



T.C.  
BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

# **VAKUMLU KOŞU BANDINDA YAPILAN YÜRÜYÜŞÜN KAS OKSİJENASYONUNA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Damla YAŞARLAR

Yüksek Lisans Tezi

Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı

Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Tezli Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Gülhan YILMAZ GÖKMEN

Bandırma 2025

T.C.  
BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**VAKUMLU KOŞU BANDINDA YAPILAN YÜRÜYÜŞÜN KAS  
OKSİJENASYONUNA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Damla YAŞARLAR

Yüksek Lisans Tezi

Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı

Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Tezli Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Gülhan YILMAZ GÖKMEN

Bandırma 2025



**BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**  
**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEZ ONAYI**

Bu çalışma 17/01/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı , Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Tezli Yüksek Lisans Programı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.



## BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışması ile elde edilmemiş bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

(17/01/2025)

Damla YAŞARLAR

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması sırasında, tez konusunun belirlenmesinden başlayarak son aşamaya kadar her konuda benden yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Gülhan YILMAZ GÖKMEN'e,

Yüksek lisans eğitimim süresince mesleki bilgi ve deneyimleriyle daima rehberlik eden, kariyerimde örnek alacağım Ana Bilim Dalı Başkanımız ve Bandırma Onyedli Eylül Üniversitesi Rektör Yardımcısı Sayın Prof. Dr. Ebru KAYA MUTLU'ya şükranlarımı sunarım.

Mesleğimin ne denli anlamlı ve değerli olduğunu derinden hissetmemi sağlayan, hastalarımın şifa bulmasına katkıda bulunmama vesile olan, lisans ve lisansüstü eğitim hayatım boyunca gelişimime destek veren, yolumun kesiştiği Gazi Üniversitesi ve Bandırma Onyedli Eylül Üniversitesi'nin kıymetli hocalarına,

Yüksek lisans serüvenime başlamam konusunda beni cesaretlendiren ve bu süreçte her daim yanımda olan annem Şefika YAŞARLAR'a ve babam Ercan YAŞARLAR'a ve gönüllü olarak çalışmaya katılan ve verileri toplarken benden hoşgörü ve sabırlarını eksik etmeyen katılımcılara teşekkür ederim.

Damla YAŞARLAR

Bandırma 17 /01/ 2025

## ÖZET

### VAKUMLU KOŞU BANDINDA YAPILAN YÜRÜYÜŞÜN KAS OKSİJENASYONUNA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Bu araştırma, vakumlu ve normal koşu bandında yürüyüş sırasında kas oksijenasyonu ( $SmO_2$ ) farklılıklarını inceleyerek, vakumlu koşu bandının kas oksijenasyonu üzerindeki etkilerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında katılımcılar, maksimum kalp hızının %65-75 aralığında olacak şekilde orta şiddetli bir egzersiz programına tabi tutulmuş ve her iki koşulda 30 dakika süreyle yürütülmüştür. Araştırmaya, yaşları 18 ile 30 arasında değişen toplam 34 sağlıklı kadın dahil edilmiştir. Katılımcıların quadriceps femoris kası üzerine, kas oksijen monitörü yerleştirilmiş ve  $SmO_2$  değerleri ölçülmüştür. Aynı zamanda katılımcıların kalp hızı, kan basıncı, algılanan zorluk derecesi, solunum frekansı, oksijen saturasyonu, deri altı yağ kalınlığı ve Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi sonuçları değerlendirmeye alınmıştır. Bu ölçümler sonucunda vakumlu ve vakumsuz yürümede vital bulgular egzersizin normal fizyolojik değişimlerine uyumlu olarak değişiklik göstermiştir. İstirahat döneminde vakumlu ve vakumsuz yürüyüş öncesinde  $SmO_2$  ve total hemoglobin (THb) değerleri arasında anlamlı fark olmadığını ( $p>0,05$ ), ancak yürüyüş sırasında ( $p<0,001$ ) ve toparlanma döneminde ( $p=0,007$ ) vakumlu koşu bandında ölçülen değerlerin istatistiksel olarak anlamlı farklı olduğu belirlendi. Her iki durumda da istirahat ile yürüyüş, yürüyüş ile toparlanma ve istirahat ile toparlanma dönemlerindeki ortalama  $SmO_2$  değerleri arasında da anlamlı farklılıklar olduğu görüldü ( $p<0,001$ ). Vakumlu ve vakumsuz yürüyüşte fazlar arasındaki geçişlerde (istirahat-yürüme-toparlanma fazları) delta ( $\Delta$ ) değerleri arasında benzer değişimler görülmüştür ( $p>0,05$ ). Bu durum, her iki yürüyüş türünde kan dolaşımının doğru orantılı şekilde arttığını göstermektedir. Sonuç olarak, vakumlu koşu bandının egzersiz sırasında ve sonrasında kas oksijenizasyonunu olumlu yönde etkilediğini ve bu etkinin, egzersiz fizyolojisi açısından önemli olabileceğini ortaya koymaktadır. Bu çalışma, vakumlu koşu bandının fizyolojik etkilerini anlamaya ve egzersiz protokollerine yeni bir perspektif kazandırmaya katkı sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** kas oksijenasyonu ( $SmO_2$ ), negatif basınç, vakumlu koşu bandı, yakın kızılötesi spektroskopisi (NIRS)

## **ABSTRACT**

### **THE EFFECT OF WALKING ON A VACUUM TREADMILL ON MUSCLE OXYGENATION**

This study aims to evaluate the effects of the vacuum treadmill on muscle oxygenation (SmO<sub>2</sub>) by examining differences during walking on a vacuum and normal treadmill. Participants underwent a moderate-intensity exercise program, maintaining a heart rate between 65-75% of their maximum heart rate, and walked for 30 minutes under both conditions. A total of 34 healthy women aged between 18 and 30 were included in the study. A muscle oxygen monitor was placed on the quadriceps femoris muscle to measure SmO<sub>2</sub> values. In addition, participants' heart rate, blood pressure, perceived exertion level, respiratory rate, oxygen saturation, subcutaneous fat thickness, and International Physical Activity Questionnaire results were evaluated. The measurements revealed that vital signs changed in accordance with the normal physiological changes of exercise under both vacuum and non-vacuum walking conditions. While there were no significant differences in SmO<sub>2</sub> and total hemoglobin (THb) values at rest prior to vacuum and non-vacuum walking ( $p>0.05$ ), the values measured during walking ( $p<0.001$ ) and recovery ( $p=0.007$ ) on the vacuum treadmill were statistically significantly different. In both conditions, significant differences were also observed between the average SmO<sub>2</sub> values during rest and walking, walking and recovery, and rest and recovery phases ( $p<0.001$ ). Similar changes were seen in the delta ( $\Delta$ ) values during transitions between phases (rest-walking-recovery phases) in both vacuum and non-vacuum walking conditions ( $p>0.05$ ). This indicates that blood circulation increased proportionally in both walking conditions. In conclusion, the vacuum treadmill positively affects muscle oxygenation during and after exercise, and this effect may be significant from an exercise physiology perspective. This study contributes to understanding the physiological effects of the vacuum treadmill and provides a new perspective for exercise protocols.

