonlarının mutlak farkının az olmasının, kas kasılması sırasında kasa sağlanan oksijen miktarının yeterli olmadığını ve kas dokusunun oksijen ihtiyacının karşılanamadığını göstermektedir [193]. Çalışmamızda, koroner arter hastalarında alt ekstremitte KPET sırasında quadriceps femoris kasına ihtiyaç duyulan oksijen desteğinin sağlanamadığını düşünmekteyiz.

NIRS, oksijen satürasyonunun yanı sıra toplam hemoglobin (THb) miktarını da ölçmektedir. Kas dokusundaki oksihemoglobin ve deoksihemoglobin toplamı olan THb, egzersiz sırasında kas dokusuna giden kan akımı hakkında bilgi verir [193]. Egzersiz sırasında maksimum ve istirahat toplam hemoglobin mutlak farkı ($\Delta\text{Thb}_{\text{maks}}$), gevşeme fazı boyunca kas dokusuna ulaşan kan akımının bir göstergesidir. Egzersiz sırasında $\Delta\text{Thb}_{\text{maks}}$ 'ın yüksek olması kas dokusuna kan akışının arttığını gösterir [193]. Egzersiz sırasında minimum ve istirahat toplam hemoglobin mutlak farkı ($\Delta\text{Thb}_{\text{min}}$), kas kasılması sırasında kas dokusundaki kan akımının kas dokusuna sağlanan oksijen miktarına oranıdır. Egzersiz

sırasında $\Delta\text{THb}_{\min}$ 'in az olması, kas kasılması sırasında intramüsküler basınç artışına bağlı olarak kasa olan kan akımının azalmasına rağmen kas dokusuna yeterli oksijen desteğinin sağlandığını göstermektedir [193]. Çalışmamızda, üst ekstremité egzersiz testi sırasında deltoid kasının istirahat ve minimum toplam hemoglobin mutlak farkı, alt ekstremitéyle kıyaslandığında daha azdı. Minimum ve istirahat toplam hemoglobin mutlak farkının az olması, kas kasılması sırasında kas dokusuna az da olsa kan akımının, kasın oksijen ihtiyacını karşıladığını göstermektedir [193]. Bu nedenle, çalışmamızda üst ekstremité egzersiz testi sırasında intramüsküler basınç artışına rağmen deltoid kasının metabolik ihtiyaçlarının karşılandığını, sağlanan oksijen desteğinin yeterli olduğunu; ancak alt ekstremité egzersizlerinde deltoid kas dokusundaki kan akımının azalmasına bağlı olarak yeterli oksijen desteğinin sağlanamadığını düşünmekteyiz. Benzer şekilde, alt ekstremitéyle kıyaslandığında, üst ekstremité egzersiz testi sırasında quadriceps femoris kasının istirahat ve minimum toplam hemoglobin mutlak farkı daha yüksekti. Quadriceps femoris kası, alt ekstremité egzersiz testi sırasında birincil aktif kaslar arasındadır ve üst ekstremité egzersizleriyle karşılaştırıldığında, alt ekstremité egzersizleri sırasında daha büyük kas grupları aktive olmaktadır [196]. Bulgularımızda, istirahat ve minimum toplam hemoglobin mutlak farkı daha az olduğu için alt ekstremité egzersiz testi sırasında quadriceps femoris kasının intramüsküler basıncının artmasına rağmen kas dokusuna sağlanan kan akımının ve kas oksijenizasyonunun yeterli olabileceğini düşünmekteyiz. Ayrıca üst ekstremité egzersiz testinde quadriceps femoris kasının toparlanma sırasındaki toplam hemoglobini alt ekstremité egzersiz testi ile karşılaştırıldığında daha fazlaydı. Egzersizde toparlanma sırasındaki toplam hemoglobin cevabının iyi olması, kasın oksijen kullanımının ve oksijenizasyonunun daha verimli olduğunu gösterir [140].

Literatürde tek bacak egzersizleri sırasında kontralateral taraftaki kan akımı değişikliğini inceleyen çalışmalar bulunmaktadır [229-231]. Genel olarak, tek bacak egzersizinin ilk dakikalarında kalp hızı, kan basıncı ve kan akımı regülasyonunu sağlamak amacıyla sempatik sinir sistemi aktive olur. Bunun sonucunda, kontralateral taraftaki kan damarlarında vazodilatasyon meydana gelir [229, 231]. Ancak egzersiz şiddetinin artmasıyla birlikte vücut kasların metabolik ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kardiyak debiyi aktif kaslara yönlendirir. Bu nedenle, egzersiz ilerledikçe kontralateral tarafta egzersize katılmayan kaslarda sempatik sinir sistemi aktivasyonunun azalması sonucu kan damarlarında vazokonstriksiyon oluşur ve kan akımı azalır [229]. Mevcut bulgular, tek ekstremité ile yapılan egzersizlerde egzersize katılmayan kontralateral ekstremitédeki

kasların tamamen pasif olmadığını ve egzersize katılan kasların metabolik ihtiyaçlarına bağlı olarak vazokonstriksiyon sonucu kan akımının düzenlenmesinde aktif olduğunu göstermektedir [229-231]. Çalışmamızda, üst ekstremitte egzersizleri sırasında kan akımının öncelikli olarak üst ekstremitte kaslarında artırılmasına bağlı olarak quadriceps femoris kasında azalmasına rağmen, quadriceps femoris kasına sağlanan kan akımının yeterli olduğunu; alt ekstremitte egzersizleri sırasında ise quadriceps femoris kasına sağlanan kan akımının arttığı halde kas dokusunun metabolik ihtiyaçlarının karşılanamadığını düşünmekteyiz. Bu nedenle, üst ekstremitte egzersizleri sırasında quadriceps femoris kasının oksijen kullanımının ve kas oksijenizasyonunun daha verimli olduğunu düşünmekteyiz. Çalışmamızda, üst ekstremitte egzersizleri sırasında deltoid kası egzersizde aktive olduğu için, deltoid kasına artan kan akımının kasın metabolik ihtiyaçlarını karşılamak için yeterli olduğunu düşünmekteyiz. Ayrıca, alt ekstremitte egzersizleri sırasında ölçtüğümüz kas oksijen satürasyonu ve toplam hemoglobin parametreleri aracılığıyla deltoid kasında kan akımının azaldığını ve azalan kan akımının kasın metabolik ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kaldığını varsaymaktayız. Çalışmamızda solunum olayında görevli interkostalis eksterni kaslarının maksimum ve istirahat toplam hemoglobin mutlak farkı, üst ekstremitte egzersiz testi sırasında alt ekstremitteye göre daha azdı. Bulgularımıza göre, üst ekstremitte ile karşılaştırıldığında, alt ekstremitte egzersiz testi sırasında daha büyük kas grubunun aktive olmasına rağmen solunum iş yükünün arttığı için solunum kaslarına kan akımının daha fazla olduğunu düşünüyoruz.

Öymez ve arkadaşları, interstisyel akciğer hastalarında üst ve alt ekstremitte egzersiz testlerinde deltoid ve quadriceps femoris kaslarının oksijenizasyonunu araştırmıştır [140]. Çalışmalarında, deltoid ve quadriceps femoris kaslarının kas oksijen satürasyon değişimi ($SmO_{2maks} - SmO_{2min}$) ve toplam hemoglobin değişimi ($\Delta Thb_{maks} - \Delta Thb_{min}$) değerlerinin, alt ekstremitte ile karşılaştırıldığında üst ekstremitte egzersiz testi sırasında daha az olduğu; bu durumun ise alt ekstremitteye yönelik egzersizlerin daha fazla oksijen talebi ve kan akımı değişiklikleri oluşturmasından kaynaklandığı belirtilmiştir [140]. Ayrıca, çalışmada üst ekstremitte egzersiz testinde deltoid kasında toparlanma sırasındaki toplam hemoglobin düzeyinin daha yüksek olması ile üst ekstremitte kaslarının oksijeni daha etkin ve verimli kullandığı gösterilmiştir [140]. Literatürde egzersiz testleri sırasında periferik kas oksijenizasyonunu araştıran çalışma [140] ile benzer sonuçlar veren çalışmamız, koroner arter hastalarında alt ve üst ekstremitte egzersiz testlerinde kas oksijenizasyonunu araştıran ilk çalışmadır. Kas oksijen satürasyonu ve toplam hemoglobin parametreleri aracılığıyla

ölçüm yaptığımız çalışmamızda, alt ekstremitte KPET ile karşılaştırıldığında, üst ekstremitte KPET sırasında quadriceps femoris, deltoid ve solunum kaslarının sağlanan kan akımı ile kas dokularının oksijen kullanma kapasitesinin daha verimli olduğunu düşünmekteyiz. Bulgularımız koroner arter hastalarında üst ekstremitte egzersizlerinin kas oksijen ekstraksiyonunu ve periferik kasların metabolik verimliliğini desteklemek amacıyla hastaların rehabilitasyon programına eklenebileceğini göstermektedir. Ancak çalışmamız koroner arter hastalarında üst ve alt ekstremitte egzersizinin kas oksijenizasyonu üzerindeki akut etkisini incelemiştir. Literatürde koroner arter hastalarında üst ve alt ekstremitte egzersizinin kas oksijenizasyonu üzerindeki olası kronik etkisini araştıran çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle koroner arter hastalarında üst ve alt ekstremitte egzersizlerinin uzun dönemde olası etkileri araştırılarak karşılaştırılmalıdır.

KAH'ta vasküler endotelial disfonksiyon, diyabetes mellitus, hipertansiyon ve/veya hiperlipidemi hastalık öyküsünün bulunmasının yanı sıra fiziksel aktiviteye katılımın az olması da hastalığın ortaya çıkmasına yol açmaktadır [136]. Fiziksel aktivite katılımı, istirahat halindeki bazal metabolizma ve diyet kaynaklı termogenezis toplam enerji harcamasının bileşenleridir [137]. Bileşenlerin tümünün dış faktörlerden etkilenerek toplam enerji harcamasını etkilemesine rağmen, özellikle fiziksel aktivite katılımı egzersiz sırasında ve toparlanma aşamasında harcanan enerjiye bağlı olarak toplam enerji harcamasında akut değişikliklere yol açmaktadır [137, 138]. Bu bileşenlere ek olarak, metabolik verimlilik indeksleri arasında yer alan genel enerji verimliliği, net enerji verimliliği, iş verimliliği ve Δ verimlilik parametreleri de enerji harcamasını etkilemektedir [139]. Gövde stabilizasyonu ve izometrik kas kasılmaları gibi ölçülemeyen aktiviteler sırasında enerji harcamasını ifade eden genel enerji verimliliği ve net enerji verimliliğinin düşük olması, ölçülemeyen aktiviteler sırasında enerji harcamasının fazla olduğunu göstermektedir. Buna bağlı olarak toplam enerji harcaması artmaktadır [139]. Genel enerji verimliliği ve net enerji verimliliğinin aksine, iş verimliliği ve Δ verimlilik ise ölçülebilen aktivitelerin harcanan enerji miktarına oranı ve egzersiz sırasında kas verimliliği hakkında bilgi vermektedir [139, 232]. Egzersiz sırasında kas verimliliği, enerji elde etmek için kimyasal enerjinin adenozin trifosfata (ATP) dönüştürüldüğü fosforilasyon verimliliğinden ve üretilen ATP'nin kas kasılmasına dönüştürüldüğü kontraktıl-kuplaj verimliliğinden etkilenmektedir [233]. Kontraktıl kuplaj verimliliği, iş yükü boyunca sabit kalan fosforilasyon verimliliği ile karşılaştırıldığında, kas lifi tipine bağlı olarak değişir [139, 233]. Özellikle hızlı kasılan Tip II kas liflerinde kontraktıl kuplaj verimliliği daha düşüktür. Bu durum kasılma verimliliğinin

iş verimliliği ile Δ verimliliğinin daha az olmasına ve enerji harcamasının artmasına neden olur [139]. Üst ekstremite egzersizleri sırasında aktif olan kas grubu, alt ekstremite egzersizleri sırasında aktif olan kas grubuna kıyasla daha küçüktür [196]. Ayrıca üst ekstremite kaslarında enerji açısından daha verimsiz olan hızlı kasılan Tip II kas lifi yoğunluğu daha fazladır [139]. Bu durum üst ekstremite egzersizleri sırasında enerji verimliliğinin azalmasına neden olarak enerji harcamasını etkileyebilir. Literatürde üst ve alt ekstremite egzersizleri sırasında enerji harcamasını karşılaştıran çalışmalar bulunmaktadır [139, 140]. İnterstisyel akciğer hastalarında yapılan çalışmada, alt ve üst ekstremite egzersiz testleri sırasında enerji harcamasının benzer olduğu raporlanmıştır [140]. Kang ve arkadaşları tarafından sağlıklı bireylerin dahil edilmesiyle yapılan başka bir çalışmada ise üst ekstremite egzersizi sırasında iş ve delta enerji verimliliğinin daha düşük olduğu için alt ekstremite egzersizleri ile karşılaştırıldığında enerji tüketiminin daha fazla olduğu belirtilmiştir [139]. Çalışmamızda Kang ve arkadaşlarının sonuçlarına benzer şekilde hem toplam enerji harcaması hem de ortalama MET parametreleri üst ekstremite egzersiz testi sırasında daha fazlaydı. Literatürde egzersiz sırasında enerji tüketimini araştıran çalışmalar hem sınırlı hem de ortaya koydukları sonuçlar birbiriyle çelişmektedir [139, 140]. Bu durum, çalışmaların farklı egzersiz yoğunluklarında yapılması kaynaklı olabileceği gibi, çalışmalara dahil edilen bireylerin demografik özellikleri, fiziksel aktivite alışkanlıkları ve/veya ilgili ekstremitelerinin kas kuvveti farklılıklarından da kaynaklanmış olabilir.

Koroner arter hastalarında, vasküler endotelyal disfonksiyon sonucu periferik kaslara yeterli kan ve oksijen desteği sağlanamaması nedeniyle periferik kas zayıflığı görülmektedir. Literatürde koroner arter hastalarının periferik kas kuvvetinin araştırıldığı çalışmalar bulunmaktadır [12, 44]. Çalışmamızda hastaların %96,7'sinde hem baskın hem de baskın olmayan alt ekstremite kas zayıflığı, %36,7'sinde ise baskın ve %33,3'ünde baskın olmayan üst ekstremite kas zayıflığı vardı. Huzmeli ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada koroner arter hastalarının tümünde quadriceps femoris kas kuvvetinin beklenen değerlerin %80'inin altında olduğu ve hastaların %93,9'unda ise deltoid kas kuvvetinin beklenen değerlerin %80'inin altında olduğu belirtilmiştir [12]. Huzmeli ve arkadaşlarının çalışması [12] stabil anjina pektoris hastalarının dahil edilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Koroner arter hastaları, anjina pektoris gibi semptomların gelişmesi kaygısı nedeniyle sedanter bir yaşam tarzını benimsemektedir [143]. Bu nedenle çalışmamızla karşılaştırdığımızda, Huzmeli ve arkadaşlarının çalışmasında periferik kas zayıflığının daha fazla görülmesinin hastaların hareketsiz yaşam tarzını benimsemiş olmalarından kaynaklanabildiğini düşünmekteyiz.

Koroner arter hastalarında alt ekstremité periferik kas kuvvetinin değerlendirildiği başka bir çalışmada da hem quadriceps femoris hem de hamstring kas kuvvetinin sağlıklı bireylerle karşılaştırıldığında daha dūřuk olduğu belirtilmiştir [44]. Literatürdeki bilgilere göre, kavrama kuvvetinin değerlendirilmesi, genel kas kuvveti hakkında bilgi sağlayan bir yöntemdir [12]. Bu amaçla, koroner arter hastalarında kavrama kuvveti de değerlendirilmiştir [234]. Miyokard enfarktüsü geçiren ve anjina pektoris olan hastaların dahil edildiği bu çalışmada, hastaların baskın taraf kavrama kuvvetinin daha dūřuk olduğu rapor edilmiştir [234].

Literatürdeki çalışmalarda, koroner arter hastalarında kas kuvvetindeki azalmanın genel olarak sarkopeni, sedanter yaşam tarzı ve statin etkili ilaç kullanımı nedeniyle kaynaklandığı belirtilmektedir [235-237]. Sarkopeni, kas gücünün ve fonksiyonelliğinin azalmasıyla birlikte iskelet kaslarında meydana gelen ilerleyici kas kütlesi kaybıdır [238]. Geniř çaplı epidemiyolojik çalışmalarda, 40 yař ve üzerindeki bireylerde yaşlanmayla birlikte sarkopeninin daha yaygın olduğu bildirilmiştir [239-241]. Temel olarak iskelet kasında kas gücü kaybına neden olan bu klinik durum sıklıkla kardiyovasküler hastalıklar, kronik böbrek hastalığı, endokrin ve romatolojik hastalıklarla birlikte görölmektedir [242]. Özellikle KAH ile sarkopeninin ortaya çıkmasında rol oynayan kronik inflamasyon ve oksidatif stres faktörlerinin ortak olması nedeniyle sarkopeni ve KAH ilişkilidir [242]. KAH ve sarkopeni arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla yapılan çalışmalarda sarkopenisi olan bireylerde; koroner arterlerde asemptomatik ateroskleroz varlığının, arteriyel sertliğin ve koroner arter kalsiyum skorunun arttığı belirtilmiştir [243, 244]. Sağlıklı bireylerle kıyaslandığında, koroner arter hastalarının genel olarak daha sedanter bir yaşam tarzını benimsediği ya da fiziksel olarak daha az aktif olduğu belirtilmiştir [245, 246]. Sedanter yaşam tarzı ve/veya fiziksel inaktivite metabolik olarak daha dūřuk enerji harcamasına neden olarak kronik inflamasyona ve hücresel düzeyde birçok zararlı metabolik etkiye yol açmaktadır [247]. Kas mimarisi açısından bakıldığında, fiziksel inaktivite kas lifinin enine kesit alanında, oksidatif kapasitesinde ve kas dokusunun çevresinde kapiller damar oluşumunda azalmaya neden olur. Bunun sonucunda hastalarda hem kas kütlesi hem de kas kuvveti azalmaktadır [248]. Çalışmamızda da hastaların %20'si adım sayısına ve %43,3'ü MET değerine göre fiziksel olarak inaktifti. Bu nedenle çalışmamızda, koroner arter hastalarında kas kuvvetindeki azalmada fiziksel inaktivitenin de etkili olabileceğini düşünmekteyiz.

Koroner arter hastalarında hiperlipidemiyi kontrol altına almak için farmakolojik olarak statin grubundaki ilaçlar hastaların medikal tedavilerinde yer almaktadır. Ancak statinlerin düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterolü düşürme yönündeki faydalı etkisine ek olarak, uzun dönemde kas-iskelet sistemi açısından zararlı etkileri de vardır [249]. Statinlerin kas kuvveti üzerinde olumsuz etkisi olduğu [237, 250] gibi, statin kullanımı ile kas kuvveti arasında bir ilişki olmadığı da belirtilmektedir [250-252]. Statin kullanımının kas kuvvetiyle ilişkili olmadığını raporlayan çalışmalara bakıldığında, hastalarda klinik durumu etkileyen BKİ [252] ve eşlik eden hastalıkların [253] analizi yapılmamış olmakla birlikte, hem çalışmanın istatistiksel gücü yeterli değildir [251] hem de çalışmalara dahil edilen hastaların yaş ortalaması daha yüksektir [251, 252]. Bahsedilen bu durumlar kas kuvvetini etkilediği için, çalışmalarda statin kullanımının kas kuvveti üzerindeki etkisi birincil olarak istenen düzeyde araştırılamamış olabilir. Ancak Gentreau ve arkadaşlarının çalışmasında hem yeterli örneklem büyüklüğü vardır hem de statin kullanan ve kullanmayan hastaları eşleştiren bir duyarlılık analizi yapılmıştır [237]. Çalışmada, statin etkili ilaç kullanmayanlara kıyasla sürekli statin etkili ilaç kullanan bireylerde kavrama kuvvetinin %25 daha az olduğu, dahası, sürekli statin etkili ilaç kullanımının kas kütlesi ve fonksiyonunda hızlı bir azalmayla ilişkili olduğu raporlanmıştır [237]. Çalışmamızda hastaların %70'inde statin etkili ilaç kullanımı vardı. Bu nedenle çalışmamızda koroner arter hastalarında kas kuvvetinin azalmasında, statin etkili ilaçların etken olabileceğini düşünmekteyiz. Literatürde, koroner arter hastalarında kas kuvvetindeki azalmanın hastaların mortalite riskini artırdığı belirtilmiştir [254]. Ayrıca koroner arter hastalarında kas kuvvetindeki azalma, egzersiz kapasitesinde azalmaya yol açmaktadır [12, 44]. Bu nedenle, koroner arter hastalarında egzersiz kapasitesinin sürdürülmesi ve kardiyovasküler hastalığa bağlı mortalite riskinin azaltılması açısından hastaların periferik kas kuvvetinin değerlendirilmesi önemlidir.

Koroner arter hastalarında egzersiz sırasında olumsuz olay yaşanma riskinin yüksek olması, kardiyak veya kardiyak kökenli olmayan komorbiditelerin varlığı ile hastaların egzersiz sırasında nefes darlığı, anjina pectoris, yorgunluk ve halsizlik semptomlarının ortaya çıkması konusunda kaygılanmaları nedeniyle hastaların fiziksel aktivite seviyesi azalmıştır [143, 255]. Çalışmamızda koroner arter hastalarının %43,3'ü MET değerine, %20'si ise adım sayısına göre fiziksel olarak inaktifti. Doksan bir koroner arter hastasının fiziksel aktivite düzeyi akselerometre aracılığıyla değerlendirildiği çalışmada, hastaların %61'inin sedanter davranış sergilediği ve ortalama günde 63 dakika orta-yüksek şiddette fiziksel aktivite düzeyine sahip oldukları rapor edilmiştir [245, 246]. Çalışmamızla

karşılaştırdığımızda, Kambic ve arkadaşlarının çalışmasında [246] hastaların yaş ortalamasının, komorbid hastalık öyküsünün ve koroner arter hastalığı şiddetinin daha fazla olmasının hastaların fiziksel aktivite düzeylerinin daha düşük olmasını etkilediğini düşünmekteyiz. Alsaleh ve arkadaşları ise çalışmasında koroner arter hastalarının %81,3'ünün fiziksel olarak aktif olmadığını bildirmiştir [255]. Alsaleh ve arkadaşlarının [255] çalışmasında, hastaların fiziksel aktivite seviyesini Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi ile subjektif olarak değerlendirmiş olmalarının yanı sıra, çalışmamızdaki hastalardan daha fazlaydı. Benzer şekilde, Wang ve arkadaşları da koroner arter hastalarının fiziksel aktivite seviyesini Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi ile değerlendirmiştir [256]. Çalışmada hastaların %38,16'sında fiziksel aktivite seviyesinin düşük olduğu belirtilmiştir [256]. Wang ve arkadaşlarının [256] çalışmasındaki hastaların fiziksel aktivite seviyesi ve koroner arter hastalığı şiddeti, çalışmamızla benzerdi.

Geniş çaplı epidemiyolojik çalışmalarda, KAH'ın tanısı konulduktan sonra fiziksel aktivite katılımının azaldığı ve fiziksel inaktivitenin KAH şiddetinin ilerlemesine neden olduğu bildirilmiştir. [147, 257]. Düzenli fiziksel aktivite, vasküler düzeyde NO üretiminin artırılmasını, reaktif oksijen türlerinin üretiminin azaltılmasını ve endojen progenitör hücrelerle vasküler büyüme faktörlerinin aktivasyonu sonucu endotelial yenilenme ile yeni damar oluşumunu sağlamaktadır [258]. Dolayısıyla, fiziksel aktivite KAH'ta koroner aterosklerotik sürecin ilerlemesinin engellenmesine ek olarak kollateral vasküler damar oluşumu ile miyokardiyuma kan perfüzyonunu desteklemektedir [136]. Morris ve arkadaşlarının fiziksel aktiviteye katılım ile koroner kalp hastalığı gelişme riski arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada, fiziksel olarak inaktif olan orta yaşlı bireylerde, haftanın en az 2 günü yüksek şiddetli fiziksel aktiviteye katılımı olan bireylere kıyasla koroner kalp hastalığı gelişme riskinin 3 kat daha fazla olduğu belirtilmiştir [259]. Fiziksel aktivite ile KAH arasındaki ilişkiyi araştıran bu çalışma sonrasında aynı amaçla daha fazla çalışma yapılması açısından öncü olmuştur [136]. Haapanen ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada da bireyler fiziksel aktivite açısından harcadıkları kilokalori (kcal) birimindeki enerji miktarına göre 3 gruba ayrılmıştır. Çalışmada, 1900 kcal'den fazla en yüksek enerji harcamasına sahip bireylere kıyasla 0-1100 kcal arasındaki en düşük enerji harcamasına sahip bireylerde kardiyovasküler hastalığa bağlı mortalite riskinin iki katı olduğu raporlanmıştır [260]. Benzer şekilde, stabil koroner arter hastalarında fiziksel aktivite ile kardiyovasküler nedenlerle ölüm, miyokard enfarktüsü ve inme gibi uzun dönemde görülebilecek klinik olayların oranlarını araştırmak amacıyla bir çalışma yapılmıştır [257].

Çalışmada hastalar fiziksel aktivite seviyesi ve sıklığı kapsamında “sedanter”, “sadece 1 gün/hafta hafif seviyede fiziksel aktivite katılımı”, “1-2 gün/hafta şiddetli fiziksel aktivite katılımı” ve “3 ve daha fazla gün/hafta şiddetli fiziksel aktivite katılımı” gruplarına ayrılmıştır [257]. Biscaglia ve arkadaşlarının sonuçlarında, sedanter ve daha düşük fiziksel aktivite yapan bireylerle kıyaslandığında daha yüksek şiddette ve daha sık fiziksel aktivite yapan bireylerde KAH’a bağlı uzun dönemde klinik olay gelişme oranının daha düşük olduğu bulunmuştur [257]. Stewart ve arkadaşlarının çalışmasında da daha yüksek fiziksel aktivite seviyesinin daha düşük mortalite riski ile ilişkili olduğu gösterilmiştir [147]. Çalışmamızda tüm koroner arter hastalarının mortalite riski düşük olmasına rağmen koroner arter hastalarında daha yüksek fiziksel aktivite düzeyinin mortalite riskini azaltması nedeniyle, [147] hastaların erken dönemden itibaren fiziksel aktivite düzeylerinin değerlendirilmesi ve bireyselleştirilmiş egzersiz programlarıyla fiziksel aktivite düzeylerinin artırılması, hastalığın prognozu açısından önemli olacaktır.

Çalışmamızın kısıtlılıkları

Çalışmamızda egzersiz testleri sırasında periferik ve solunum kas oksijenizasyonu çoklu mesafeli sürekli dalga (multi-distance continuous wave) ölçüm yöntemine sahip bir NIRS cihazı ile değerlendirilmiştir. Bu cihazın, deri ve deri altı adipoz doku kalınlığına bağlı olarak egzersiz testleri sırasında kas oksijen saturasyonundaki değişim büyüklüğünü azaltarak egzersiz testleri sırasında kas oksijen saturasyonuna ve perfüzyonuna ilişkin yanıltıcı sonuçlar oluşturabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle çalışmamızda hastaların deri kalınlığının kaliper aracılığıyla ölçülmemesi sonuçlarımızı etkilemiş olabilir. Ancak çalışmamızda egzersiz testleri sırasında kas oksijen saturasyon değişiklikleri mutlak oksijenlenme değişiklikleri ($\Delta\text{SmO}_{2\text{min}}$ ve $\Delta\text{SmO}_{2\text{maks}}$) ile gösterildi ve mutlak oksijenlenme değişikliklerinin deri ve deri altı adipoz doku kalınlığından en az düzeyde etkilendiği belirtilmektedir [261]. Ayrıca çalışmamızda, egzersiz testleri sırasında kaslardaki laktat birikimi ve mikrovasküler düzeyde kaslara sağlanan perfüzyon hakkında bilgi veren fizyolojik parametrelerin değerlendirilmemesi, egzersiz testleri sırasında kas oksijen saturasyonu sonuçlarını yorumlamamızı sınırlandırmıştır.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Koroner arter hastalarında üst ve alt ekstremitte maksimal egzersiz kapasitelerinin ve üst ve alt ekstremitte egzersiz testlerindeki arteriyel sertlik düzeyi, kas oksijenizasyonu, enerji harcaması, solunum kas yorgunluğu, dispne, genel vücut ve ekstremitte yorgunluk algısını karşılaştırmayı amaçladığımız çalışmamızda;

1. Çalışmamıza katılan hastaların yaş ortalaması 54 ± 11 yılı ve hastaların %56,7'si kadın, %43,3'ü erkekti. Hastaların ortalama boy uzunlukları 164 ± 10 , ortalama vücut ağırlıkları 79 ± 12 ve ortalama beden kütle indeksi $29,28 \pm 3,61$ 'di. Çalışmamızda hastaların %10'u normal kilolu, %60'ı fazla kilolu, %20'si sınıf I obez ve %10'u sınıf II obezdi.
2. Çalışmamızda, koroner arter hastalığı haricinde hastalarda en çok görülen komorbiditeler sırasıyla hipertansiyon (%56,7) ve diyabet mellitus (%40)'tı.
3. Çalışmamızda hastaların en çok kullandığı farmakolojik ajanlar sırasıyla anti-platelet etkili (%83,3), statin etkili (%70), beta bloker etkili (%66,7), anti-hipertansif etkili (%56,7), ACE inhibitörü (%30) ve anti-diyabetik etkili (%26,7) ilaçlardı.
4. Çalışmamızda hastaların Framingham Risk Modeli ile hesaplanan 10 yıllık kardiyovasküler hastalık gelişme riski yüzdesi $12,71 \pm 5,17$ 'di. Çalışmamıza dahil edilen hastaların %26,7'si düşük risk, %60'ı orta risk ve %13,3'ü yüksek risk grubundaydı.
5. Tüm hastaların FVC'si normal aralıkta, ancak hastaların %10'unun FEV₁'i, %6,7'sinin FEF₂₅₋₇₅'i ve %36,7'sinin PEF değerleri azalmıştı. Hastaların %60'ında obstrüktif tipte solunum fonksiyon bozukluğu, %36,7'sinde büyük hava yolu obstrüksiyonu ve %10'unda küçük hava yolu obstrüksiyonu vardı.
6. Hastaların %33,3'ünde inspiratuar kas zayıflığı, %20'sinde ise ekspiratuar kas zayıflığı vardı. Ayrıca çalışmamızda hastaların %96,7'sinde hem baskın hem de baskın olmayan alt ekstremitte kas zayıflığı, %36,7'sinde baskın ve %33,3'ünde baskın olmayan üst ekstremitte kas zayıflığı vardı.
7. Koroner arter hastalarında üst ekstremitte egzersiz testi sırasında oksijen tüketimi (VO₂, VO₂kg), karbondioksit üretimi (VCO₂), dakika ventilasyonu (VE), kalp hızı (HR_{zirve}),

oksijen nabızı (VO_2/HR), tidal volüm, oksijen alım verimliliği eğimi (OUES), soluk sonu karbondioksit basıncı ($PETCO_2$), MET, sistolik kan basıncı ve dispne algısı alt ekstremitte egzersiz testi ile karşılaştırıldığında daha azdı. Ancak kalp hızı rezervi (HRR), dakika ventilasyonunu oksijen tüketimine oranı (VE/VO_2), dakika ventilasyonunun karbondioksit üretimine oranı (VE/VCO_2), soluk sonu oksijen basıncı ($PETO_2$), solunum frekansı, solunum rezervi ve ekstremitte yorgunluk algısı üst ekstremitte egzersiz testi sırasında daha fazlaydı. Bulgularımız, üst ekstremitte egzersizlerinin hem pulmoner hem de kardiyovasküler sistemler üzerinde daha az zorlayıcı bir etkisi olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, koroner arter hastalarında egzersiz eğitiminde başlangıçta üst ekstremitte egzersizlerinin öncelikle tercih edilmesi, vücut sistemlerinin egzersize uyum sağlaması açısından avantaj sağlayacaktır.