**Keywords:** muscle oxygenation (SmO<sub>2</sub>), negative pressure, vacuum treadmill, near infrared spectroscopy (NIRS)

## İÇİNDEKİLER

|                                                                              | Sayfa |
|------------------------------------------------------------------------------|-------|
| TEZ ONAYI .....                                                              |       |
| BEYAN.....                                                                   | i     |
| TEŞEKKÜR .....                                                               | ii    |
| ÖZET.....                                                                    | iii   |
| ABSTRACT .....                                                               | iv    |
| İÇİNDEKİLER .....                                                            | v     |
| TABLolar LİSTESİ.....                                                        | viii  |
| ŞEKİLLER LİSTESİ.....                                                        | ix    |
| KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....                                         | x     |
| 1. GİRİŞ .....                                                               | 1     |
| 2. GENEL BİLGİLER.....                                                       | 3     |
| 2.1. Oksijenasyon ve Aerobik Enerji .....                                    | 3     |
| 2.1.1. Oksijenasyon.....                                                     | 3     |
| 2.1.2. Oksijenin Kanda Taşınması .....                                       | 4     |
| 2.1.3. Oksijenin Dokulara Transferi.....                                     | 5     |
| 2.1.4. Egzersiz ve Oksijen Tüketimi.....                                     | 6     |
| 2.1.5. Maksimal Oksijen Tüketimi (VO <sub>2</sub> max ) .....                | 7     |
| 2.1.6. Aerobik Enerji Sistemi ve Aerobik Kapasite.....                       | 9     |
| 2.1.7. Kalp Atım Hızı ve Egzersiz.....                                       | 10    |
| 2.1.8. Aerobik Egzersiz Programının Şiddetinin Belirlenmesi.....             | 11    |
| 2.1.9. Aerobik Egzersiz Programının Süresinin Belirlenmesi.....              | 14    |
| 2.2. Yakın Kızılötesi Spektroskopisi (Near - Infrared Spectroscopy: NIRS)... | 15    |
| 2.2.1. Yakın Kızılötesi Spektroskopisi (Near - Infrared Spectroscopy: NIRS)  | 15    |



|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.2. NIRS Yöntemi ile Ölçülen Lokal Kas Oksijen Saturasyonu (SmO <sub>2</sub> (%)) | 18 |
| 2.2.3. Moxy Kas Oksijen Monitörü.....                                                | 18 |
| 2.2.4. İskelet Kası Fizyolojisini İncelemek için NIRS Uygulama Alanları.....         | 20 |
| 2.3. Kuadriceps Femoris Kasının Anatomisi.....                                       | 21 |
| 2.4. Vakumlu Yürüyüş – Koşu Bandı .....                                              | 23 |
| 3. GEREÇ VE YÖNTEM.....                                                              | 25 |
| 3.1. Araştırmanın Amacı ve Hipotez.....                                              | 25 |
| 3.2. Bireyler ve Etik Kurul.....                                                     | 25 |
| 3.3. Yöntem.....                                                                     | 26 |
| 3.3.1. Değerlendirme Protokolü .....                                                 | 26 |
| 3.3.2. Klinik Değerlendirme .....                                                    | 26 |
| 3.3.3. Veri Toplama Araçları.....                                                    | 28 |
| 3.3.4. İstatistiksel Değerlendirme.....                                              | 32 |
| 4. BULGULAR .....                                                                    | 34 |
| 5. TARTIŞMA .....                                                                    | 40 |
| 5.1. Limitasyonlar .....                                                             | 50 |
| 5.2. Çalışmanın Güçlü Yönleri .....                                                  | 51 |
| 6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....                                                            | 54 |
| 6.1. Öneriler.....                                                                   | 55 |
| 7. KAYNAKLAR .....                                                                   | 56 |
| 8. EKLER.....                                                                        | 62 |
| 8.1. EK 1: Etik Kurul Onayı.....                                                     | 62 |
| 8.2. Ek 2: Onam Formu.....                                                           | 63 |
| 8.3. EK 3: Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi.....                                | 66 |
| 8.4. EK 4: Değerlendirme Formu.....                                                  | 67 |
| 8.5. EK 5: Modifiye Borg Skalası .....                                               | 69 |

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| <b>ÖZGEÇMİŞ.....</b> | <b>70</b> |
|----------------------|-----------|



## TABLÖLAR LİSTESİ

|                                                                                                                                                                                                                                                             | Sayfa |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Tablo 4. 1.</b> Bireylerin Demografik ve Klinik Özellikleri .....                                                                                                                                                                                        | 34    |
| <b>Tablo 4.2.</b> Koşu Bandında Vakumlu ve Vakumsuz Yürüme Öncesinde, Sırasında ve Toparlanmada Vital Bulguların Karşılaştırılması .....                                                                                                                    | 35    |
| <b>Tablo 4. 3.</b> Koşu Bandında Vakumlu ve Vakumsuz Yürüme Öncesinde, Sırasında ve Toparlanmada SmO <sub>2</sub> ve THb Değerlerinin Karşılaştırılması .....                                                                                               | 37    |
| <b>Tablo 4. 4.</b> Vakumlu ve Vakumsuz Koşu Bandında Yürümede Farklı Fazlardaki (İstirahat-Test, Test-Toparlanma ve İstirahat-Toparlanma) Ortalama SmO <sub>2</sub> - THb Değerlerinin Kendi Aralarında ve Farklarının ( $\Delta$ ) Karşılaştırılması ..... | 39    |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

|                                                                                        | Sayfa |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 2.1. NIRS Cihazından Dokuya Yayılan Işık Diyagramı .....                         | 16    |
| Şekil 2.2. StO <sub>2</sub> : Mikrosirkülasyondaki Hemoglobin Oksijen Doygunluğu ..... | 17    |
| Şekil 2.3. Moxy Cihazı .....                                                           | 19    |
| Şekil 2.4. Moxy Işık Spektrum Aralığı .....                                            | 19    |
| Şekil 2.5. Oksijenlenmiş ve Oksijenlenmemiş Hemoglobinin Absorpsiyon Spektrumu .....   | 20    |
| Şekil 2.6. Kuadriseps Femoris Kasının Anatomik Gösterimi .....                         | 22    |
| Şekil 2.7. Kuadriseps Femoris Kasının Kan Dolaşımı .....                               | 23    |
| Resim 2.1. Vakumlu Yürüyüş-Koşu Bandı ve Neopren Etek .....                            | 24    |
| Resim 3.1. Vakumlu Yürüyüş .....                                                       | 28    |
| Resim 3.2. Vakumsuz Yürüyüş .....                                                      | 28    |
| Resim 3.3. Skinfold Kaliper ile Deri Altı Yağ Kalınlığı Ölçümü .....                   | 30    |
| Resim 3.4. Kan Basıncı Ölçümü .....                                                    | 31    |
| Resim 3.5. Oksijen Saturasyon Ölçümü .....                                             | 31    |
| Resim 3.6. Moxy ile Kas Oksijenasyon Ölçümü .....                                      | 32    |

## KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

### Kısaltmalar

**CCO:** Sitokrom-C Oksidaz

**CO:** Kardiyak Atım Miktarı

**CO<sub>2</sub>:** Karbondioksit

**DSÖ:** Dünya Sağlık Örgütü

**Hb:** Hemoglobin

**HbO<sub>2</sub>:** Oksihemoglobin

**KAH:** Kalp Atım Hızı

**MbO<sub>2</sub>:** Oksi-Miyoglobin

**MKH:** Maksimal Kalp Hızı

**NIRS:** Yakın Kızılötesi Spektroskopi

**O<sub>2</sub>:** Oksijen

**PaO<sub>2</sub>:** Parsiyel Oksijen Basıncı

**PvO<sub>2</sub>:** Venöz Kandaki Parsiyel Oksijen Basıncı

**RKH:** Rezerv Kalp Hızı

**RPE:** Algılanan Zorluk Derecesi

**SaO<sub>2</sub>:** Hemoglobinin Oksijenle Doygunluk Derecesi

**SmO<sub>2</sub>:** Kas Oksijenasyonu

**StO<sub>2</sub>:** Mikrosürkilasyondaki Hemoglobin Oksijen Doygunluğu

**THb:** Toplam Hemoglobin

**TOI:** Doku Oksijenasyon İndeksi

**VKİ:** Vücut Kitle İndeksi

**VL:** Vastus Lateralis

**VO<sub>2</sub>max:** Maksimal Oksijen Tüketimi

### Simgeler

**Δ:** iki değerin farkı

## 1. GİRİŞ

Aerobik kapasite, bireyin maksimal oksijen taşıma yeteneği, egzersiz sırasında oksijeni kaslara iletme becerisi ve kas dokusunun oksijeni kullanma kapasitesi ile doğrudan ilişkilidir (Nagle, 1973). Fiziksel aktivitelerin süresi 1-3 dakikayı aştığında ve daha uzun bir süre boyunca sürdürüldüğünde, aerobik enerji sistemi devreye girer. Bu enerji sistemi, vücudun oksijen kullanımını artıran ve oksijenin kaslara ulaştırılmasını sağlayan bir mekanizmadır. Aerobik yürüyüşler, bu sistemi aktif hale getirerek vücuda oksijen sağlamak ve oksijenin kullanım oranını yükseltmektedir. Kalp atım hızının maksimal seviyesinin %60 ile %90'ı arasında gerçekleştirilen uzun süreli yürüyüşler de aerobik egzersizler arasında yer almaktadır (Günay ve ark., 2006). Aerobik egzersizler; tempolu yürüyüş, koşu, bisiklet sürme, yüzmeye, dans etme, kürek çekme gibi birçok sportif etkinliği kapsamaktadır (Kozanoğlu, 2004). Bu tür egzersizler, kardiyovasküler sağlığı iyileştirmekte ve vücudun genel oksijen kullanım kapasitesini arttırmaktadır.