8. Üst ekstremitte egzersiz testi sırasında hastaların %23,3'ü maksimal kalp hızına ulaştı. Hastaların %6,7'sinde dispne, %36,7'sinde ekstremitte yorgunluğu algısı ve %6,7'sinde ise göğüs ağrısı olduğu için teste devam edilemedi. Alt ekstremitte egzersiz testinde hastaların %60'ı maksimal kalp hızına ulaştı. Ancak hastaların %10'unda dispne, %6,7'sinde ekstremitte yorgunluğu algısı ve %13,3'ünde göğüs ağrısı olduğu için teste devam edilemedi. Sonuçlarımıza göre, alt ekstremitte egzersizleri sırasında miyokardiyal oksijen talebinin artmasına bağlı olarak miyokardiyuma yeterli oksijen sağlanamamıştır ve kardiyovasküler sistem üzerinde daha fazla iş yükü oluşmuştur. Bu nedenle, özellikle anjina pectoris semptomu devam eden koroner arter hastalarında, alt ekstremitte egzersiz eğitimi uygulanması halinde semptom kontrolü yapılarak hastaya uygun egzersiz şiddeti belirlenmelidir. Ayrıca, üst ekstremitte egzersiz testi sırasında en fazla kol yorgunluğu algısı nedeniyle teste devam edilememiştir. Günlük yaşamda üst ekstremitte yaygın olarak kullanılsa da, alt ekstremitte ile karşılaştırıldığında hastalarımızın üst ekstremitte dayanıklılığı daha azdır. Bu nedenle, üst ekstremitte dayanıklılığını artırmak amacıyla günlük yaşama uygun rehabilitasyon stratejileriyle üst ekstremitte dayanıklılığı geliştirilmelidir.
9. Çalışmamızda üst ekstremitte egzersiz testi sonrasında periferik diyastolik kan basıncı (DKB), periferik ortalama arteriyel kan basıncı (MAP), aortik diyastolik kan basıncı, aortik kalp hızı (HR) ve nabız dalga hızı (PWV) değerleri azaldı. Ancak üst ekstremitte egzersiz testi sonrasında aortik augmentasyon ve aortik augmentasyon indeksi (AIx) arttı. Üst ekstremitte egzersizleri sonrasında koroner arter hastalarında arteriyel sertlik

düzeyi arttı. Bu durum, üst ekstremité egzersizi sırasında iş yükü artışı sağlanması amacıyla kol ergometresindeki cihaz direncine rağmen egzersize devam etmelerinden kaynaklanmış olabilir. Dolayısıyla çalışmamızda üst ekstremité egzersizlerinin akut etkisi araştırıldı. İleride üst ekstremité aerobik egzersizlerinin uzun dönem etkisi de araştırılmalıdır. Ayrıca, çalışmamızda egzersiz testlerinden hemen sonra arteriyel sertlik ölçümü yapılmıştır. Ancak egzersizlerden ne kadar süre sonra arteriyel sertlik ölçümünün yapılması önemlidir; arteriyel sertlik üzerindeki etkiler ilk 30 dakika içinde görülmektedir. Bu nedenle, aerobik egzersizden hemen sonra yapılan ölçümün yanı sıra ek arteriyel sertlik ölçümleri de yapılmalıdır.

10. Çalışmamızda, alt ekstremité egzersiz testi sırasında deltoid kası birincil aktif olan kaslar arasında bulunmamasına rağmen, test sırasındaki kas oksijen saturasyonu ve toplam hemoglobin parametreleri, kas dokusuna iletilen kan miktarının ve oksijen iletiminin yetersiz olduğunu göstermektedir. Ayrıca üst ekstremité egzersiz testinde deltoid kasının aktif olmasıyla kas kontraksiyonu sırasında intramüsküler basınç artmasına rağmen kas dokusuna oksijen iletiminin daha verimli olduğunu düşünmekteyiz. Üst ekstremité egzersizi sırasında quadriceps femoris kasına yeterli oksijen desteği sağlandığını; alt ekstremité egzersiz testinde ise yeterli oksijen desteği sağlanamadığını varsaymaktayız. Solunum kaslarında ise üst ekstremité egzersiz testi sırasında kan akımının daha az olduğunu ve birinci dakikadaki toparlanma sırasında kas oksijenizasyon kapasitesinin daha iyi olduğunu düşünmekteyiz. Çalışmamızda üst ekstremité egzersizi sırasında hem deltoid hem de quadriceps femoris kaslarının oksijen kullanma kapasitesinin daha yüksek olduğunu varsaymaktayız. Ancak çalışmamızda kas oksijenizasyonu egzersiz testleri sırasında akut olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle koroner arter hastaları üst ekstremité aerobik egzersiz eğitimine dahil edilmeli ve egzersizlerin kas oksijenizasyonu üzerindeki olası uzun dönem etkileri araştırılmalıdır.
11. Çalışmamızda, üst ekstremité egzersiz testi sırasında harcanan toplam enerji miktarı ve MET değeri, alt ekstremité egzersiz testine göre daha fazlaydı.
12. Çalışmamızda hem üst hem de alt ekstremité egzersiz testi sonrasında maksimal inspiratuar basınç (MIP) benzer oranda azaldı. Testlerde benzer solunum kası yorgunluğu gözlemlendi. Ancak alt ekstremité egzersizi sırasında solunum kaslarına daha fazla kan akımı olduğunu düşünmekteyiz. Bu nedenle, bulgularımıza göre alt ekstremité

egzersizinde solunum iş yükü daha fazla arttığı için solunum kaslarına daha fazla kan akımı olmasına rağmen solunum kas yorgunluğu oluşmuştur. Üst ekstremité egzersizi sırasında solunum iş yükünün daha az olması nedeniyle solunum kaslarına kan akımının da daha az olmasının, solunum kas yorgunluğunun oluşmasını etkilediğini varsaymaktayız. Bu nedenle koroner arter hastalarında hem kombine üst ve alt ekstremité aerobik egzersiz eğitiminin solunum kas yorgunluğu üzerine etkisi hem de solunum kas kuvvet egzersizinin üst ve alt ekstremité egzersiz kapasitesi üzerine etkisi araştırılmalıdır.

13. Çalışmamızın üstün yönleri; koroner arter hastalarında üst ve alt ekstremité maksimal egzersiz kapasitelerinin ve testlerdeki arteriyel sertlik düzeyi, kas oksijenizasyonu ve enerji harcamasının karşılaştırıldığı ilk çalışmadır. Hastaları değerlendirmeye başlamadan önce ve değerlendirmeler sırasında çalışmanın güvenilirliğini sağlamak için araştırmanın yürütücüsü tarafından değerlendirme yöntemlerinin uygulanması kontrol edildi. Çalışmaya dahil edilen hastaların maksimal egzersiz kapasitesi ve oksijen tüketimi, egzersiz kapasitesini altın standart olarak değerlendiren KPET aracılığıyla belirlendi. Fiziksel aktivite seviyesi, objektif ölçüm sağlayan bir akselerometre kullanılarak değerlendirildi.

14. Çalışmamızın sonunda birincil sonuç ölçtümüz olan üst ve alt ekstremité KPET'lerinde $VO_{2\text{zirve}}$ 'ye göre hesaplanan gücü $1-\beta=\%100$ ve etki büyüklüğü Cohen's $d=2,00$ 'di. Çalışmamızın gücü ve etki büyüklüğü yüksekti.

Çalışmamızda, koroner arter hastalarında üst ve alt ekstremité kardiyopulmoner egzersiz testleri sırasında fizyolojik yanıtlar dikkate alındığında, üst ekstremité kardiyopulmoner egzersiz testinin hem pulmoner hem de kardiyovasküler sistem üzerinde daha düşük iş yüküne neden olduğu görülmektedir. Bu nedenle, üst ekstremité aerobik egzersiz eğitimi, özellikle uygun tedavi yöntemlerine rağmen anjina pectoris şikayeti devam eden semptomatik koroner arter hastalarının rehabilitasyon programına erken dönemde eklenebilir. Ayrıca, semptomatik koroner arter hastalarında egzersiz testi yapılması gerektiği takdirde, pulmoner ve kardiyovasküler sistemleri daha az zorladığı için üst ekstremité kardiyopulmoner egzersiz testi öncelikli olarak tercih edilebilir.



KAYNAKLAR

1. Brown, J. C., Gerhardt, T. E., and Kwon, E. (2023). Risk Factors for Coronary Artery Disease. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
2. Tsao, C. W., Aday, A. W., Almarzooq, Z. I., Anderson, C. A. M., Arora, P., Avery, C. L., Baker-Smith, C. M., Beaton, A. Z., Boehme, A. K., Buxton, A. E., Commodore-Mensah, Y., Elkind, M. S. V., Evenson, K. R., Eze-Nliam, C., Fugar, S., Generoso, G., Heard, D. G., Hiremath, S., Ho, J. E., Kalani, R., ... American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee (2023). Heart Disease and Stroke Statistics-2023 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*, 147(8), e93–e621.
3. Benjamin, E. J., Virani, S. S., Callaway, C. W., Chamberlain, A. M., Chang, A. R., Cheng, S., Chiuve, S. E., Cushman, M., Dellinger, F. N., Deo, R., de Ferranti, S. D., Ferguson, J. F., Fornage, M., Gillespie, C., Isasi, C. R., Jiménez, M. C., Jordan, L. C., Judd, S. E., Lackland, D., Lichtman, J. H., ... American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee (2018). Heart Disease and Stroke Statistics-2018 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*, 137(12), e67–e492.
4. Swerdlow, D. I., Holmes, M. V., Harrison, S., and Humphries, S. E. (2012). The genetics of coronary heart disease. *British medical bulletin*, 102(1), 59-77.
5. Hajar, R. (2017). Risk factors for coronary artery disease: historical perspectives. *Heart views*, 18(3), 109-114.
6. Alves, A. J., Oliveira, N. L., Lopes, S., Ruescas-Nicolau, M. A., Teixeira, M., Oliveira, J., and Ribeiro, F. (2019). Arterial stiffness is related to impaired exercise capacity in patients with coronary artery disease and history of myocardial infarction. *Heart, Lung and Circulation*, 28(11), 1614-1621.
7. Wang, X., Keith Jr, J. C., Struthers, A. D., and Feuerstein, G. Z. (2008). Assessment of arterial stiffness, a translational medicine biomarker system for evaluation of vascular risk. *Cardiovascular therapeutics*, 26(3), 214-223.
8. Çakal, B., Yıldırım, M., ve Emren, S. V. (2022). Kinesiophobia, physical performance, and health-related quality of life in patients with coronary artery disease. *Postępy w kardiologii interwencyjnej = Advances in interventional cardiology*, 18(3), 246–254.
9. Otto, M. E. B., Pereira, M. M., Beck, A. L. D. S., and Milani, M. (2011). Correlation between diastolic function and maximal exercise capacity on exercise test. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 96, 107-113.
10. Umapathi, K. K., and Nguyen, H. (2023). Cardiopulmonary Fitness(Archived). In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
11. Carbone, S., Kim, Y., Kachur, S., Billingsley, H., Kenyon, J., De Schutter, A., Milani, R. V., and Lavie, C. J. (2022). Peak oxygen consumption achieved at the end of cardiac rehabilitation predicts long-term survival in patients with coronary heart disease. *European heart journal. Quality of care & clinical outcomes*, 8(3), 361–367.

12. Huzmeli, I., Ozer, A. Y., Akkus, O., Katayıfçı, N., Sen, F., Yurdalan, S. U., ve Polat, M. G. (2020). Comparison of functional exercise capacity, quality of life and respiratory and peripheral muscle strength between patients with stable angina and healthy controls. *The Journal of international medical research*, 48(12), 300060520979211.
13. Saklıca, D., Vardar-Yağlı, N., Ateş, A. H., ve Yorgun, H. (2024). Does cognitive function affect functional capacity and perceived fatigue severity after exercise in patients with coronary artery disease?. *Physiotherapy research international : the journal for researchers and clinicians in physical therapy*, 29(4), e2139.
14. Kiviniemi, A. M., Lepojärvi, S., Kenttä, T. V., Junttila, M. J., Perkiömäki, J. S., Piira, O. P., Ukkola, O., Hautala, A. J., Tulppo, M. P., and Huikuri, H. V. (2015). Exercise capacity and heart rate responses to exercise as predictors of short-term outcome among patients with stable coronary artery disease. *The American journal of cardiology*, 116(10), 1495–1501.
15. Apaydin, Z., Demir, R., Mustafaoglu, R., Sinan, U. Y., Arabaci, H. O., ve Kucukoglu, M. S. (2024). Evaluation of upper extremity functional capacity and activities of daily living in patients with heart failure: A cross-sectional study. *Heart & lung : the journal of critical care*, 68, 316–322.
16. Secher, N. H., and Volianitis, S. (2006). Are the arms and legs in competition for cardiac output?. *Medicine and science in sports and exercise*, 38(10), 1797–1803.
17. Schrieks, I. C., Barnes, M. J., and Hodges, L. D. (2011). Comparison study of treadmill versus arm ergometry. *Clinical physiology and functional imaging*, 31(4), 326–331.
18. Kim, H. L., and Kim, S. H. (2019). Pulse Wave Velocity in Atherosclerosis. *Frontiers in cardiovascular medicine*, 6, 41.
19. Alarhabi, A. Y., Mohamed, M. S., Ibrahim, S., Hun, T. M., Musa, K. I., ve Yusof, Z. (2009). Pulse wave velocity as a marker of severity of coronary artery disease. *Journal of clinical hypertension (Greenwich, Conn.)*, 11(1), 17–21.
20. Li, Y., Hanssen, H., Cordes, M., Rossmeissl, A., Endes, S., and Schmidt-Trucksäss, A. (2015). Aerobic, resistance and combined exercise training on arterial stiffness in normotensive and hypertensive adults: A review. *European journal of sport science*, 15(5), 443–457.
21. Pierce, D. R., Doma, K., and Leicht, A. S. (2018). Acute Effects of Exercise Mode on Arterial Stiffness and Wave Reflection in Healthy Young Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in physiology*, 9, 73.
22. Tuesta, M., Yáñez-Sepúlveda, R., Verdugo-Marchese, H., Mateluna, C., and Alvear-Ordenes, I. (2022). Near-Infrared Spectroscopy Used to Assess Physiological Muscle Adaptations in Exercise Clinical Trials: A Systematic Review. *Biology*, 11(7), 1073.
23. GBD 2013 Mortality and Causes of Death Collaborators (2015). Global, regional, and national age-sex specific all-cause and cause-specific mortality for 240 causes of death, 1990-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet (London, England)*, 385(9963), 117–171.

24. Liao J. K. (1998). Endothelium and acute coronary syndromes. *Clinical chemistry*, 44(8 Pt 2), 1799–1808.
25. Nabel, E. G., and Braunwald, E. (2012). A tale of coronary artery disease and myocardial infarction. *The New England journal of medicine*, 366(1), 54–63.
26. Shahjehan, R. D., Sharma, S., and Bhutta, B. S. (2024). Coronary Artery Disease. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
27. Puymirat, É. (2015). Epidemiology of coronary artery disease. *La Revue du praticien*, 65(3), 317-320.
28. Gök, G., Sinan, Ü. Y., Özyüncü, N., Zoghi, M., ve ELDER-TÜRK Investigators (2018). The prevalence of cardiovascular diseases, risk factors, and cardiovascular drug therapy in very elderly Turkish patients admitted to cardiology clinics: A subgroup analysis of the ELDER-TURK study. *Türk Kardiyoloji Dernegi arsivi : Turk Kardiyoloji Derneginin yayin organidir*, 46(4), 283–295.
29. Bauersachs, R., Zeymer, U., Brière, J. B., Marre, C., Bowrin, K., and Huelsebeck, M. (2019). Burden of Coronary Artery Disease and Peripheral Artery Disease: A Literature Review. *Cardiovascular therapeutics*, 2019, 8295054.
30. Lloyd-Jones, D. M., Larson, M. G., Beiser, A., and Levy, D. (1999). Lifetime risk of developing coronary heart disease. *Lancet (London, England)*, 353(9147), 89–92.
31. Chacko, M., Sarma, P. S., Harikrishnan, S., Zachariah, G., and Jeemon, P. (2020). Family history of cardiovascular disease and risk of premature coronary heart disease: A matched case-control study. *Wellcome open research*, 5, 70.
32. Klein, S., Allison, D. B., Heymsfield, S. B., Kelley, D. E., Leibel, R. L., Nonas, C., Kahn, R., Association for Weight Management and Obesity Prevention, NAASO, The Obesity Society, American Society for Nutrition, and American Diabetes Association (2007). Waist circumference and cardiometabolic risk: a consensus statement from Shaping America's Health: Association for Weight Management and Obesity Prevention; NAASO, The Obesity Society; the American Society for Nutrition; and the American Diabetes Association. *The American journal of clinical nutrition*, 85(5), 1197–1202.
33. Rafieian-Kopaei, M., Setorki, M., Douadi, M., Baradaran, A., and Nasri, H. (2014). Atherosclerosis: process, indicators, risk factors and new hopes. *International journal of preventive medicine*, 5(8), 927–946.
34. Alkaissi, H., and McFarlane, S. I. (2023). Hyperhomocysteinemia and Accelerated Aging: The Pathogenic Role of Increased Homocysteine in Atherosclerosis, Osteoporosis, and Neurodegeneration. *Cureus*, 15(7), e42259.
35. Torngren, K., Rylance, R., Björk, J., Engström, G., Frantz, S., Marko-Varga, G., Melander, O., Nihlen, U., Olsson, H., Planck, M., Wennersten, A., Malmqvist, U., and Erlinge, D. (2020). Association of coronary calcium score with endothelial dysfunction and arterial stiffness. *Atherosclerosis*, 313, 70–75.

36. Medina-Leyte, D. J., Zepeda-García, O., Domínguez-Pérez, M., González-Garrido, A., Villarreal-Molina, T., and Jacobo-Albavera, L. (2021). Endothelial Dysfunction, Inflammation and Coronary Artery Disease: Potential Biomarkers and Promising Therapeutical Approaches. *International journal of molecular sciences*, 22(8), 3850.
37. Matsuzawa, Y., and Lerman, A. (2014). Endothelial dysfunction and coronary artery disease: assessment, prognosis, and treatment. *Coronary artery disease*, 25(8), 713–724.
38. Bonetti, P. O., Lerman, L. O., and Lerman, A. (2003). Endothelial dysfunction: a marker of atherosclerotic risk. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*, 23(2), 168–175.
39. Ambrose, J. A., and Singh, M. (2015). Pathophysiology of coronary artery disease leading to acute coronary syndromes. *F1000prime reports*, 7, 08.
40. Jebari-Benslaiman, S., Galicia-García, U., Larrea-Sebal, A., Olaetxea, J. R., Alloza, I., Vandenbroeck, K., Benito-Vicente, A., and Martín, C. (2022). Pathophysiology of Atherosclerosis. *International journal of molecular sciences*, 23(6), 3346.
41. Watson, M. G., Byrne, H. M., Macaskill, C., and Myerscough, M. R. (2018). A two-phase model of early fibrous cap formation in atherosclerosis. *Journal of theoretical biology*, 456, 123–136.
42. Pahwa, R., and Jialal, I. (2023). Atherosclerosis. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
43. Bruning, R. S., and Sturek, M. (2015). Benefits of exercise training on coronary blood flow in coronary artery disease patients. *Progress in cardiovascular diseases*, 57(5), 443–453.
44. Ghroubi, S., Chaari, M., Elleuch, H., Massmoudi, K., Abdenadher, M., Trabelssi, I., Akrou, M., Feki, H., Frikha, I., Dammak, J., Kammoun, S., Zouari, N., and Elleuch, M. H. (2007). The isokinetic assessment of peripheral muscle function in patients with coronary artery disease: correlations with cardiorespiratory capacity. *Annales de readaptation et de medecine physique : revue scientifique de la Societe francaise de reeducation fonctionnelle de readaptation et de medecine physique*, 50(5), 295–294.
45. Bottardi, A., Prado, G. F. A., Lunardi, M., Fezzi, S., Pesarini, G., Tavella, D., Scarsini, R., and Ribichini, F. (2024). Clinical Updates in Coronary Artery Disease: A Comprehensive Review. *Journal of clinical medicine*, 13(16), 4600.
46. Ng, V. G., Meller, S., Shetty, S., and Lansky, A. J. (2013). Diagnosing and characterizing coronary artery disease in women: developments in noninvasive and invasive imaging techniques. *Journal of cardiovascular translational research*, 6(5), 740–751.
47. Kelsey, M. D., and Kelsey, A. M. (2024). Diagnosing Coronary Artery Disease in the Patient Presenting with Stable Ischemic Heart Disease: The Role of Anatomic versus Functional Testing. *The Medical clinics of North America*, 108(3), 427–439.
48. Karadakovan, A., ve Aslan, F. E. (Eds.). (2022). *Dahili ve cerrahi hastalıklarda bakım*. Akademisyen Tıp Kitabevi.

49. Eggers, K. M., Hammarsten, O., Aldous, S. J., Cullen, L., Greenslade, J. H., Lindahl, B., Parsonage, W. A., Pemberton, C. J., Pickering, J. W., Richards, A. M., Troughton, R. W., and Than, M. P. (2022). Diagnostic and prognostic performance of the ratio between high-sensitivity cardiac troponin I and troponin T in patients with chest pain. *PloS one*, 17(11), e0276645.
50. Singh, A., Museedi, A. S., and Grossman, S. A. (2023). Acute Coronary Syndrome. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
51. Barstow, C., Rice, M., and McDivitt, J. D. (2017). Acute Coronary Syndrome: Diagnostic Evaluation. *American family physician*, 95(3), 170–177.
52. Atwood J. (2022). Management of Acute Coronary Syndrome. *Emergency medicine clinics of North America*, 40(4), 693–706.
53. Shetrit, A., Zornitzki, L., Banai, A., Freund, O., Shamir, R. A., Ben-Shoshan, J., Szekely, Y., Arbel, Y., Banai, S., and Konigstein, M. (2025). The role of non-invasive stress testing in the diagnosis of coronary microvascular disease. *Cardiovascular revascularization medicine : including molecular interventions*, 71, 38–42.
54. Gulati, M., Levy, P. D., Mukherjee, D., Amsterdam, E., Bhatt, D. L., Birtcher, K. K., Blankstein, R., Boyd, J., Bullock-Palmer, R. P., Conejo, T., Diercks, D. B., Gentile, F., Greenwood, J. P., Hess, E. P., Hollenberg, S. M., Jaber, W. A., Jneid, H., Joglar, J. A., Morrow, D. A., O'Connor, R. E., ... Shaw, L. J. (2021). 2021 AHA/ACC/ASE/CHEST/SAEM/SCCT/SCMR Guideline for the Evaluation and Diagnosis of Chest Pain: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*, 144(22), e368–e454.
55. Mordi, I. R., Badar, A. A., Irving, R. J., Weir-McCall, J. R., Houston, J. G., and Lang, C. C. (2017). Efficacy of noninvasive cardiac imaging tests in diagnosis and management of stable coronary artery disease. *Vascular health and risk management*, 13, 427–437.
56. Litwin, S. E., and Priester, T. C. (2010). Diagnosing coronary artery disease in women: an update on cardiac imaging modalities. *Obstetrics and gynecology*, 115(1), 156–169.
57. Alalawi, L. H., Dookhan, C. M., Verghese, D., Manubolu, V. S., Aldana-Bitar, J., Lakshmanan, S., Ahmad, K., Shafter, A., Alchokhachi, Z., Ghanem, A., Golub, I. S., Budoff, M., and Roy, S. (2022). Assessment of left main coronary artery disease: a comparison between invasive and noninvasive. *Coronary artery disease*, 33(6), 490–498.

58. Khan, M. I., Anees, M., Khan, A. B., Ramzan, M. U., Khan, H. K., Sabir, M., Hayat, U., Hassan Zulfi, M., ve Safdar, S. (2025). Diagnostic Accuracy of Computed Tomography (CT) Coronary Angiography Compared to Invasive Coronary Angiography for Detecting Coronary Artery Disease: A Systematic Review. *Cureus*, 17(2), e78397.
59. Shakya, S., Shrestha, A., Robinson, S., Randall, S., Mnatzaganian, G., Brown, H., Boyd, J., Xu, D., Lee, C. M. Y., Brumby, S., Peeters, A., Lucas, J., Gauci, S., Huxley, R., O'Neil, A., and Gao, L. (2025). Global comparison of the economic costs of coronary heart disease: a systematic review and meta-analysis. *BMJ open*, 15(1), e084917.
60. Magro, M., Garg, S., and Serruys, P. W. (2011). Revascularization treatment of stable coronary artery disease. *Expert opinion on pharmacotherapy*, 12(2), 195–212.
61. Kalyoncuoğlu, M., Öztürk, S., Durmuş, G., Keskin, B., ve Can, M. M. (2017). Güncel Tedavi Kılavuzları Işığında Kronik İskemik Kalp Hastalığı Tedavisine Yaklaşım. *Medical Bulletin of Haseki/Haseki Tıp Bulteni*, 55(2).
62. Simoons, M. L., and Windecker, S. (2010). Controversies in cardiovascular medicine: Chronic stable coronary artery disease: drugs vs. revascularization. *European heart journal*, 31(5), 530–541.
63. Pflieger, M., Winslow, B. T., Mills, K., and Dauber, I. M. (2011). Medical management of stable coronary artery disease. *American family physician*, 83(7), 819–826.
64. Braun, M. M., Stevens, W. A., and Barstow, C. H. (2018). Stable Coronary Artery Disease: Treatment. *American family physician*, 97(6), 376–384.
65. National High Blood Pressure Education Program. (2004). *The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure*. National Heart, Lung, and Blood Institute (US).
66. Fuster, V., Badimon, L., Badimon, J. J., and Chesebro, J. H. (1992). The pathogenesis of coronary artery disease and the acute coronary syndromes (1). *The New England journal of medicine*, 326(4), 242–250.
67. Abacı, A., Özdemir, M., Demirkan, D., ve Sıncı, V. (2006). KORONER ARTER HASTALIĞI-2. *Gazi Medical Journal*, 17(2).
68. Armstrong, P. W., Gershlick, A. H., Goldstein, P., Wilcox, R., Danays, T., Lambert, Y., Sulimov, V., Rosell Ortiz, F., Ostojic, M., Welsh, R. C., Carvalho, A. C., Nanas, J., Arntz, H. R., Halvorsen, S., Huber, K., Grajek, S., Fresco, C., Bluhmki, E., Regelin, A., Vandenberghe, K., ... STREAM Investigative Team (2013). Fibrinolysis or primary PCI in ST-segment elevation myocardial infarction. *The New England journal of medicine*, 368(15), 1379–1387.
69. Byrne, R. A., Rossello, X., Coughlan, J. J., Barbato, E., Berry, C., Chieffo, A., Claeys, M. J., Dan, G. A., Dweck, M. R., Galbraith, M., Gilard, M., Hinterbuchner, L., Jankowska, E. A., Jüni, P., Kimura, T., Kunadian, V., Leosdottir, M., Lorusso, R., Pedretti, R. F. E., Rigopoulos, A. G., ... ESC Scientific Document Group (2023). 2023

- ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes. *European heart journal*, 44(38), 3720–3826.
70. Diodato, M., and Chedrawy, E. G. (2014). Coronary artery bypass graft surgery: the past, present, and future of myocardial revascularisation. *Surgery research and practice*, 2014, 726158.
 71. Bachar, B. J., and Manna, B. (2023). Coronary Artery Bypass Graft. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
 72. Dalal, H. M., Doherty, P., and Taylor, R. S. (2015). Cardiac rehabilitation. *BMJ (Clinical research ed.)*, 351, h5000.
 73. Francis, T., Kabboul, N., Rac, V., Mitsakakis, N., Pechlivanoglou, P., Bielecki, J., Alter, D., and Krahn, M. (2019). The Effect of Cardiac Rehabilitation on Health-Related Quality of Life in Patients With Coronary Artery Disease: A Meta-analysis. *The Canadian journal of cardiology*, 35(3), 352–364.
 74. Dibben, G., Faulkner, J., Oldridge, N., Rees, K., Thompson, D. R., Zwisler, A. D., and Taylor, R. S. (2021). Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease. *The Cochrane database of systematic reviews*, 11(11), CD001800.
 75. Yusuf, S., Hawken, S., Ounpuu, S., Dans, T., Avezum, A., Lanas, F., McQueen, M., Budaj, A., Pais, P., Varigos, J., Lisheng, L., and INTERHEART Study Investigators (2004). Effect of potentially modifiable risk factors associated with myocardial infarction in 52 countries (the INTERHEART study): case-control study. *Lancet (London, England)*, 364(9438), 937–952.
 76. Brown, T. M., Pack, Q. R., Aberegg, E., Brewer, L. C., Ford, Y. R., Forman, D. E., Gathright, E. C., Khadanga, S., Ozemek, C., Thomas, R. J., and American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation and Secondary Prevention Committee of the Council on Clinical Cardiology; Council on Cardiovascular and Stroke Nursing; Council on Lifestyle and Cardiometabolic Health; and Council on Quality of Care and Outcomes Research (2024). Core Components of Cardiac Rehabilitation Programs: 2024 Update: A Scientific Statement From the American Heart Association and the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. *Circulation*, 150(18), e328–e347.
 77. Dibben, G. O., Dalal, H. M., Taylor, R. S., Doherty, P., Tang, L. H., and Hillsdon, M. (2018). Cardiac rehabilitation and physical activity: systematic review and meta-analysis. *Heart (British Cardiac Society)*, 104(17), 1394–1402.
 78. Szmigielska, K., and Jegier, A. (2022). Clinical Outcomes of Cardiac Rehabilitation in Women with Coronary Artery Disease-Differences in Comparison with Men. *Journal of personalized medicine*, 12(4), 600.
 79. Myers, J., Prakash, M., Froelicher, V., Do, D., Partington, S., and Atwood, J. E. (2002). Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *The New England journal of medicine*, 346(11), 793–801.
 80. Ramalho, S. H. R., and Shah, A. M. (2021). Lung function and cardiovascular disease: A link. *Trends in cardiovascular medicine*, 31(2), 93–98.