Vakumlu koşu bandı, aerobik egzersiz imkânı sunan ve son dönemde hızlı kilo verme amacıyla popülerleşmiş bir cihazdır. Bu cihaz, neopren bir eteğin büst kısmından altına kadar giyilmesiyle, vakum etkisi yaratan bir plastik kapsül içerisine yerleştirilmiş bir koşu bandından oluşmaktadır. Vakum programı başlatıldığında, güçlü bir vakum motoru, koşu bandı ve odadaki havayı dışarıya pompalar, bu sayede negatif vakum direnci adı verilen düşük atmosferik basınç ortamı yaratılır. Bu düşük basınçlı ortamda, kişinin yürümesi veya koşması zorlaşır, çünkü vakum etkisiyle havadaki direnç artar. Bu süreç, cilt ve yağ dokusuna çekilen kan miktarını artırarak, daha iyi bir kan akışı sağlanmasına olanak tanır. Bunun sonucunda, metabolizma hızının artması ve potansiyel olarak daha verimli bir yağ yakımı sağlanabilir. Ancak, vakumlu koşu bandı cihazının kas-oksijen metabolizması üzerindeki etkilerine dair kapsamlı ve detaylı araştırmalara literatürde rastlanmamaktadır. Bu durum, cihazın etkinliğinin tam olarak anlaşılabilmesi için daha fazla bilimsel çalışmaya ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

Kas altındaki kılcal damarlarda bölgesel oksijen satürasyonu ( $SmO_2$ ) ve toplam hemoglobin (THb) miktarını ölçen cihaz, kas oksijen monitörü olarak bilinir. Bu cihaz, yakın kızılötesi spektroskopisi (NIRS) teknolojisini kullanarak, deri üzerine non-invaziv bir şekilde yerleştirilir ve böylece kaslardaki kan akışını, egzersiz ve dinlenme

sırasındaki venöz oksijen saturasyonunu ölçmek için onaylanmış bir araçtır (Mancini ve ark., 1994). Kaslara ulaştırılan ve kasta tüketilen oksijenle ilgili bölgesel farklılıkların belirlenmesini sağlayan kas oksijen monitörü, iskelet kasına taşınan oksijenin fizyolojik süreçlerini araştırmak için geçerli ve güvenilir veriler sunmaktadır (Quaresima ve Ferrari, 2002; Boushel ve ark., 2001). NIRS teknolojisi, fotonları invaziv olmayan bir yöntemle kasa iletmek amacıyla 700-900 nm arasındaki farklı dalga boylarına sahip yakın kızılötesi ışık kullanır. Fotonların absorpsiyon hızı, oksijenli ve oksijensiz kromoforlar için farklı olduğundan, bu fotonlar, alıcı fotodetektörler tarafından ayırt edilebilir (Barstow, 2019). NIRS'ın en önemli avantajlarından biri, sağlıklı ve hastalıklı bireylerde egzersiz sırasında oksijen arz ve talebini dinamik olarak izleyebilmesidir. Bu özellik, kaslardaki oksijen kullanımını ve taşınmasını anlık olarak değerlendirerek, hem performans ölçümlerinde hem de klinik rehabilitasyon süreçlerinde önemli veriler sağlamaktadır (Grassi ve Quaresima, 2016).

Literatürde, aerobik kapasite, kas içi oksijen saturasyonu, yürüyüş ve koşma egzersizleri üzerine çeşitli çalışmalar mevcut olmakla birlikte, vakumlu koşu bandı üzerine yapılmış herhangi bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bu bağlamda, vakumlu ve vakumsuz koşu bandı sistemlerinin karşılaştırılması, yeni gelişen vakumlu koşu bandı cihazının potansiyel faydalarının daha iyi anlaşılmasına ve literatüre kazandırılmasına olanak sağlayacaktır. Bu tür karşılaştırmalı çalışmalar, vakumlu koşu bandının fiziksel performans üzerindeki etkilerini, metabolizma hızını ve kardiyovasküler yanıtları daha ayrıntılı bir şekilde incelemeye yardımcı olabilir.

Bu çalışmanın amacı, vakumlu koşu bandında yapılan yürüyüş ile normal koşu bandında yapılan yürüyüş sırasındaki kuadriseps femoris kasının oksijenasyonundaki farklılıkları inceleyerek, vakumlu koşu bandının kaslar üzerindeki etkilerini araştırmaktır. Bu amaç doğrultusunda, her iki koşu bandında da yürüyüş egzersizleri sırasında kas oksijenasyonu, kas içi oksijen saturasyonu ( $SmO_2$ ) gibi parametreler analiz edilecek ve vakumlu koşu bandının, kas oksijen kullanımını ve oksijen taşınmasını nasıl etkilediği değerlendirilecektir. Elde edilecek bulgular, vakumlu koşu bandının potansiyel avantajlarını ve bu tür cihazların egzersiz terapisi ile kas sağlığı üzerindeki etkilerini daha iyi anlamamıza katkı sağlayacaktır.

Çalışmadaki hipotezlerimiz şunlardır:

$H_0$ : Vakumlu koşu bandı normal koşu bandına göre kas oksijenasyonunu artırmaktadır.

$H_1$ : Vakumlu koşu bandı normal koşu bandına benzer sonuçlar vermektedir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Oksijenasyon ve Aerobik Enerji

#### 2.1.1. Oksijenasyon

Aerobik metabolizma, enerji üretiminde temel bir mekanizma olup, bu süreç oksijen ( $O_2$ ) varlığına bağlıdır. Aerobik metabolizma sayesinde bir molekül glikozdan 38 ATP molekülü üretilirken, oksijen yetersizliği durumunda devreye giren anaerobik metabolizmada yalnızca 2 ATP üretilmektedir. Bu durum, oksijenin dokular ve hücresel fonksiyonlar için hayati bir öneme sahip olduğunu açıkça ortaya koymaktadır (Koçoğlu, 2006). Dokularda oksijen depolama kapasitesi bulunmadığından, organizmanın yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmesi için atmosferden alınan oksijenin kesintisiz bir şekilde dokulara ulaştırılması gereklidir. Bu süreç, solunum sistemi ile kardiyovasküler sistemin koordineli çalışmasıyla sağlanır (Acıcan, 2003).

Oksijenin dokulara taşınması, bir dizi karmaşık ve birbirine bağlı aşamadan oluşur:

1. Oksijenin Atmosferden Alınması: Solunum yoluyla akciğerlere alınan hava, oksijenin ilk kaynağıdır.
2. Oksijenin Alveollerden Kana Geçişi: Akciğer alveollerindeki difüzyon sayesinde oksijen, kan dolaşımına geçer.
3. Oksijenin Kan Yoluyla Taşınması: Kan dolaşımında oksijen, hemoglobine bağlanarak dokulara taşınır.
4. Oksijenin Dokulara Ulaştırılması: Kan yoluyla taşınan oksijen, hücrelerin enerji ihtiyacını karşılamak üzere dokulara iletilir.
5. Oksijenin Hücrelere Difüzyonu: Son aşamada oksijen, hücre membranlarını geçerek hücresel enerji üretimi için mitokondrilere ulaşır.