81. Franssen, F. M., Soriano, J. B., Roche, N., Bloomfield, P. H., Brusselle, G., Fabbri, L. M., García-Río, F., Kearney, M. T., Kwon, N., Lundbäck, B., Rabe, K. F., Raillard, A., Muellerova, H., and Cockcroft, J. R. (2016). Lung Function Abnormalities in Smokers with Ischemic Heart Disease. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 194(5), 568–576.
82. Mannino, D. M., Thorn, D., Swensen, A., and Holguin, F. (2008). Prevalence and outcomes of diabetes, hypertension and cardiovascular disease in COPD. *The European respiratory journal*, 32(4), 962–969.
83. Rasch-Halvorsen, Ø., Hassel, E., Brumpton, B. M., Jenssen, H., Spruit, M. A., Langhammer, A., and Steinshamn, S. (2020). The association between normal lung function and peak oxygen uptake in patients with exercise intolerance and coronary artery disease. *PloS one*, 15(5), e0232693.
84. Shen, T., Li, J., Song, Y., Ren, C., and Zhao, W. (2026). The relationship between inspiratory muscle strength and exercise tolerance in patients with coronary heart disease. *Cardiology journal*, 33, e00226002.
85. Olson, T. P., Joyner, M. J., Dietz, N. M., Eisenach, J. H., Curry, T. B., and Johnson, B. D. (2010). Effects of respiratory muscle work on blood flow distribution during exercise in heart failure. *The Journal of physiology*, 588(Pt 13), 2487–2501.
86. Smith, J. R., and Taylor, B. J. (2022). Inspiratory muscle weakness in cardiovascular diseases: Implications for cardiac rehabilitation. *Progress in cardiovascular diseases*, 70, 49–57.
87. NHLBI Workshop summary. Respiratory muscle fatigue. Report of the Respiratory Muscle Fatigue Workshop Group. (1990). *The American review of respiratory disease*, 142(2), 474–480.
88. Romer, L. M., and Polkey, M. I. (2008). Exercise-induced respiratory muscle fatigue: implications for performance. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 104(3), 879–888.
89. Harms, C. A., Babcock, M. A., McClaran, S. R., Pegelow, D. F., Nিকেle, G. A., Nelson, W. B., and Dempsey, J. A. (1997). Respiratory muscle work compromises leg blood flow during maximal exercise. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 82(5), 1573–1583.
90. Harms, C. A., Wetter, T. J., McClaran, S. R., Pegelow, D. F., Nিকেle, G. A., Nelson, W. B., Hanson, P., and Dempsey, J. A. (1998). Effects of respiratory muscle work on cardiac output and its distribution during maximal exercise. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 85(2), 609–618.
91. Lele, S. S., Macfarlane, D., Morrison, S., Thomson, H., Khafagi, F., and Frenneaux, M. (1996). Determinants of exercise capacity in patients with coronary artery disease and mild to moderate systolic dysfunction. Role of heart rate and diastolic filling abnormalities. *European heart journal*, 17(2), 204–212.

92. Franciosa, J. A., Park, M., and Levine, T. B. (1981). Lack of correlation between exercise capacity and indexes of resting left ventricular performance in heart failure. *The American journal of cardiology*, 47(1), 33–39.
93. Davies, S. W., Fussell, A. L., Jordan, S. L., Poole-Wilson, P. A., and Lipkin, D. P. (1992). Abnormal diastolic filling patterns in chronic heart failure--relationship to exercise capacity. *European heart journal*, 13(6), 749–757.
94. Brubaker, P. H., and Kitzman, D. W. (2011). Chronotropic incompetence: causes, consequences, and management. *Circulation*, 123(9), 1010–1020.
95. Savonen, K. P., Lakka, T. A., Laukkanen, J. A., Rauramaa, T. H., Salonen, J. T., and Rauramaa, R. (2008). Usefulness of chronotropic incompetence in response to exercise as a predictor of myocardial infarction in middle-aged men without cardiovascular disease. *The American journal of cardiology*, 101(7), 992–998.
96. Khan, M. N., Pothier, C. E., and Lauer, M. S. (2005). Chronotropic incompetence as a predictor of death among patients with normal electrograms taking beta blockers (metoprolol or atenolol). *The American journal of cardiology*, 96(9), 1328–1333.
97. Chaudhry, S., Arena, R., Wasserman, K., Hansen, J. E., Lewis, G. D., Myers, J., Chronos, N., and Boden, W. E. (2009). Exercise-induced myocardial ischemia detected by cardiopulmonary exercise testing. *The American journal of cardiology*, 103(5), 615–619.
98. Accalai, E., Vignati, C., Salvioni, E., Pezzuto, B., Contini, M., Cadeddu, C., Meloni, L., and Agostoni, P. (2021). Non-invasive estimation of stroke volume during exercise from oxygen in heart failure patients. *European journal of preventive cardiology*, 28(3), 280–286.
99. Munhoz, E. C., Hollanda, R., Vargas, J. P., Silveira, C. W., Lemos, A. L., Hollanda, R. M., and Ribeiro, J. P. (2007). Flattening of oxygen pulse during exercise may detect extensive myocardial ischemia. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(8), 1221–1226.
100. Geng, L., Huang, S., Zhang, T., Li, J., Wang, L., Zhou, J., Gao, L., Wang, Y., Li, J., Guo, W., Li, Y., and Zhang, Q. (2024). The association between O₂-pulse slope ratio and functional severity of coronary stenosis: A combined cardiopulmonary exercise testing and quantitative flow ratio study. *International journal of cardiology. Heart & vasculature*, 52, 101409.
101. Furchgott, R. F., and Zawadzki, J. V. (1980). The obligatory role of endothelial cells in the relaxation of arterial smooth muscle by acetylcholine. *Nature*, 288(5789), 373–376.
102. Hambrecht, R., Wolf, A., Gielen, S., Linke, A., Hofer, J., Erbs, S., Schoene, N., and Schuler, G. (2000). Effect of exercise on coronary endothelial function in patients with coronary artery disease. *The New England journal of medicine*, 342(7), 454–460.
103. Bechsgaard, D. F., Hove, J. D., Suhrs, H. E., Bové, K. B., Shahriari, P., Gustafsson, I., and Prescott, E. (2019). Women with coronary microvascular dysfunction and no obstructive coronary artery disease have reduced exercise capacity. *International journal of cardiology*, 293, 1–9.

104. Minotti, J. R., Pillay, P., Oka, R., Wells, L., Christoph, I., and Massie, B. M. (1993). Skeletal muscle size: relationship to muscle function in heart failure. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 75(1), 373–381.
105. Arena, R. and K.E. Sietsema, Cardiopulmonary exercise testing in the clinical evaluation of patients with heart and lung disease. *Circulation*, 2011. 123(6): p. 668–80.
106. Sperling, M. P., Caruso, F. C., Mendes, R. G., Dutra, D. B., Arakelian, V. M., Bonjorno, J. C., Jr, Catai, A. M., Arena, R., and Borghi-Silva, A. (2016). Relationship between non-invasive haemodynamic responses and cardiopulmonary exercise testing in patients with coronary artery disease. *Clinical physiology and functional imaging*, 36(2), 92–98.
107. Levandoski, S. G., Sheldahl, L. M., Wilke, N. A., Tristani, F. E., and Hoffman, M. D. (1990). Cardiorespiratory responses of coronary artery disease patients to arm and leg cycle ergometry. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*, 10(2), 39-44.
108. Acker Jr, J., and Martin, D. (1988). Angina and ST-segment depression during treadmill and arm ergometer testing in patients with coronary artery disease. *Physical therapy*, 68(2), 195-198.
109. Şatiroğlu, Ö., Bostan, M., Bayar, N., Çiçek, Y., Cetin, M., ve Bozkurt, E. (2012). Relation between aortic stiffness and extension of coronary artery disease. *Turkish Journal of Medical Sciences*, 42(3), 417-424.
110. Cecelja, M., and Chowienczyk, P. (2012). Role of arterial stiffness in cardiovascular disease. *JRSM cardiovascular disease*, 1(4), cvd.2012.012016.
111. van Popele, N. M., Mattace-Raso, F. U., Vliegenthart, R., Grobbee, D. E., Asmar, R., van der Kuip, D. A., Hofman, A., de Feijter, P. J., Oudkerk, M., and Witteman, J. C. (2006). Aortic stiffness is associated with atherosclerosis of the coronary arteries in older adults: the Rotterdam Study. *Journal of hypertension*, 24(12), 2371–2376.
112. Vlachopoulos, C., Aznaouridis, K., and Stefanadis, C. (2010). Prediction of cardiovascular events and all-cause mortality with arterial stiffness: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the American College of Cardiology*, 55(13), 1318–1327.
113. Ikonmidis, I., Makavos, G., and Lekakis, J. (2015). Arterial stiffness and coronary artery disease. *Current opinion in cardiology*, 30(4), 422–431.
114. Ikonmidis, I., Tzortzis, S., Andreadou, I., Paraskevaidis, I., Katseli, C., Katsimbri, P., Pavlidis, G., Parissis, J., Kremastinos, D., Anastasiou-Nana, M., and Lekakis, J. (2014). Increased benefit of interleukin-1 inhibition on vascular function, myocardial deformation, and twisting in patients with coronary artery disease and coexisting rheumatoid arthritis. *Circulation. Cardiovascular imaging*, 7(4), 619–628.
115. Finkler, B., Eibel, B., Barroso, W. S., and Barbosa, E. (2019). Arterial Stiffness and Coronary Artery Disease. *Cardiovasc Ther*, 14(3), 555889.

116. Oberoi, S., Schoepf, U. J., Meyer, M., Henzler, T., Rowe, G. W., Costello, P., and Nance, J. W. (2013). Progression of arterial stiffness and coronary atherosclerosis: longitudinal evaluation by cardiac CT. *AJR. American journal of roentgenology*, 200(4), 798–804.
117. Saz-Lara, A., Cavero-Redondo, I., Álvarez-Bueno, C., Notario-Pacheco, B., Ruiz-Grao, M. C., and Martínez-Vizcaíno, V. (2021). The Acute Effect of Exercise on Arterial Stiffness in Healthy Subjects: A Meta-Analysis. *Journal of clinical medicine*, 10(2), 291.
118. Sung, J., Yang, J. H., Cho, S. J., Hong, S. H., Huh, E. H., and Park, S. W. (2009). The effects of short-duration exercise on arterial stiffness in patients with stable coronary artery disease. *Journal of Korean medical science*, 24(5), 795–799.
119. Ranadive, S. M., Fahs, C. A., Yan, H., Rossow, L. M., Agiovlasitis, S., and Fernhall, B. (2012). Comparison of the acute impact of maximal arm and leg aerobic exercise on arterial stiffness. *European journal of applied physiology*, 112(7), 2631–2635.
120. Angarten, V., Melo, X., Pinto, R., Santos, V., Marôco, J. L., Fernhall, B., and Santa-Clara, H. (2021). Acute effects of exercise on cardiac autonomic function and arterial stiffness in patients with stable coronary artery disease. *Scandinavian cardiovascular journal : SCJ*, 55(6), 371–378.
121. Kobayashi, R., Hatakeyama, H., Hashimoto, Y., and Okamoto, T. (2017). Acute effects of different aerobic exercise duration on pulse wave velocity in healthy young men. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 57(12), 1695–1701.
122. Kingsley, J. D., Tai, Y. L., Vaughan, J. A., and Mayo, X. (2017). High-Intensity Interval Cycling Exercise on Wave Reflection and Pulse Wave Velocity. *Journal of strength and conditioning research*, 31(5), 1313–1320.
123. Miura, H., Ishikawa, M., and Deguchi, K. (2018). Moderate-intensity Arm-cranking Exercise may not Improve Arterial Function in Healthy Adult Men. *International journal of sports medicine*, 39(13), 962–966.
124. Gayda, M., Gremeaux, V., Drigny, J., Juneau, M., and Nigam, A. (2015). Muscle VO₂ and forearm blood flow repeatability during venous and arterial occlusions in healthy and coronary heart disease subjects. *Clinical hemorheology and microcirculation*, 59(2), 177–183.
125. Paulino Geisel, P., de Oliveira Nascimento, I., Mendonça Gonçalves Machado, M., Lucas Gomes Mateus Dos Santos, R., Nézio Gomes, B. R., Pontes Przybysz, G. M., de Figueiredo Magalhães Pereira, I., and Gomes Pereira, D. A. (2025). Incremental shuttle walking test for calf muscle oxygenation assessment in peripheral arterial disease: a cross-sectional study. *Scientific reports*, 15(1), 488.
126. Al-Badri, A., Kim, J. H., Liu, C., Mehta, P. K., and Quyyumi, A. A. (2019). Peripheral Microvascular Function Reflects Coronary Vascular Function. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*, 39(7), 1492–1500.
127. Katayama, K., Amann, M., Pegelow, D. F., Jacques, A. J., and Dempsey, J. A. (2007). Effect of arterial oxygenation on quadriceps fatigability during isolated muscle

- exercise. *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology*, 292(3), R1279–R1286.
128. Orcioli-Silva, D., Beretta, V. S., Santos, P. C. R., Rasteiro, F. M., Marostegan, A. B., Vitorio, R., Gobatto, C. A., and Manchado-Gobatto, F. B. (2024). Cerebral and muscle tissue oxygenation during exercise in healthy adults: A systematic review. *Journal of sport and health science*, 13(4), 459–471.
 129. Racinais, S., Buchheit, M., and Girard, O. (2014). Breakpoints in ventilation, cerebral and muscle oxygenation, and muscle activity during an incremental cycling exercise. *Frontiers in physiology*, 5, 142.
 130. Belardinelli, R., Barstow, T. J., Porszasz, J., and Wasserman, K. (1995). Changes in skeletal muscle oxygenation during incremental exercise measured with near infrared spectroscopy. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 70(6), 487–492.
 131. Jeskanen, T., Valtonen, R. I. P., Ylinen, V. P., Nissinen, J., and Tulppo, M. P. (2025). Cardiac workload and skeletal muscle oxygenation during incremental exercise in healthy subjects. *Physiological reports*, 13(13), e70456.
 132. Bhambhani, Y., Maikala, R., and Buckley, S. (1998). Muscle oxygenation during incremental arm and leg exercise in men and women. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 78(5), 422–431.
 133. Zhang, Z., Wang, B., Gong, H., Xu, G., Nioka, S., and Chance, B. (2010). Comparisons of muscle oxygenation changes between arm and leg muscles during incremental rowing exercise with near-infrared spectroscopy. *Journal of biomedical optics*, 15(1), 017007.
 134. Goulart, C. D. L., Arêas, G. P. T., Caruso, F. R., Araújo, A. S. G., de Moura, S. C. G., Catai, A. M., Beltrame, T., Junior, L. C. C., Dos Santos, P. B., Roscani, M. G., Mendes, R. G., Arena, R., and Borghi-Silva, A. (2021). Effect of high-intensity exercise on cerebral, respiratory and peripheral muscle oxygenation of HF and COPD-HF patients. *Heart & lung : the journal of critical care*, 50(1), 113–120.
 135. Soares, R. N., Murias, J. M., Saccone, F., Puga, L., Moreno, G., Resnik, M., and De Roia, G. F. (2019). Effects of a rehabilitation program on microvascular function of CHD patients assessed by near-infrared spectroscopy. *Physiological reports*, 7(11), e14145.
 136. Winzer, E. B., Woitek, F., and Linke, A. (2018). Physical Activity in the Prevention and Treatment of Coronary Artery Disease. *Journal of the American Heart Association*, 7(4), e007725.
 137. Meirelles, C. D. M., and Gomes, P. S. C. (2004). Acute effects of resistance exercise on energy expenditure: revisiting the impact of the training variables. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 10, 122–130.
 138. Hill, J. O., Melby, C., Johnson, S. L., and Peters, J. C. (1995). Physical activity and energy requirements. *The American journal of clinical nutrition*, 62(5 Suppl), 1059S–1066S.

139. Kang, J., Robertson, R. J., Goss, F. L., Dasilva, S. G., Suminski, R. R., Utter, A. C., Zoeller, R. F., and Metz, K. F. (1997). Metabolic efficiency during arm and leg exercise at the same relative intensities. *Medicine and science in sports and exercise*, 29(3), 377–382.
140. ÖYMEZ, B. N. (2024). İnterstisyel akciğer hastalarında üst ve alt ekstremitte maksimal egzersiz kapasitelerinin ve testler sırasındaki kas oksijeni ve enerji harcamasının karşılaştırılması (Tez No. 918674) [Yüksek lisans tezi, GAZİ ÜNİVERSİTESİ]. Ulusal Tez Merkezi.
141. Westerterp K. R. (2013). Physical activity and physical activity induced energy expenditure in humans: measurement, determinants, and effects. *Frontiers in physiology*, 4, 90.
142. Baum, K., Hildebrandt, U., Edel, K., Bertram, R., Hahmann, H., Bremer, F. J., Böhmen, S., Kammerlander, C., Serafin, M., Rütther, T., and Miche, E. (2009). Comparison of skeletal muscle strength between cardiac patients and age-matched healthy controls. *International journal of medical sciences*, 6(4), 184–191.
143. Stewart, R., Held, C., Brown, R., Vedin, O., Hagstrom, E., Lonn, E., Armstrong, P., Granger, C. B., Hochman, J., Davies, R., Soffer, J., Wallentin, L., and White, H. (2013). Physical activity in patients with stable coronary heart disease: an international perspective. *European heart journal*, 34(42), 3286–3293.
144. Perk, J., De Backer, G., Gohlke, H., Graham, I., Reiner, Z., Verschuren, W. M., ... and Zannad, F. (2013). European Guidelines on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice (version 2012). The Fifth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and other societies on cardiovascular disease prevention in clinical practice (constituted by representatives of nine societies and by invited experts). *Giornale italiano di cardiologia* (2006), 14(5), 328-392.
145. Fadah, K., and Payan-Schober, F. (2023). Physical Activity and Mortality in Patients with Coronary Artery Disease. *Current cardiology reports*, 25(7), 663–667.
146. Kallio, P., Pahkala, K., Heinonen, O. J., Tammelin, T., Hirvensalo, M., Telama, R., Juonala, M., Magnussen, C. G., Rovio, S., Helajärvi, H., Hutri-Kähönen, N., Viikari, J., and Raitakari, O. T. (2018). Physical Inactivity from Youth to Adulthood and Risk of Impaired Glucose Metabolism. *Medicine and science in sports and exercise*, 50(6), 1192–1198.
147. Stewart, R. A. H., Held, C., Hadziosmanovic, N., Armstrong, P. W., Cannon, C. P., Granger, C. B., Hagström, E., Hochman, J. S., Koenig, W., Lonn, E., Nicolau, J. C., Steg, P. G., Vedin, O., Wallentin, L., White, H. D., and STABILITY Investigators (2017). Physical Activity and Mortality in Patients With Stable Coronary Heart Disease. *Journal of the American College of Cardiology*, 70(14), 1689–1700.
148. Lee, I. M., Shiroma, E. J., Lobelo, F., Puska, P., Blair, S. N., Katzmarzyk, P. T., and Lancet Physical Activity Series Working Group (2012). Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet (London, England)*, 380(9838), 219–229.

149. Harriss, D. J., Macsween, A., and Atkinson, G. (2017). Standards for Ethics in Sport and Exercise Science Research: 2018 Update. *International journal of sports medicine*, 38(14), 1126–1131.
150. Vrints, C., Andreotti, F., Koskinas, K. C., Rossello, X., Adamo, M., Ainslie, J., Banning, A. P., Budaj, A., Buechel, R. R., Chiariello, G. A., Chieffo, A., Christodorescu, R. M., Deaton, C., Doenst, T., Jones, H. W., Kunadian, V., Mehilli, J., Milojevic, M., Piek, J. J., Pugliese, F., ... ESC Scientific Document Group (2024). 2024 ESC Guidelines for the management of chronic coronary syndromes. *European heart journal*, 45(36), 3415–3537.
151. American Thoracic Society, and American College of Chest Physicians (2003). ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 167(2), 211–277.
152. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. (2000). *World Health Organization technical report series*, 894, i–253.
153. Damen, J. A., Pajouheshnia, R., Heus, P., Moons, K. G. M., Reitsma, J. B., Scholten, R. J. P. M., Hooft, L., and Debray, T. P. A. (2019). Performance of the Framingham risk models and pooled cohort equations for predicting 10-year risk of cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis. *BMC medicine*, 17(1), 109.
154. Greenland, P., Alpert, J. S., Beller, G. A., Benjamin, E. J., Budoff, M. J., Fayad, Z. A., Foster, E., Hlatky, M. A., Hodgson, J. M., Kushner, F. G., Lauer, M. S., Shaw, L. J., Smith, S. C., Jr, Taylor, A. J., Weintraub, W. S., Wenger, N. K., Jacobs, A. K., Smith, S. C., Jr, Anderson, J. L., Albert, N., ... American Heart Association (2010). 2010 ACCF/AHA guideline for assessment of cardiovascular risk in asymptomatic adults: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Journal of the American College of Cardiology*, 56(25), e50–e103.
155. Charlson, M. E., Pompei, P., Ales, K. L., and MacKenzie, C. R. (1987). A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *Journal of chronic diseases*, 40(5), 373–383.
156. Extermann M. (2000). Measuring comorbidity in older cancer patients. *European journal of cancer (Oxford, England : 1990)*, 36(4), 453–471.
157. Miller, M. R., Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A., Crapo, R., Enright, P., van der Grinten, C. P., Gustafsson, P., Jensen, R., Johnson, D. C., MacIntyre, N., McKay, R., Navajas, D., Pedersen, O. F., Pellegrino, R., Viegi, G., Wanger, J., and ATS/ERS Task Force (2005). Standardisation of spirometry. *The European respiratory journal*, 26(2), 319–338.
158. Quanjer, P. H., Tammeling, G. J., Cotes, J. E., Pedersen, O. F., Peslin, R., and Yernault, J. C. (1993). Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society. *The European respiratory journal. Supplement*, 16, 5–40.

159. Johnson, J. D., and Theurer, W. M. (2014). A stepwise approach to the interpretation of pulmonary function tests. *American family physician*, 89(5), 359–366.
160. Lista-Paz, A., Langer, D., Barral-Fernández, M., Quintela-Del-Río, A., Gimeno-Santos, E., Arbillaga-Etxarri, A., Torres-Castro, R., Vilaró Casamitjana, J., Varas de la Fuente, A. B., Serrano Veguillas, C., Bravo Cortés, P., Martín Cortijo, C., García Delgado, E., Herrero-Cortina, B., Valera, J. L., Fregonezi, G. A. F., González Montañez, C., Martín-Valero, R., Francín-Gallego, M., Sanesteban Hermida, Y., ... González-Doniz, L. (2023). Maximal Respiratory Pressure Reference Equations in Healthy Adults and Cut-off Points for Defining Respiratory Muscle Weakness. *Archivos de bronconeumologia*, 59(12), 813–820.
161. Klaps, S., Verbrugghe, J., Goossens, N., Meus, T., Köke, A., Verbunt, J., Langer, D., Timmermans, A., and Janssens, L. (2025). Maximal inspiratory pressure and exercise-induced inspiratory muscle fatigue in chronic nonspecific low back pain. *Respiratory medicine*, 236, 107887.
162. Wilson, R. C., and Jones, P. W. (1989). A comparison of the visual analogue scale and modified Borg scale for the measurement of dyspnoea during exercise. *Clinical science (London, England : 1979)*, 76(3), 277–282.
163. Hwang, M. H., Yoo, J. K., Kim, H. K., Hwang, C. L., Mackay, K., Hemstreet, O., Nichols, W. W., and Christou, D. D. (2014). Validity and reliability of aortic pulse wave velocity and augmentation index determined by the new cuff-based SphygmoCor Xcel. *Journal of human hypertension*, 28(8), 475–481.
164. Nakagomi, A., Shoji, T., Okada, S., Ohno, Y., and Kobayashi, Y. (2018). Validity of the augmentation index and pulse pressure amplification as determined by the SphygmoCor XCEL device: a comparison with invasive measurements. *Hypertension research : official journal of the Japanese Society of Hypertension*, 41(1), 27–32.
165. Louvaris, Z., Habazettl, H., Wagner, H., Zakynthinos, S., Wagner, P., and Vogiatzis, I. (2018). Near-infrared spectroscopy using indocyanine green dye for minimally invasive measurement of respiratory and leg muscle blood flow in patients with COPD. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 125(3), 947–959.
166. Feldmann, A., Schmitz, R., and Erlacher, D. (2019). Near-infrared spectroscopy-derived muscle oxygen saturation on a 0% to 100% scale: reliability and validity of the Moxy Monitor. *Journal of biomedical optics*, 24(11), 1–11.
167. Reinpöld, K., and Rannama, I. (2023). Oxygen Uptake and Bilaterally Measured Vastus Lateralis Muscle Oxygen Desaturation Kinetics in Well-Trained Endurance Cyclists. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 8(2), 64.
168. Lusina, S. J., Warburton, D. E., Hatfield, N. G., and Sheel, A. W. (2008). Muscle deoxygenation of upper-limb muscles during progressive arm-cranking exercise. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 33(2), 231–238.
169. Lohne-Seiler, H., Hansen, B. H., Kolle, E., and Anderssen, S. A. (2014). Accelerometer-determined physical activity and self-reported health in a population of older adults (65–85 years): a cross-sectional study. *BMC public health*, 14, 284.

170. Bohannon R. W. (1997). Reference values for extremity muscle strength obtained by hand-held dynamometry from adults aged 20 to 79 years. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 78(1), 26–32.
171. Kamada, M., Shiroma, E. J., Harris, T. B., and Lee, I. M. (2016). Comparison of physical activity assessed using hip- and wrist-worn accelerometers. *Gait & posture*, 44, 23–28.
172. Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Herrmann, S. D., Meckes, N., Bassett, D. R., Jr, Tudor-Locke, C., Greer, J. L., Vezina, J., Whitt-Glover, M. C., and Leon, A. S. (2011). 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(8), 1575–1581.
173. Tudor-Locke, C., and Bassett, D. R., Jr (2004). How many steps/day are enough? Preliminary pedometer indices for public health. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 34(1), 1–8.
174. Wang, B., Zhou, Y., Xiao, L., Guo, Y., Ma, J., Zhou, M., Shi, T., Tan, A., Yuan, J., and Chen, W. (2018). Association of lung function with cardiovascular risk: a cohort study. *Respiratory research*, 19(1), 214.
175. Samani, M. K., Mosavi, S. H., and Arefizadeh, R. (2021). Evaluation of spirometry findings with severity of coronary artery disease in smoker patients undergoing angiography in military hospital during 2019-2020. *American journal of cardiovascular disease*, 11(3), 368–374.
176. Ko, F. W., Yan, B. P., Lam, Y. Y., Chu, J. H., Chan, K. P., and Hui, D. S. (2016). Undiagnosed airflow limitation is common in patients with coronary artery disease and associated with cardiac stress. *Respirology (Carlton, Vic.)*, 21(1), 137–142.
177. MacLay, J. D., and MacNee, W. (2013). Cardiovascular disease in COPD: mechanisms. *Chest*, 143(3), 798–807.
178. Mora, S., Cook, N., Buring, J. E., Ridker, P. M., and Lee, I. M. (2007). Physical activity and reduced risk of cardiovascular events: potential mediating mechanisms. *Circulation*, 116(19), 2110–2118.
179. Garcia-Aymerich, J., Lange, P., Benet, M., Schnohr, P., and Antó, J. M. (2007). Regular physical activity modifies smoking-related lung function decline and reduces risk of chronic obstructive pulmonary disease: a population-based cohort study. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 175(5), 458–463.
180. Lee, H. Y., and Oh, B. H. (2010). Aging and arterial stiffness. *Circulation journal : official journal of the Japanese Circulation Society*, 74(11), 2257–2262.
181. Fernandes, F. L. A., Carvalho-Pinto, R. M., Stelmach, R., Salge, J. M., Rochitte, C. E., Souza, E. C. D. S., Pessi, J. D., and Cukier, A. (2018). Spirometry in patients screened for coronary artery disease: is it useful?. *Jornal brasileiro de pneumologia : publicacao oficial da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisilogia*, 44(4), 299–306.
182. Bazdyrev, E. D., Terentyeva, N. A., Galimova, N. A., Krivoschapova, K. E., and Barbarash, O. L. (2022). Respiratory muscle strength in patients with coronary heart