Bu aşamaların her biri, oksijenin etkin kullanımını ve hücresel enerji üretiminin sürekliliğini sağlamak açısından kritik öneme sahiptir. Hücresel düzeyde enerji üretiminin sürdürülebilirliği, yalnızca oksijenin doğru bir şekilde taşınması ve kullanılması ile mümkün olmaktadır. Bu süreçte herhangi bir aksama, dokuların oksijenlenme kapasitesini olumsuz etkileyerek enerji metabolizmasında aksamalara yol açabilir.

Oksijen, atmosferden başlayarak dokulara kadar uzanan yolculuğunu, parsiyel basınç farklarının etkisiyle gerçekleştirir. Atmosferdeki oksijen parsiyel basıncı



(PaO<sub>2</sub>) 159 mmHg gibi yüksek bir değere sahipken, bu değer solunum sistemindeki farklı bölgelere ilerledikçe kademeli olarak azalır. Trakeada oksijen parsiyel basıncı 149,5 mmHg'ye, alveollerde 109,6 mmHg'ye, periferik dokularda ise 25 mmHg'ye kadar düşer. Arteriyel kandaki oksijen parsiyel basıncı (PaO<sub>2</sub>) yaklaşık 95 mmHg iken, venöz kandaki parsiyel basınç (PvO<sub>2</sub>) ise 40 mmHg civarındadır (Acıcan, 2003). Bu basınç farkları, oksijenin alveollerden kana ve oradan da dokulara doğru sürekli bir akışını sağlar. Alveol ile kapiller arasındaki oksijen geçişi, difüzyon prensibine dayanır ve oksijenin alveolar basıncının arteriyel kandaki basınca göre daha yüksek olması sayesinde gerçekleşir. Bu durum, oksijenin akciğerlerden sistemik dolaşıma verimli bir şekilde taşınmasını mümkün kılar.

### **2.1.2. Oksijenin Kanda Taşınması**

Kandaki oksijenin büyük bir kısmı, eritrositlerde bulunan hemoglobin (Hb) molekülüne bağlı olarak taşınır. Hemoglobin, toplam oksijen taşıma kapasitesinin yaklaşık %98'ini üstlenirken, kalan %2'lik kısmı plazmada fiziksel olarak çözünmüş halde bulunur (Hole, 1990). Plazmada çözünmüş oksijen (O<sub>2</sub>), kimyasal bir bağ oluşturmaz ve sadece fiziksel bir solüsyon formunda taşınır. Ancak, oksijenin plazmadaki çözünürlüğünün oldukça düşük olması, bu taşıma yolunun dokulara yeterli miktarda oksijen sağlama kapasitesini sınırlamaktadır.

Dinlenme durumunda, bir insanın toplam oksijen ihtiyacı yaklaşık 250-300 ml'dir. Bu ihtiyacın yalnızca %3-4'ü plazmada çözünmüş O<sub>2</sub> tarafından karşılanabilirken, maksimum egzersiz sırasında bu oran %2'ye kadar düşmektedir (Astrand ve Rodahl, 1986; Fox ve ark., 1993). Sonuç olarak, plazmada çözünmüş oksijen, taşınan toplam oksijenin yalnızca küçük bir kısmını oluşturmaya rağmen, sistemdeki oksijen dengesinin korunmasında önemli bir tamamlayıcı rol oynamaktadır.

Kandaki oksijenin yaklaşık %98'i hemoglobine (Hb) bağlı olarak taşındığından, kanın oksijen taşıma kapasitesi büyük ölçüde hemoglobin miktarına bağlıdır. Normal şartlarda, erkeklerde her 100 ml kanda 14-18 g, kadınlarda ise 12-16 g hemoglobin bulunur. Ortalama bir değer kullanılarak hesaplama yapılacak olursa, her iki cinsiyet için bu miktar genellikle 15 g olarak varsayılmaktadır. Hemoglobin, eritrositlerde bulunan, heme grubu (demir) ve globin (protein zinciri) olmak üzere iki ana bileşenden oluşan kompleks bir moleküldür.

### Hemoglobinin Yapısı ve Oksijen Taşıma Kapasitesi:

Heme Grubu ve Oksijen Bağlanması: Hemoglobinin oksijene duyarlılığını belirleyen ana unsur, molekülün heme kısmında bulunan demirdir. Bir Hb molekülü, dört heme grubuna sahip olup, her biri bir oksijen ( $O_2$ ) molekülü ile kimyasal olarak bağlanabilir. Dolayısıyla bir Hb molekülü maksimum dört  $O_2$  molekülü taşıyabilir.

Oksijen Bağlama Kapasitesi: Bir gram hemoglobin, 1,34 ml oksijen bağlayabilir. 100 ml kanda ortalama 15 g hemoglobin bulunduğu varsayılırsa, 100 ml kanda taşınabilecek toplam oksijen miktarı yaklaşık 20,1 ml olacaktır ( $15 \times 1,34 = 20,1$  ml).

### Hemoglobinin Farklı Formları:

Oksihemoglobin ( $HbO_2$ ): Oksijen ile birleşmiş hemoglobine verilen isimdir ve oksijenin taşınmasında aktif rol oynar.

Deoksihemoglobin: Oksijenden ayrılmış hemoglobin formudur ve oksijeni dokulara bıraktıktan sonra bu formu alır (McArdle ve ark., 2006; Wilmore ve Costil, 2004).

### 2.1.3. Oksijenin Dokulara Transferi

Oksijenin ( $O_2$ ) dokulara transferi ve dokular tarafından alınması, üç temel değişkene bağlıdır (Wilmore ve Costil, 2004):

1. Kandaki Oksijen Miktarı: Kandaki hemoglobin (Hb) ve hemoglobine bağlı  $O_2$  doygunluğu, dokulara taşınabilecek oksijen miktarını doğrudan etkiler. Normal koşullarda, Hb'nin yaklaşık %98'i  $O_2$  ile doymuştur ve bu durum oksijen taşıma kapasitesinin maksimum düzeyde olduğunu gösterir.
2. Kan Akış Miktarı: Dokuya ulaşan kan miktarı, taşınan oksijen miktarını belirler. Egzersiz sırasında, kan akışında meydana gelen artış, aktif kaslara daha fazla oksijen iletilmesini sağlar.
3. Bölgesel Faktörler: Dokuya özgü fizyolojik değişiklikler, oksijen transferini etkileyebilir. Örneğin, egzersiz sırasında artan kas metabolizması ve buna bağlı olarak gelişen lokal değişiklikler, oksijen kullanımını artırır.

### Egzersiz Sırasında Oksijen Transferinin Düzenlenmesi:

Egzersiz sırasında aktif kaslarda artan oksijen talebini karşılamak için yukarıdaki değişkenler hızla uyum sağlar. Kandaki oksijen taşıma kapasitesinde

herhangi bir azalma, dokulara sağlanan ve dokular tarafından alınan oksijen miktarını olumsuz yönde etkileyebilir.

- Kan Akışında Artış: Egzersiz sırasında kalp debisindeki yükselme ve kaslara yönlendirilen kan akışının artışı, daha fazla oksijenin aktif kaslara ulaşmasını sağlar.
- Bölgesel Değişiklikler: Egzersizle birlikte kas sıcaklığı artar ve lokal CO<sub>2</sub> konsantrasyonu yükselir. Bu durum, hemoglobin moleküllerinden daha fazla O<sub>2</sub>'nin serbest kalmasına neden olur (Bohr etkisi). Böylece, kaslara iletilen oksijenin kullanımı optimize edilir (Astrand ve Rodahl, 1986; Wilmore ve Costil, 2004).

Sonuç olarak, egzersiz sırasında dokulara ulaşan oksijen miktarı ve dokular tarafından oksijenin alınması, hem dolaşım hem de lokal faktörlerin etkisiyle dinamik bir şekilde düzenlenir. Bu süreçler, oksijenin enerji metabolizması için etkili bir şekilde kullanılmasını sağlayarak egzersiz performansını destekler.

#### **2.1.4. Egzersiz ve Oksijen Tüketimi**

Egzersiz sırasında, kasların artan oksijen tüketimini karşılamak amacıyla organizmaya alınan oksijen miktarı artar. Bu durumda, bireyin oksijen tüketimi ile paralel olarak solunum dakika hacmi de yükselir. Egzersizle birlikte hem soluk hacmi (tidal volüm) hem de solunum frekansı artar, bu da ventilasyonun (solunum dakika volümü) belirgin şekilde yükselmesine yol açar. Egzersiz öncesinde, ventilasyonda küçük bir artış gözlemlenebilir. Bu artış, serebral korteksten gelen sinyallerle ilişkili olup, organizmayı egzersize hazırlayan bir adaptif mekanizmadır. Egzersiz başladıktan hemen sonra, eklem reseptörlerinden gelen uyarılar sayesinde ventilasyonda hızlı bir artış gözlenir.

Egzersiz Sırasında Ventilasyonun Dinamiği:

- Submaksimal Egzersiz: Maksimum kapasitenin altında yapılan egzersizlerde, ventilasyon başlangıçtaki hızlı artışın ardından daha yavaş bir hızda yükselmeye devam eder ve belirli bir denge noktasına ulaşır. Bu denge, oksijen alımı ile kasların metabolik ihtiyacının uyumlu hale geldiği noktayı temsil eder.
- Maksimal Egzersiz: Maksimal seviyede yapılan egzersizlerde ise ventilasyon artışı sürekli bir şekilde devam eder. Bu durum, kasların artan oksijen ihtiyacını karşılamak ve artan karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) miktarını elimine etmek için gereklidir.

#### Egzersiz Sonrası Ventilasyonun Toparlanması:

- Submaksimal Egzersiz: Bu tür egzersizlerin ardından ventilasyon, ani bir düşüş gösterir ve kısa sürede dinlenme seviyelerine ulaşır.
- Maksimal Egzersiz: Maksimal egzersizlerin ardından ventilasyonun toparlanması daha uzun sürer. Bu süreçte ventilasyon, öncelikle kaslardaki laktik asidin tamponlanması ve CO<sub>2</sub> üretiminin azalması gibi metabolik faktörlere bağlı olarak yavaş bir şekilde azalır.

Egzersiz bitiminden sonra ventilasyonun dinlenme seviyelerine dönme hızı, egzersizin şiddeti, süresi ve bireylerin fizyolojik özelliklerine bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Açıkada ve Ergen, 1990).

Dinlenme ve egzersiz sırasında solunum sistemi ve kardiyovasküler sistem, organizmanın oksijen ihtiyacını karşılamak ve metabolik yan ürünleri uzaklaştırmak için dinamik değişiklikler gösterir. Bu değişiklikler, ventilasyon ve kardiyak output (kalp debisi) gibi fizyolojik parametrelerde belirgin artışlarla kendini gösterir. Dinlenme durumunda dakikadaki solunum hacmi genellikle 6-8 litre arasında değişir. Ancak, maksimal egzersiz sırasında bu değer artarak 160-180 litre/dakika düzeylerine ulaşabilir. Benzer şekilde, solunum frekansı istirahatte 12-15 kez/dakika iken, maksimal egzersiz sırasında 40-50 kez/dakika seviyelerine yükselir. Solunum hacmi (tidal volüm) başlangıçta bireyin vital kapasitesinin yalnızca %10'u kadar bir düzeye sahiptir. Ancak maksimal egzersiz esnasında bu oran yaklaşık olarak %50'ye ulaşır ve akciğerlerin ventilasyon kapasitesi etkin bir şekilde kullanılır. Dinlenme sırasında kalp debisi yaklaşık 5-6 litre/dakika düzeyindedir. Maksimal egzersiz sırasında bu değer, kalbin dakikada pompaladığı kan miktarındaki artışa bağlı olarak 25-30 litre/dakikaya kadar çıkar. Ventilasyon ve kardiyak output oranı, dinlenme sırasında 1 seviyesindeyken, maksimal egzersizle birlikte bu oran 6'ya kadar yükselebilir (Günay, 1998). Bu fizyolojik uyumlar, bireyin aerobik kapasitesine, egzersiz alışkanlıklarına ve genel sağlık durumuna bağlı olarak değişiklik gösterebilir.

#### 2.1.5. Maksimal Oksijen Tüketimi (VO<sub>2</sub>max )

Maksimal oksijen tüketimi (VO<sub>2</sub>max), büyük kas gruplarının aktif olduğu ve egzersiz şiddetinin kademeli olarak artırıldığı bir fiziksel aktivite sırasında, bireyin kullanabileceği en yüksek oksijen miktarını ifade eder (Joyner, 1993). Bu kavram, aynı zamanda maksimal aerobik güç veya maksimal aerobik metabolizma olarak da

adlandırılmaktadır.  $VO_2\text{max}$ , bireyin aerobik kapasitesini ve kardiyorespiratuar dayanıklılığını değerlendiren en önemli parametrelerden biridir.

Egzersiz sırasında, harcanan oksijen miktarı, egzersiz yoğunluğuna bağlı olarak doğrusal bir şekilde artar. Ancak, belirli bir yoğunluğa ulaşıldığında, oksijen tüketimi artık artmaz ve bir denge noktasına ulaşır. Bu noktada, iş yükü artsa dahi oksijen tüketimi sabit kalır. Bu sabit oksijen tüketim seviyesi, bireyin  $VO_2\text{max}$  değeri olarak bilinir ve aerobik metabolizmanın maksimum kapasitesini temsil eder (Astrand ve Rodahl, 1986).

$VO_2\text{max}$  değeri, bireyin fiziksel dayanıklılığını ve enerji üretim sistemlerinin kapasitesini yansıtır. Bir kişinin  $VO_2\text{max}$  değeri ne kadar yüksekse, yani birim zaman başına ne kadar fazla  $O_2$  kullanabiliyorsa, bu kişinin aerobik kapasitesinin o kadar yüksek olduğu anlamına gelir. Yüksek aerobik kapasite, fiziksel performansı artırır ve dayanıklılık gerektiren egzersizlerde üstünlük sağlar.

$VO_2\text{max}$ 'ı Etkileyen Faktörler:

1. Kalıtım:
  - Fibril tipi (hızlı veya yavaş kasılma lifleri)
  - Aerobik enzim aktivitesi
  - Kalbin boyutları ve pompalama kapasitesi
  - Kapiller yoğunluk (kas dokusunda oksijen taşıma kapasitesi)
  - Mitokondri yoğunluğu (hücrel enerji üretim kapasitesi)
2. Yaş:  $VO_2\text{max}$ , yaş ilerledikçe azalır; bu azalma, sedanter bireylerde daha hızlıdır.
3. Cinsiyet: Kadınların  $VO_2\text{max}$  değerleri erkeklere göre daha düşüktür, bu durum genetik, hormonal ve fizyolojik farklılıklara bağlanır.
4. Antrenman: Düzenli ve yoğun aerobik egzersiz,  $VO_2\text{max}$  değerini artırabilir.
5. Yaşam Şekli:
  - Aktif yaşam tarzına sahip bireylerde  $VO_2\text{max}$  daha yüksektir.
  - Sedanter bireylerde  $VO_2\text{max}$  düşüklüğü yaygındır.
6. Yükselti: Yüksek irtifada düşük oksijen seviyeleri nedeniyle  $VO_2\text{max}$  azalır.
7. Çevre Şartları: Hava kirliliği, oksijen alımını etkileyerek  $VO_2\text{max}$  üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir.
8. Ergometre ve Protokoller: Kullanılan test yöntemleri,  $VO_2\text{max}$  ölçüm sonuçlarını etkileyebilir (Bompa, 1991; Astrand ve Rodahl, 1986).

$VO_2\text{max}$  değerinin önemli bir bölümü genetik faktörlerle belirlenir ve gelişimi büyük oranda (%80-85) kalıtsal unsurlara bağlıdır. Ancak antrenman ve çevresel etkiler,

VO<sub>2</sub>max üzerinde kısmi bir iyileştirme sağlayabilir; antrenmanlarla bu kapasitenin yaklaşık %15-20'lik kısmı geliştirilebilir (Bouchard ve ark., 1979).

### **2.1.6. Aerobik Enerji Sistemi ve Aerobik Kapasite**

Egzersiz sırasında kasların kasılması için gerekli olan ATP, üç farklı enerji sistemi tarafından sağlanmaktadır. Bu enerji sistemleri, yapılan aktivitenin şiddeti, süresi ve tipine göre değişiklik göstermektedir (McArdle ve ark., 2006; Foss ve ark., 1997).

1. ATP-CP (Fosfojen Sistem): Bu sistem, kısa süreli ve ani enerji gereksinimlerini karşılar. ATP ve kreatin fosfat (CP), kas hücrelerinde hızlıca kullanılabilir enerji sağlar. Bu sistem, yüksek şiddetli ve kısa süreli egzersizlerde, örneğin sprint gibi aktivitelerde devreye girer.
2. Glikolitik Enerji (Laktik Asit Sistemi): Orta şiddetli egzersizlerde aktif olan bu sistem, glikozun anaerobik (oksijensiz) olarak parçalanması yoluyla enerji üretir. Kısa süreli fakat yoğun aktivitelerde, örneğin 400 metre koşu gibi, glikolitik sistem devreye girer. Bu süreç, laktik asit birikimine yol açabilir, bu da kaslarda yorulmaya neden olur.
3. Aerobik Enerji: Uzun süreli ve düşük ila orta şiddetli egzersizlerde kullanılan bu sistem, oksijenin varlığında glikoz, yağ asitleri ve bazen proteinlerin oksidasyonu ile enerji üretir. Aerobik enerji sistemi, dayanıklılık gerektiren aktivitelerde, örneğin uzun mesafe koşu veya bisiklet sürme gibi egzersizlerde devreye girer ve kaslar için uzun süreli enerji sağlar.

Fiziksel aktivitenin süresi 1-3 dakikayı aştığında ve egzersiz uzun bir süre devam ettiğinde aerobik enerji sistemi devreye girmektedir. Aktivite anında harcanacak olan enerjiyi elde edebilmek için kullanılacak oksijenin kaslara iletilme kapasitesi aerobik güç veya aerobik kapasite olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle aerobik güç/kapasite, aktivite anında çalışan kaslar ve akciğerlerdeki oksidatif stres oluşumlarına bağlıdır.

Aerobik yürüme aktiviteleri, vücuda oksijen sağlayan ve oksijenin kullanım oranını yükselten egzersizlerdir. Maksimal kalp atım hızının %60-90 aralığında gerçekleştirilen uzun süreli yürüyüşler de aerobik egzersizler olarak kabul edilir (Günay ve ark., 2006).

Aerobik egzersiz; birincil enerji ihtiyacının oksijenle karşılandığı, hücrelere daha fazla kan iletilmesini amaçlayan ve kardiyopulmoner sistemin daha fazla çalışmasını destekleyen bir aktivite türüdür. Bu tür egzersizler, düşükten yükseğe farklı yoğunluklarda gerçekleştirilebilmektedir. Tempolu yürüyüş, koşu, bisiklet sürme, yüzme, dans etme, kürek çekme gibi birçok sportif aktivite, aerobik egzersizler arasında yer almaktadır (Kozanoğlu, 2004).

### **2.1.7. Kalp Atım Hızı ve Egzersiz**

Kalp atım hızı (KAH), kalbin bir dakikadaki vurum sayısını ifade eder ve dolaşım fonksiyonunun izlenmesinde önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir. KAH, medulla oblongata'daki kardiyak merkez tarafından düzenlenen ve sempatik ile parasempatik sinir sistemlerinin etkisi altında olan bir parametredir. Egzersiz sırasında KAH, yüklenme ve dinlenme durumlarını belirlemek için en güvenilir ve yaygın kullanılan ölçümdür. KAH'ın egzersize verdiği yanıt ve bu yanıtın adaptasyonu, egzersizin şiddeti ve süresiyle doğrudan ilişkilidir (Açıkada ve Ergen, 1990). Jahnsen (1989)'e göre egzersiz sırasında KAH, egzersizin şiddetini izlemek için bir standart olarak kullanılabilir çünkü KAH ile yüklenme şiddeti arasında doğrusal bir artış gözlemlenir. Bu durum, kalp atım hızının, egzersiz şiddetini doğru bir şekilde yansıttığını ve kardiyovasküler yanıtları izlemekte etkili bir yöntem sunduğunu göstermektedir.

Kalp atım sayısı egzersize başlamadan önce ya da egzersize başlar başlamaz dinlenik düzeyinin üstüne çıkar. Egzersiz süresince kalp atım hızındaki artış, egzersizin şiddetiyle paralel olarak yükselir ve bir platoya ulaşır. Bu platoya ulaşma süresi, egzersizin şiddeti arttıkça uzar. Antrenmanlı bireylerde, aynı egzersiz şiddetinde kalp atım hızı artışı, antrenmansız bireylere göre daha azdır. Egzersiz sonrasında kalp atım sayısının normale dönme süresi, kişinin kondisyon seviyesi ve egzersiz sırasında uygulanan iş yüküne bağlı olarak değişmektedir (Açıkada ve Ergen, 1990).

Antrenmansız bireylerde istirahat kalp atım hızı genellikle 70-80 atım/dakika arasında seyreder. Ancak dayanıklılık kapasitesi geliştikçe kalp atım hızı düzenli bir şekilde azalır. İyi antrenmanlı dayanıklılık sporcularında, örneğin bisiklet veya maraton koşucularında, istirahat kalp atım hızı dakikada 40-50 atıma kadar düşebilir. Egzersiz sırasında meydana gelen metabolik değişimlerin izlenmesinde en pratik

gösterge, kalp atım hızındaki değişimdir. Egzersizin başlaması ile KAH da artar. Hafif veya orta şiddetteki egzersizlerde, kalp atım hızı 30-60 saniye içinde sabit bir düzeye (steady state) ulaşır. Fakat egzersizin şiddeti yüksek ise KAH egzersizin sonuna kadar yükselmeye devam eder. Egzersiz tamamlandığında ise 2-3 dakika içinde düşer, fakat bu düşüşün hızı sporcunun aerobik kondisyonuna bağlı olarak değişebilir (Günay, 1998).

Literatürde, maksimum kalp atım hızını (KAHmax) belirlemek için birçok farklı formül bulunmaktadır. Bu formüller genellikle yaş, cinsiyet, kilo, antrenman durumu ve sağlık durumu gibi bireysel faktörleri dikkate alarak kalp atım hızını tahmin etmeye çalışmaktadır. Yaş, maksimum kalp atım hızını belirlemede genellikle en önemli parametre olarak kabul edilmekle birlikte, diğer faktörler de KAHmax değerini etkileyebilmektedir. Yapılan araştırmalarda en sık kullanılan ve genellikle tercih edilen KAHmax formülü aşağıda verilmiştir:

- $KAH_{max} = 220 - \text{Yaş}$  (Astrand ve Rodahl, 1986)

#### **2.1.8. Aerobik Egzersiz Programının Şiddetinin Belirlenmesi**

Aerobik egzersizler yoğunluklarına göre üç farklı kategoriye ayrılır: hafif, orta ve yüksek şiddetli egzersizler. Egzersiz şiddetinin belirlenmesi, bireyin fiziksel kapasitesine uygun bir egzersiz planlaması yapılabilmesi açısından oldukça önemlidir. Bu bağlamda, egzersiz şiddetini belirlemek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır.

a) Kalp hızı yöntemleri:

Egzersiz sırasında kalp hızı artışı, kardiyovasküler sistem üzerindeki yüklenmenin önemli bir göstergesi olarak değerlendirilir. Kalp hızı aynı zamanda, egzersiz esnasında artan oksijen tüketimini dolaylı yoldan ölçmeyi sağlayan bir parametredir. Egzersiz şiddetini belirlemek ve hedef kalp hızını tespit etmek amacıyla literatürde sıklıkla başvuru alan iki temel yöntem bulunmaktadır. Her iki yöntemin de ilk adımı, bireyin maksimal kalp hızının (MKH) hesaplanmasıdır. Maksimal kalp hızı genellikle aşağıdaki formül kullanılarak belirlenir:

$$MKH = 220 - \text{yaş} \text{ (Kurtaiş, 2016)}$$

Hedef kalp hızını belirlemede kullanılan yöntemler arasında en yaygın olanlar, Kurtaiş (2016) ve Ardıç (2015) tarafından açıklanmıştır.

1- Maksimal rezerv kalp hızı (Karvonen yöntemi): Bu yöntem, maksimal kalp hızı, istirahat kalp hızı ve belirlenen egzersiz yoğunluğu yüzdesine dayanarak hesaplanır.



Rezerv kalp hızı, maksimal kalp hızı ile istirahat kalp hızı arasındaki farkı ifade eder:

Rezerv kalp hızı (RKH) : Maksimal kalp hızı - İstirahat kalp hızı

Hedef kalp hızı aralığı, egzersiz sırasında kalp hızının ulaşması gereken güvenli ve etkili sınırları ifade eder. Bu aralık şu formülle hesaplanır:

Hedef kalp hızı aralığı : (Maks kalp hızı - İstirahat kalp hızı) x % yoğunluk + İstirahat kalp hızı

2- Maksimum kalp hızı yöntemi: Hedef kalp hızı basitçe maksimal kalp hızının yüzdesi olarak hesaplanır. MKH istenen yoğunluk yüzdesinin üst ve alt limitleriyle çarpılarak egzersiz sırasında sürdürülecek “hedef kalp hızı aralığı” bulunur.

Örneğin, 30 yaşındaki bir bireyin maksimal kalp hızı:

$$MKH = 220 - 30 = 190 \text{ atım/dakika}$$

Eğer birey, %50-70 yoğunlukta bir egzersiz yapacaksa, hedef kalp hızı aralığı şu şekilde hesaplanır:

$$\text{Alt Limit} = 190 \times 0.50 = 95 \text{ atım/dakika}$$

$$\text{Üst Limit} = 190 \times 0.70 = 133 \text{ atım/dakika}$$

Bu durumda, birey egzersiz sırasında kalp hızını 95 ile 133 atım/dakika arasında tutmalıdır. Bu yöntem, kolay uygulanabilir olması ve güvenilir sonuçlar sağlaması nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedir.

b) MET yöntemi:

Egzersiz yoğunluğunu belirlemek için kullanılan bir diğer yöntem ise MET (Metabolik Eşdeğer) Yöntemidir. MET, bir kişinin egzersiz sırasında veya istirahat halindeyken ne kadar oksijen tükettiğini ölçen bir birimdir. 1 MET, istirahat halindeki bir bireyin dakikada 3,5 ml oksijen tüketmesine eşdeğerdir. Bu değer, bir kişinin fiziksel aktiviteleri ve egzersizleri sırasında tükettiği oksijen miktarını karşılaştırmak için temel alınır. Egzersiz yoğunluğu, MET birimleriyle ifade edilerek belirlenebilir. Örneğin, 1 MET değeri, istirahat halindeyken tüketilen oksijen miktarını ifade ederken, 2 MET’lik bir aktivite, bireyin istirahat sırasında harcadığı oksijenin iki katı kadar oksijen tüketeceği anlamına gelir. Birçok farklı aktivitenin ve egzersiz testinin MET değerleri hesaplanmış olup, bu değerler kullanılarak egzersiz şiddeti belirlenebilir. Örneğin, düşük yoğunluklu bir aktivite (yavaş yürüyüş) yaklaşık olarak 2-3 MET değerine sahipken, orta yoğunluklu bir egzersiz (tempolu yürüyüş) 4-6 MET aralığında olabilir. Yüksek yoğunluklu aktiviteler ise 6 MET ve üzeri değerlere sahip olabilir.

Bireylerin egzersiz şiddeti, genellikle kardiyopulmoner egzersiz testleri (KPET) sırasında ulaştıkları maksimum MET değeri ile belirlenir. KPET, bireyin kardiyovasküler ve pulmoner sistemlerinin kapasitesini değerlendirmek için kullanılan bir testtir ve bu testin sonunda bireyin ulaştığı maksimum MET değeri, egzersiz şiddetinin ne düzeyde olması gerektiğini belirlemekte kullanılır. Bu yöntem, bireylerin aerobik kapasitelerini daha doğru bir şekilde ölçmeye ve egzersiz programlarının kişiye özel bir şekilde planlanmasına olanak tanır (Kurtaiş, 2016).

c) Algılanan zorluk derecesi-Rating of Perceived Exertion (RPE):

Egzersiz yoğunluğunu belirlemede kullanılan bir diğer önemli yöntem ise Borg Skalasıdır. Bu yöntem, bireyin egzersiz sırasında hissettiği yorgunluk seviyesini derecelendirerek, egzersiz toleransını izlemeye yardımcı olur. Yorgunluk derecesi, kişisel algıya dayalı olarak belirli bir skala üzerinden değerlendirilir ve bu, bireylerin egzersiz sırasında ne kadar zorlandıklarını anlamaya yönelik değerli bir göstergedir. Borg Skalası, 6'dan 20'ye kadar bir aralıkta yorgunluk hissini ifade eder. Bu skala, katılımcının hissettiği yorgunluk derecesini şu şekilde sıralar:

- 6: Hiçbir şey hissetmiyorum (istirahat)
- 7-8: Çok çok hafif (çok rahat)
- 9-10: Çok hafif (yorgun değil ama hafif bir uğraş var)
- 11-12: Hafif (kolay bir egzersiz, hafif terleme başlar)
- 13-14: Biraz zor (yorgunluk hissi artar)
- 15-16: Zor (güçlü bir çaba sarf ediliyor)
- 17-18: Çok zor (neredeyse tükenmiş hissi)
- 19: Çok çok zor (tükenme noktasına yakın)
- 20: Tam tükenme (yapılacak başka hiçbir şey kalmadı)

Bu skala, egzersiz sırasında bireyin hissettiği yorgunluk seviyesini, fizyolojik ve psikolojik durumunu göz önünde bulundurarak derecelendirir. Özellikle maksimal egzersiz testi sırasında, bireyin ulaştığı yorgunluk seviyesini izlemek ve ne zaman tükenme noktasına geldiğini belirlemek için kullanılır. Bu yöntem, egzersiz şiddetini izlemek ve doğru bir egzersiz planlaması yapmak adına faydalıdır, çünkü kişinin kendi algısına dayalı bir ölçüm sağlamaktadır (Ardıç, 2015).

### 2.1.9. Aerobik Egzersiz Programının Süresinin Belirlenmesi

Fiziksel aktivitenin tanımı ve değerlendirilmesi:

Dünya Sağlık Örgütü'ne (DSÖ) göre fiziksel aktivite, iskelet kasları tarafından üretilen ve enerji harcamasını gerektiren herhangi bir vücut hareketi olarak tanımlanmaktadır (WHO, 2024). Bu tanım, günlük yaşam aktivitelerinden yürüyüşe, bisiklete binmeden spora, aktif eğlence ve oyunlara kadar geniş bir yelpazede tüm hareket türlerini kapsamaktadır (Uzun, 2014; WHO, 2024). Fiziksel aktivite, bireylerin hem fiziksel hem de zihinsel sağlıklarını destekleyen önemli bir yaşam alışkanlığıdır.

Amerikan Spor Hekimliği Koleji (ACSM) ise fiziksel aktivitenin sağlık üzerindeki olumlu etkilerinden faydalanabilmek için, başlangıç seviyesinde orta-yüksek yoğunlukta en az 30 dakika süreyle günlük olarak gerçekleştirilmesini önermektedir (Colberg-Ochs ve ark., 2016). Bu süre, bireylerin fiziksel kapasitelerine bağlı olarak kademeli şekilde artırılabilir. Fiziksel aktivitenin düzenli şekilde değerlendirilmesi, bireylerin genel sağlık durumlarının izlenmesi ve uygun bir hareket planı geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Fiziksel aktivitenin günlük yaşam bağlamında doğru bir şekilde değerlendirilebilmesi için objektif, güvenilir ve uygulanabilir yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yöntemler, bireylerin normal yaşam rutinlerini kesintiye uğratmadan, rahatsızlık vermeyecek şekilde tasarlanmalı ve geniş popülasyonlarda yeterli süreyle uygulanabilir olmalıdır. Fiziksel aktivitenin değerlendirilmesi, bireylerin enerji harcamalarının ve hareket düzeylerinin bilimsel bir temele dayandırılması açısından kritik öneme sahiptir (Westerterp, 2009).

Fiziksel aktivitenin ölçümü ve değerlendirilmesi için literatürde çeşitli yöntemler önerilmektedir (Westerterp, 2009; Malina ve ark., 2004). Bu yöntemler şunlardır:

1. Direkt Gözlem: Katılımcıların fiziksel aktivitelerinin doğrudan izlenmesi ve kaydedilmesidir.
2. Anketler: Bireylerin kendi fiziksel aktivite düzeylerini raporladığı yapılandırılmış soru formlarıdır.
3. Görüşmeler: Araştırmacı ile katılımcı arasında fiziksel aktivite alışkanlıklarının tartışıldığı birebir görüşmelerdir.
4. Günlükler: Katılımcıların, günlük fiziksel aktivitelerini kaydettiği yazılı ya da dijital kayıtlardır.

5. Fotoğraf veya Video Yöntemi: Fiziksel aktivitelerin görsel olarak kaydedilip analiz edildiği yöntemlerdir.

6. Hareket Sensörleri: Bireylerin hareket düzeyini ölçmek için kullanılan pedometre gibi cihazlardır.

7. Akselerometre: Fiziksel aktivitenin frekansını, yoğunluğunu ve süresini ölçen daha ileri teknoloji cihazlardır.

Bu yöntemler, fiziksel aktivite düzeyinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilebilmesine olanak tanımaktadır. Ancak her yöntemin avantajları ve sınırlılıkları bulunduğu için, kullanım amacı ve hedef popülasyon göz önüne alınarak en uygun metodun seçilmesi gerekmektedir.

## **2.2. Yakın Kızılötesi Spektroskopisi (Near - Infrared Spectroscopy: NIRS)**

### **2.2.1. Yakın Kızılötesi Spektroskopisi (Near - Infrared Spectroscopy: NIRS)**

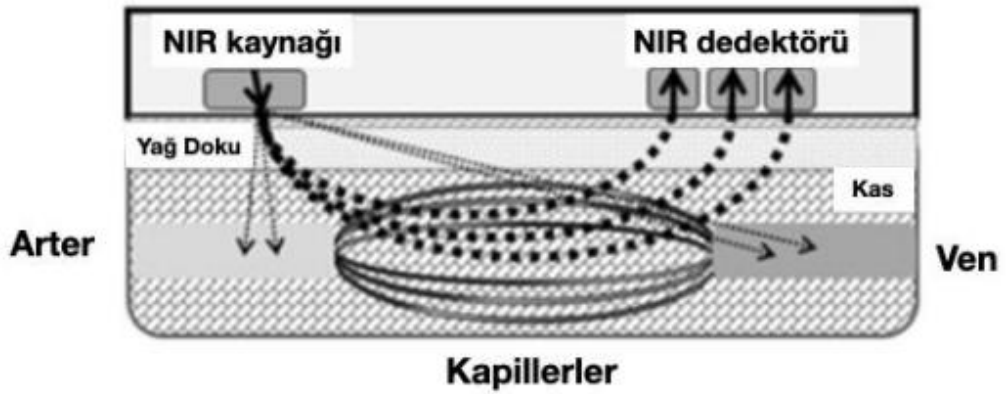
Yakın kızılötesi spektroskopi (NIRS), beyin ve diğer dokulardaki kan oksijenasyonu ile hemodinamik değişiklikleri değerlendirmek amacıyla kullanılan invaziv olmayan bir görüntüleme yöntemidir. Bu teknoloji, özellikle doku oksijenlenmesinin ve kan akışının izlenmesinde etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır.

NIRS, ilk olarak 1980'lerde tanımlanmış ve Ferrari ve arkadaşları (1985) tarafından bilimsel literatüre kazandırılmıştır. O zamandan bu yana, hem temel bilim araştırmalarında hem de klinik uygulamalarda yaygın bir şekilde kullanılan önemli bir yöntem haline gelmiştir. Özellikle nörolojik araştırmalar, spor bilimi, yoğun bakım ve cerrahi alanlarında, dokuların oksijen kullanımını ve metabolik aktivitelerini gerçek zamanlı olarak değerlendirme imkânı sunmaktadır.

Bu yöntemin en büyük avantajlarından biri, taşınabilirliği ve invaziv olmayan doğasıdır. Bu sayede, NIRS hem laboratuvar ortamında hem de klinik uygulamalarda rahatlıkla kullanılabilir. Ayrıca, beyin fonksiyonlarının izlenmesi ve perfüzyon bozukluklarının tespit edilmesinde önemli bir tamamlayıcı yöntem olarak değerlendirilmektedir.

Çalışma mekanizması, cilde yerleştirilen bir sensör aracılığıyla, kızılötesi spektrumdaki 700-850 nanometre dalga boylarındaki ışık fotonlarının dokulardan geçişi sırasında meydana gelen seçici geçirgenlik ve absorpsiyon özelliklerine

dayanmaktadır. Bu süreçte, ışık fotonları oksihemoglobin ( $\text{HbO}_2$ ), deoksihemoglobin (HHb), sitokrom-c oksidaz (CCO) ve miyoglobin gibi ışık emici kromoforlar tarafından seçici olarak emilir. NIRS, 2-3 cm derinlikteki dokulara nüfuz ederek bu bölgelerdeki kromofor molekülleri tarafından emilen ışığın miktarını ölçer. Bu sayede, ölçüm yapılan dokuların hücresel oksijenasyon ve metabolik durumuna ilişkin bilgi sağlar. Özellikle oksihemoglobin ve deoksihemoglobin seviyelerinin analizi, doku oksijenasyonunun dinamik takibi için temel bir veri sunmaktadır (Sood ve ark., 2015; Dilli ve ark., 2018; Elsayed ve Fraser, 2016; Alderliesten ve ark., 2016; Pellicer ve ark., 2013). (Şekil 2.1).



**Şekil 2.1.** NIRS Cihazından Dokuya Yayılan Işık Diyagramı (Willingham ve McCully, 2017)

Işığın dokudaki saçılımı ve emilimi mikrodolaşımdaki hemoglobine bağlı oksijen miktarından etkilenmektedir. NIRS cihazında ışık üreten diyotlar ve dokudan geri dönen ışığı absorbe eden sensörler bulunur. Büyük kan damarlarından geçen ışık normalde emilirken, sensöre ulaşan ışık ise normalde arteriol, kapiller ve venüller gibi küçük kan damarlarından gelir. Cihaz, dokudan geri dönen ve emilmeyen ışığı analiz ederek oksijenize hemoglobinin ( $\text{HbO}_2$ ) toplam hemoglobine oranını hesaplar. Bu oran, mikrodolaşımdaki hemoglobinin oksijen doygunluğunu ifade eden yüzde  $\text{StO}_2$