- disease and different musculoskeletal disorders. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*, 18(4), 393-401.
183. Gibbs, K., Collaco, J. M., and McGrath-Morrow, S. A. (2016). Impact of Tobacco Smoke and Nicotine Exposure on Lung Development. *Chest*, 149(2), 552–561.
 184. Kahraman, B. O., Tanriverdi, A., Ozsoy, I., Acar, S., Sevinc, C., Ozpelit, E., ... and Savci, S. (2020). Effect of Tobacco Smoke Exposure on Functional Capacity, Respiratory Muscle Strength, and Physical Activity Level in Patients with Pulmonary Arterial Hypertension: A Preliminary Study. *Journal of Basic and Clinical Health Sciences*, 4(3), 342-346.
 185. Lv, M., Liao, L., Deng, Y., Jin, H., Chen, L., and Huang, Z. (2023). Risk factors for inspiratory muscle weakness in coronary heart disease. *Heart & lung : the journal of critical care*, 60, 35–38.
 186. Hamilton, A. L., Killian, K. J., Summers, E., and Jones, N. L. (1995). Muscle strength, symptom intensity, and exercise capacity in patients with cardiorespiratory disorders. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 152(6 Pt 1), 2021–2031.
 187. Aktan, R., Aktan, Ö. O., Özalevli, S., ve Dursun, H. (2025). Impact of Inspiratory Muscle Strength and Lung Function on Functional Exercise Capacity in Post-myocardial Infarction Patients: A Cross-sectional Study. *Thoracic Research and Practice*, 26(6), 307.
 188. Hamazaki, N., Kamiya, K., Nozaki, K., Yamashita, M., Uchida, S., Noda, T., Maekawa, E., Meguro, K., Yamaoka-Tojo, M., Matsunaga, A., and Ako, J. (2022). Correlation between respiratory muscle weakness and frailty status as risk markers for poor outcomes in patients with cardiovascular disease. *European journal of cardiovascular nursing*, 21(8), 782–790.
 189. Hajare, R. B., Nagarwala, R., Shyam, A., and Sancheti, P. (2018). Correlation between 6-minute walk distance and spirometry parameters in stable chronic obstructive pulmonary disease patients. *Int J Res Med Sci*, 7(1), 34-39.
 190. Luchesa, C. A., Mafort, T. T., Silva, R. R., Paro, I. C., Souza, F. M., and Lopes, A. J. (2020). Contribution of lung function in predicting distance covered in the 6-min walk test in obese Brazilian women. *Brazilian journal of medical and biological research = Revista brasileira de pesquisas medicas e biologicas*, 53(12), e10279.
 191. AGOSTONI, E., and RAHN, H. (1960). Abdominal and thoracic pressures at different lung volumes. *Journal of applied physiology*, 15, 1087–1092.
 192. Oueslati, F., Berriri, A., Boone, J., and Ahmaidi, S. (2018). Respiratory muscle strength is decreased after maximal incremental exercise in trained runners and cyclists. *Respiratory physiology & neurobiology*, 248, 25–30.
 193. Ferrari, M., Muthalib, M., and Quaresima, V. (2011). The use of near-infrared spectroscopy in understanding skeletal muscle physiology: recent developments. *Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences*, 369(1955), 4577–4590.

194. HM, P. (2013). *Pedretti's Occupational Therapy, Practice skills for physical dysfunction*. St. Louis, Missouri: Elsevier Mosby, 450.
195. Herdy, A. H., and Uhlenhof, D. (2011). Reference values for cardiopulmonary exercise testing for sedentary and active men and women. *Arquivos brasileiros de cardiologia*, 96(1), 54–59.
196. Shakespeare, J., and Parkes, E. (2025). Reference values for arm ergometry cardiopulmonary exercise testing (CPET) in healthy volunteers. *BMJ open respiratory research*, 12(1), e002806.
197. Deguchi, M., Yokoyama, H., Hongu, N., Toya, A., Matsutake, T., Suzuki, Y., ... and Okazaki, K. (2023). Does Exercise Testing with Arm Crank Ergometer Substitute for Cycle Ergometer to Evaluate Exercise Capacity?. *Applied Sciences*, 13(23), 12926.
198. Larsen, R. T., Christensen, J., Tang, L. H., Keller, C., Doherty, P., Zwisler, A. D., ... and Langberg, H. (2016). A systematic review and meta-analysis comparing cardiopulmonary exercise test values obtained from the arm cycle and the leg cycle respectively in healthy adults. *International journal of sports physical therapy*, 11(7), 1006.
199. Pogliaghi, S., Terziotti, P., Cevese, A., Balestreri, F., and Schena, F. (2006). Adaptations to endurance training in the healthy elderly: arm cranking versus leg cycling. *European journal of applied physiology*, 97(6), 723–731.
200. YILMAZ, F. (2025). Tip 2 diyabet hastalarında üst ekstremitte aerobik egzersiz eğitiminin egzersiz kapasitesi, kas oksijeni ve fiziksel aktivite seviyesi üzerine etkileri (Tez No. 996138) [Doktora tezi, GAZİ ÜNİVERSİTESİ]. Ulusal Tez Merkezi.
201. YILDIZ, N. N. (2025). İnterstisyel akciğer hastalarında üst ekstremitte aerobik egzersiz eğitiminin oksijen tüketimi, kas oksijenasyonu ve fiziksel aktivite üzerine etkilerinin araştırılması (Tez No. 978955) [Doktora tezi, GAZİ ÜNİVERSİTESİ]. Ulusal Tez Merkezi.
202. Huang, S., Wang, L., Li, J., Ma, L., He, X., Zhang, Q., and Li, Y. (2022). Oxygen pulse variation in symptomatic patients with suspected coronary artery disease: a diagnostic analysis. *Annals of translational medicine*, 10(22), 1225.
203. Herdy, A. H., Ritt, L. E., Stein, R., Araújo, C. G., Milani, M., Meneghelo, R. S., Ferraz, A. S., Hossri, C., Almeida, A. E., Fernandes-Silva, M. M., and Serra, S. M. (2016). Cardiopulmonary Exercise Test: Background, Applicability and Interpretation. *Arquivos brasileiros de cardiologia*, 107(5), 467–481.
204. Eston, R. G., and Brodie, D. A. (1986). Responses to arm and leg ergometry. *British journal of sports medicine*, 20(1), 4–6.
205. Carter, R., Holiday, D. B., Stocks, J., and Tiep, B. (2003). Peak physiologic responses to arm and leg ergometry in male and female patients with airflow obstruction. *Chest*, 124(2), 511–518.

206. Hernández-Murúa, J. A., Portilla-Cueto, K., Romero-Pérez, E. M., Pérez-Martín, E., and de Paz, J. A. (2026). Comparative ergospirometric responses to arm-crank and leg-cycle exercise in women with multiple sclerosis: a pilot study. *Retos*, 75, 319-328.
207. Frykholm, E., Lima, V. P., Selander, H. V., Nyberg, A., and Janaudis-Ferreira, T. (2019). Physiological and Symptomatic Responses to Arm versus Leg Activities in People with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *COPD*, 16(5-6), 390-405.
208. Porszasz, J., Emtner, M., Goto, S., Somfay, A., Whipp, B. J., and Casaburi, R. (2005). Exercise training decreases ventilatory requirements and exercise-induced hyperinflation at submaximal intensities in patients with COPD. *Chest*, 128(4), 2025-2034.
209. Peterman, J. E., Novelli, D. S., Fleenor, B. S., Whaley, M. H., Kaminsky, L. A., and Harber, M. P. (2023). Oxygen Uptake Efficiency Slope as a Predictor of Mortality Risk: THE BALL STATE ADULT FITNESS LONGITUDINAL LIFESTYLE STUDY (BALL ST). *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*, 43(4), 282-289.
210. Roxburgh, B. H., Campbell, H. A., Cotter, J. D., Reymann, U., Williams, M. J. A., Gwynne-Jones, D., and Thomas, K. N. (2021). Cardiopulmonary exercise testing in severe osteoarthritis: a crossover comparison of four exercise modalities. *Anaesthesia*, 76(1), 72-81.
211. Akkerman, M., van Brussel, M., Hulzebos, E., Vanhees, L., Helders, P. J., and Takken, T. (2010). The oxygen uptake efficiency slope: what do we know?. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*, 30(6), 357-373.
212. Wasserman, K., and Whipp, B. J. (1975). Exercise physiology in health and disease. *The American review of respiratory disease*, 112(2), 219-249.
213. Wasserman, K. (1994). Principles in exercise testing and interpretation. *Principles in exercise testing and interpretation*.
214. Datta, D., Normandin, E., and ZuWallack, R. (2015). Cardiopulmonary exercise testing in the assessment of exertional dyspnea. *Annals of thoracic medicine*, 10(2), 77-86.
215. Orr, J. L., Williamson, P., Anderson, W., Ross, R., McCafferty, S., and Fettes, P. (2013). Cardiopulmonary exercise testing: arm crank vs cycle ergometry. *Anaesthesia*, 68(5), 497-501.
216. Louhevaara, V., Sovijärvi, A., Ilmarinen, J., and Teräslinna, P. (1990). Differences in cardiorespiratory responses during and after arm crank and cycle exercise. *Acta physiologica Scandinavica*, 138(2), 133-143.
217. King, J., and Lowery, D. R. (2023). Physiology, Cardiac Output. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
218. Gillen, C., and Goyal, A. (2022). Stable Angina. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.

219. Sim, D. N., and Neill, W. A. (1974). Investigation of the physiological basis for increased exercise threshold for angina pectoris after physical conditioning. *The Journal of clinical investigation*, 54(3), 763–770.
220. Nocon, M., Hiemann, T., Müller-Riemenschneider, F., Thalau, F., Roll, S., and Willich, S. N. (2008). Association of physical activity with all-cause and cardiovascular mortality: a systematic review and meta-analysis. *European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation : official journal of the European Society of Cardiology, Working Groups on Epidemiology & Prevention and Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology*, 15(3), 239–246.
221. Mutter, A. F., Cooke, A. B., Saleh, O., Gomez, Y. H., and Daskalopoulou, S. S. (2017). A systematic review on the effect of acute aerobic exercise on arterial stiffness reveals a differential response in the upper and lower arterial segments. *Hypertension research : official journal of the Japanese Society of Hypertension*, 40(2), 146–172.
222. Gkaliagkousi, E., Gavrilaki, E., Nikolaidou, B., Triantafyllou, G., and Douma, S. (2014). Exercise-induced pulse wave velocity changes in untreated patients with essential hypertension: the effect of an angiotensin receptor antagonist. *Journal of clinical hypertension (Greenwich, Conn.)*, 16(7), 482–487.
223. Tabara, Y., Yuasa, T., Oshiumi, A., Kobayashi, T., Miyawaki, Y., Miki, T., and Kohara, K. (2007). Effect of acute and long-term aerobic exercise on arterial stiffness in the elderly. *Hypertension research : official journal of the Japanese Society of Hypertension*, 30(10), 895–902.
224. Yoon, E. S., Jung, S. J., Cheun, S. K., Oh, Y. S., Kim, S. H., and Jae, S. Y. (2010). Effects of acute resistance exercise on arterial stiffness in young men. *Korean circulation journal*, 40(1), 16–22.
225. Kaminsky, L. A., Myers, J., and Arena, R. (2019). Determining Cardiorespiratory Fitness With Precision: Compendium of Findings From the FRIEND Registry. *Progress in cardiovascular diseases*, 62(1), 76–82.
226. Hamaoka, T., McCully, K. K., Quaresima, V., Yamamoto, K., and Chance, B. (2007). Near-infrared spectroscopy/imaging for monitoring muscle oxygenation and oxidative metabolism in healthy and diseased humans. *Journal of biomedical optics*, 12(6), 062105.
227. Truijen, J., Kim, Y. S., Krediet, C. T., Stok, W. J., Kölgen, R. S., Colier, W. N., Secher, N. H., and van Lieshout, J. J. (2012). Orthostatic leg blood volume changes assessed by near-infrared spectroscopy. *Experimental physiology*, 97(3), 353–361.
228. Mademli, L., Nikolaidou, M. E., Bohm, S., and Arampatzis, A. (2025). Postural control of sway dynamics on an unstable surface reduces similarity in activation patterns of synergistic lower leg muscles. *Frontiers in sports and active living*, 7, 1545813.
229. Yoshizawa, M., Shimizu-Okuyama, S., and Kagaya, A. (2008). Transient increase in femoral arterial blood flow to the contralateral non-exercising limb during one-legged exercise. *European journal of applied physiology*, 103(5), 509–514.

230. Gordon, N., Abbiss, C. R., Ihsan, M., Maiorana, A. J., and Peiffer, J. J. (2018). Active and Inactive Leg Hemodynamics during Sequential Single-Leg Interval Cycling. *Medicine and science in sports and exercise*, 50(6), 1297–1304.
231. Ishii, K., Liang, N., Oue, A., Hirasawa, A., Sato, K., Sadamoto, T., and Matsukawa, K. (2012). Central command contributes to increased blood flow in the noncontracting muscle at the start of one-legged dynamic exercise in humans. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 112(12), 1961–1974.
232. Gaesser, G. A., and Brooks, G. A. (1975). Muscular efficiency during steady-rate exercise: effects of speed and work rate. *Journal of applied physiology*, 38(6), 1132–1139.
233. Whipp, B. J., and Wasserman, K. (1969). Efficiency of muscular work. *Journal of applied physiology*, 26(5), 644–648.
234. Siddique, M. A., Afzal, M. W., Ahmad, A., Gilani, S. A., and Saleemi, M. A. (2018). Quantitative comparison of handgrip strength between cardiac patients and age matched healthy controls using a handheld dynamometer. *Khyber Medical University Journal*, 10(4).
235. Damluji, A. A., Alfaraidhy, M., AlHajri, N., Rohant, N. N., Kumar, M., Al Malouf, C., Bahrainy, S., Ji Kwak, M., Batchelor, W. B., Forman, D. E., Rich, M. W., Kirkpatrick, J., Krishnaswami, A., Alexander, K. P., Gerstenblith, G., Cawthon, P., deFilippi, C. R., and Goyal, P. (2023). Sarcopenia and Cardiovascular Diseases. *Circulation*, 147(20), 1534–1553.
236. Bowden Davies, K. A., Pickles, S., Sprung, V. S., Kemp, G. J., Alam, U., Moore, D. R., Tahrani, A. A., and Cuthbertson, D. J. (2019). Reduced physical activity in young and older adults: metabolic and musculoskeletal implications. *Therapeutic advances in endocrinology and metabolism*, 10, 2042018819888824.
237. Gentreau, M., Sakr, M., Mohammad, S., Alsehli, A. M., Titova, O. E., Rukh, G., and Schiöth, H. B. (2025). Statin Use Is Associated With a Decline in Muscle Function and Mass Over Time, Irrespective of Statin Pharmacogenomic Score. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*, 16(6), e70132.
238. Cruz-Jentoft, A. J., Bahat, G., Bauer, J., Boirie, Y., Bruyère, O., Cederholm, T., Cooper, C., Landi, F., Rolland, Y., Sayer, A. A., Schneider, S. M., Sieber, C. C., Topinkova, E., Vandewoude, M., Visser, M., Zamboni, M., and Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2 (2019). Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and ageing*, 48(1), 16–31.
239. von Haehling S. (2015). The wasting continuum in heart failure: from sarcopenia to cachexia. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 74(4), 367–377.
240. Foley, R. N., Wang, C., Ishani, A., Collins, A. J., and Murray, A. M. (2007). Kidney function and sarcopenia in the United States general population: NHANES III. *American journal of nephrology*, 27(3), 279–286.

241. Patel, H. P., Syddall, H. E., Jameson, K., Robinson, S., Denison, H., Roberts, H. C., Edwards, M., Dennison, E., Cooper, C., and Aihie Sayer, A. (2013). Prevalence of sarcopenia in community-dwelling older people in the UK using the European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) definition: findings from the Hertfordshire Cohort Study (HCS). *Age and ageing*, 42(3), 378–384.
242. He, N., Zhang, Y., Zhang, L., Zhang, S., and Ye, H. (2021). Relationship Between Sarcopenia and Cardiovascular Diseases in the Elderly: An Overview. *Frontiers in cardiovascular medicine*, 8, 743710.
243. Ko, B. J., Chang, Y., Jung, H. S., Yun, K. E., Kim, C. W., Park, H. S., Chung, E. C., Shin, H., and Ryu, S. (2016). Relationship Between Low Relative Muscle Mass and Coronary Artery Calcification in Healthy Adults. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*, 36(5), 1016–1021.
244. Jun, J. E., Choi, M. S., Park, S. W., Kim, G., Jin, S. M., Kim, K., Hwang, Y. C., Ahn, K. J., Chung, H. Y., Jeong, I. K., Kang, M., and Kim, J. H. (2021). Low Skeletal Muscle Mass Is Associated With the Presence, Incidence, and Progression of Coronary Artery Calcification. *The Canadian journal of cardiology*, 37(9), 1480–1488.
245. Bakker, E. A., van Bakel, B. M. A., Aengevaeren, W. R. M., Meindersma, E. P., Snoek, J. A., Waskowsky, W. M., van Kuijk, A. A., Jacobs, M. M. L. M., Hopman, M. T. E., Thijssen, D. H. J., and Eijssvogels, T. M. H. (2021). Sedentary behaviour in cardiovascular disease patients: Risk group identification and the impact of cardiac rehabilitation. *International journal of cardiology*, 326, 194–201.
246. Kambic, T., Šarabon, N., Hadžić, V., and Lainscak, M. (2021). Objectively Measured Physical Activity in Patients with Coronary Artery Disease: A Cross-Validation Study. *Biosensors*, 11(9), 318.
247. Abadi, A., Glover, E. I., Isfort, R. J., Raha, S., Safdar, A., Yasuda, N., Kaczor, J. J., Melov, S., Hubbard, A., Qu, X., Phillips, S. M., and Tarnopolsky, M. (2009). Limb immobilization induces a coordinate down-regulation of mitochondrial and other metabolic pathways in men and women. *PloS one*, 4(8), e6518.
248. Bogdanis G. C. (2012). Effects of physical activity and inactivity on muscle fatigue. *Frontiers in physiology*, 3, 142.
249. Ward, N. C., Watts, G. F., and Eckel, R. H. (2019). Response by Ward et al to Letter Regarding Article, "Statin Toxicity: Mechanistic Insights and Clinical Implications". *Circulation research*, 124(12), e121–e122.
250. Qaisar, R., Khan, I. M., Karim, A., Muhammad, T., ve Ahmad, F. (2024). Lipid-Lowering Medications are Associated with Reduced Sarcopenia-Related Quality of Life in Older Adults with Hyperlipidemia. *Drugs & aging*, 41(5), 443–453.
251. Veddeng, S., Madland, H., Molden, E., Wyller, T. B., and Romskaug, R. (2022). Association between statin use and physical performance in home-dwelling older patients receiving polypharmacy: cross-sectional study. *BMC geriatrics*, 22(1), 242.

252. Ashfield, T. A., Syddall, H. E., Martin, H. J., Dennison, E. M., Cooper, C., and Aihie Sayer, A. (2010). Grip strength and cardiovascular drug use in older people: findings from the Hertfordshire Cohort Study. *Age and ageing*, 39(2), 185–191.
253. Pedroso, A. F., Barreto, S. M., Telles, R. W., Machado, L. A. C., Haueisen Sander Diniz, M. F., Duncan, B. B., and Figueiredo, R. C. (2024). Uncovering the Relationship Between Statins and Muscle Problems in the ELSA-Brasil MSK Cohort. *Cardiovascular drugs and therapy*, 38(6), 1409–1414.
254. Kamiya, K., Masuda, T., Tanaka, S., Hamazaki, N., Matsue, Y., Mezzani, A., Matsuzawa, R., Nozaki, K., Maekawa, E., Noda, C., Yamaoka-Tojo, M., Arai, Y., Matsunaga, A., Izumi, T., and Ako, J. (2015). Quadriceps Strength as a Predictor of Mortality in Coronary Artery Disease. *The American journal of medicine*, 128(11), 1212–1219.
255. Alsaleh, E., and Baniyasir, F. (2023). Prevalence of physical activity levels and perceived benefits of and barriers to physical activity among Jordanian patients with coronary heart disease: A cross-sectional study. *Frontiers in public health*, 10, 1041428.
256. Wang, R. H., and Wang, Y. (2026). Effect of kinesiphobia on physical activity level in patients with coronary heart disease. *Frontiers in rehabilitation sciences*, 7, 1755286.
257. Biscaglia, S., Campo, G., Sorbets, E., Ford, I., Fox, K. M., Greenlaw, N., Parkhomenko, A., Tardif, J. C., Tavazzi, L., Tendera, M., Wetherall, K., Ferrari, R., Steg, P. G., and CLARIFY investigators (2020). Relationship between physical activity and long-term outcomes in patients with stable coronary artery disease. *European journal of preventive cardiology*, 27(4), 426–436.
258. Linke, A., Erbs, S., and Hambrecht, R. (2008). Effects of exercise training upon endothelial function in patients with cardiovascular disease. *Frontiers in bioscience : a journal and virtual library*, 13, 424–432.
259. Morris, J. N., Chave, S. P., Adam, C., Sirey, C., Epstein, L., and Sheehan, D. J. (1973). Vigorous exercise in leisure-time and the incidence of coronary heart-disease. *Lancet (London, England)*, 1(7799), 333–339.
260. Haapanen, N., Miilunpalo, S., Vuori, I., Oja, P., and Pasanen, M. (1996). Characteristics of leisure time physical activity associated with decreased risk of premature all-cause and cardiovascular disease mortality in middle-aged men. *American journal of epidemiology*, 143(9), 870–880.
261. Hamaoka, T., and McCully, K. K. (2019). Review of early development of near-infrared spectroscopy and recent advancement of studies on muscle oxygenation and oxidative metabolism. *The journal of physiological sciences : JPS*, 69(6), 799–811.



EK-1. Etik Komisyon Onay Belgesi

Evrak Tarih ve Sayısı: 26.06.2025-E.1273008



T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Etik Komisyonu



Sayı : E-77082166-302.08.01-1273008
Konu : Bilimsel ve Eğitim Amaçlı

26.06.2025

DAĞITIM YERLERİNE

Araştırmacı grubu Meral BOŞNAK GÜÇLÜ, Naciye SEVİM, Özden SEÇKİN ve Mehmet Rıdvan YALÇIN'dan oluşan, Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Ana Bilim Dalı **Yüksek Lisans Öğrencisi Naciye SEVİM'in, Prof. Dr. Meral BOŞNAK GÜÇLÜ'nün** danışmanlığında yürüttüğü **"Koroner Arter Hastalarında Üst ve Alt Ekstremité Maksimal Egzersiz Kapasitelerinin ve Testlerdeki Arteriyal Sertlik Düzeyi, Kas Oksijenizasyonu ve Enerji Harcamasının Karşılaştırılması"** adlı tez çalışması ile ilgili konu Komisyonumuzun **17.06.2025** tarih ve **10** sayılı toplantısında görüşülmüş olup,

İlgilinin çalışmasının, yapılması planlanan yerlerden izin alınması koşuluyla yapılmasında etik açıdan bir sakınca bulunmadığına oybirliği ile karar verilmiştir.

Bilgilerinizi rica ederim.

Araştırma Kod No: 2025 - 1127

Prof. Dr. İsmail KARAKAYA
Komisyon Başkanı

DAĞITIM

Gereği:
Sayın Prof. Dr. Meral BOŞNAK GÜÇLÜ

Bilgi:
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

EK-2. Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu



KATILIMCILAR İÇİN BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ ONAM FORMU

Araştırmanın adı:	Koroner Arter Hastalarında Üst ve Alt Ekstremité Maksimal Egzersiz Kapasitelerinin ve Testlerdeki Arteriyel Sertlik Düzeyi, Kas Oksijenizasyonu ve Enerji Harcamasının Karşılaştırılması	
Sorumlu Araştırmacı/Tez Danışmanı/Proje Yürütücüsü Bilgileri	Adı: Meral Soyadı: BOŞNAK GÜÇLÜ	1 1 2

Değerli Katılımcı,

Sizi, kollarınız ve bacaklarınızın egzersiz düzeyini, bu testler sırasında kaslarınızın oksijen seviyesi, enerji tüketimi, damar sertliği ve solunum yorgunluğunuzu değerlendirmek amacıyla yapacağımız araştırmaya davet ediyoruz. Bu çalışmaya katılmanız tamamen gönüllülük esasına dayanmaktadır. Araştırmaya katılmaya ilişkin kararınızdan önce araştırma hakkında sizi bilgilendirmek istiyoruz. Araştırma ile ilgili anlayamadığınız bir şey varsa veya daha fazla bilgi almak isterseniz bize soru sormaktan çekinmeyiniz.

- Çalışmaya katılmama veya katıldıktan sonra herhangi bir anda çalışmadan çıkma hakkına sahipsiniz. Araştırmadan çekilmeniz ya da herhangi bir nedenle araştırmadan çıkmanız halinde, sizinle ilgili veriler kullanılmayacaktır.
- Bu çalışmaya sizin/velisi/vasisi bulunduğunuz gibi koroner arter hastası olan toplam en az 30 sayıda hasta bireyin dahil edilmesi planlanmaktadır.
- Çalışmaya katılma durumunuzda aşağıda isimleri verilen *anket/ölçek/test/görüşme formu vb. araçlar uygulanacaktır:*

1) Bu çalışma kapsamında size herhangi bir girişimsel uygulama yapılmayacaktır.

Tıbbi muayene, medikal tedavi ve radyolojik görüntülemeleriniz Gazi Üniversitesi, Kardiyoloji Ana Bilim Dalı hekimi tarafından yapılacaktır. Çalışma için dosyanızdan adınız, soyadınız, cinsiyetiniz, doğum tarihiniz, iletişim bilgileriniz, eğitim düzeyiniz, mesleğiniz, vücut ağırlığınız, kilomuz, aile öykünüz, tanınız, kaç yıldır hastalığınızın izlendiği, mevcut semptomlarınız, güncel kullandığınız ilaçlar, radyolojik görüntüleme bulgularınız ve tedavi bilgileriniz alınacaktır.

Tüm katılımcılara, 48 saat ara ile iki ayrı günde kol ve bacaklarınızın egzersiz düzeyini değerlendiren iki egzersiz testi yapılacaktır.

Birinci test bacak egzersiz kapasitenizi değerlendiren bir testtir ve koşu bandında yapılacaktır.

İkinci test kol egzersiz kapasitenizi değerlendirmek için kol bisikletinde yapılacaktır.

Her iki test sırasında kaslarınızın oksijen seviyesi kol, bacak ve kaburgalarınızın üzerine yerleştirilen bir cihaz aracılığıyla değerlendirilecektir. Aynı zamanda enerji tüketiminiz ve fiziksel olarak aktif olma durumunuz da kolumuzun üzerine yerleştirilen başka bir cihaz aracılığıyla değerlendirilecektir.

Son olarak bu testlerin öncesinde ve sonrasında kolumuza tansiyon aletine benzer özellikle bir cihaz takılarak damar sertliğiniz değerlendirilecektir. Aynı şekilde testlerin öncesinde ve sonrasında solunum yorgunluğunuzu değerlendirmek için elinize bir cihaz verilecek ve cihaz içerisinden kuvvetlice nefes alıp vermeniz istenecektir.

Egzersiz testleri sırasındaki yorgunluk ve nefes darlığı düzeyiniz 0-10 arasında puanlamaya sahip bir ölçek aracılığıyla değerlendirilecektir.

Veri toplama sırasında ses / görüntü kaydı alınmayacaktır. Veri toplama araçlarının uygulanması yaklaşık olarak iki ayrı günde 90 dakika olmak üzere toplam 3 saat sürecektir.

- Bu çalışmada size/ velisi/vasisi bulunduğunuz kişiye herhangi bir fiziksel, ruhsal ve manevi boyutta zarar verebilecek riskli bir durum söz konusu değildir.
- Bu çalışmaya katılmanız için sizden veya velisi/vasisi bulunduğunuz kişilerden herhangi bir ücret istenmeyecektir. Çalışmaya katıldığınız için size bir ödeme yapılmayacaktır.
- Araştırma sürecinde elde edilen veriler gizli kalacaktır ve sadece araştırma amacıyla (veya "bilimsel amaçlar için") kullanılacaktır. Bu araştırma kapsamında paylaşılmış olduğunuz kişisel verileriniz "*Kişisel Verilerin Korunması Kanunu*" kapsamında korunacak olup verilerinizin güvenliğini sorumlu araştırmacı tarafından sağlanacaktır.

KATILIMCI BEYANI

Yukarıda amacı ve içeriği belirtilen bu araştırma ile ilgili bilgiler tarafıma aktarıldı. Bu bilgilerden sonra araştırmaya katılımcı olarak davet edildim. Bana ait verilerin kullanımına izin veriyorum. Araştırma sonuçlarının eğitim ve bilimsel amaçlarla kullanımı sırasında kişisel bilgilerimin dikkatle korunacağı konusunda bana yeterli güven verildi. Araştırmanın yürütülmesi sırasında herhangi bir sebep göstermeden çekilebilirim. Araştırma için yapılacak harcamalarla ilgili herhangi bir parasal sorumluluk altına girmiyorum. Bana herhangi bir ödeme yapılmayacaktır. Araştırma ile ilgili bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Bu çalışmaya hiçbir baskı altında kalmadan kendi özgür irademle kabul ettiğimi beyan ederim.

EK-2. (devamı) Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu

Katılımcı/Veli/Vasi;
Adı- soyadı:
Tarih:
İmza:

Veri Toplayan Araştırmacının;
Adı- soyadı:
Tarih:
İmza:

NOT	*Yukarıdaki boşluk bırakılan yerleri araştırmanıza uygun olarak doldurularak başvuru sürecinde etik kurullar bilgi sistemine yüklenecektir.
	*Katılımcı/Veli/Vasi ile veriyi toplayan araştırmacı ile ilgili bilgi ve imzalar sadece araştırmanın uygulama öncesinde alınacaktır. Başvuru sürecinde etik kurullar bilgi sistemine bu kısım doldurulmadan ve imzalanmadan yüklenecektir.
	* Çalışmanızın içeriğine yönelik bu gönüllü formdan başka EK OLARAK gönüllü onam formu hazırlanabilir.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : SEVİM, Naciye
Uyruğu : T.C

Eğitim Derecesi	Okul/Program	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi / Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı	Devam ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi / Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü	2023
Lise	Alparslan Anadolu Lisesi	2019

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2025-devam ediyor	Gazi Üniversitesi	Arş. Gör.
2024-2025	Atılım Üniversitesi	Arş. Gör.

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

- Sevim, N., Çakır, A., Seçkin, Ö., Yalçın, M. R., ve Boşnak Güçlü, M. (2026). Koroner arter hastalarında üst ekstremitte fonksiyonel egzersiz kapasitesinin klinik belirleyicileri [Sözel bildiri özeti]. *Journal of Exercise Therapy and Rehabilitation, Supplement 5*, S119.
- Çakır, A., Sevim, N., ve Boşnak Güçlü, M. (2026). Koroner arter hastalarında zirve oksijen tüketiminin klinik belirleyicileri [Sözel bildiri özeti]. *Journal of Exercise Therapy and Rehabilitation, Supplement 5*, S129.



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR...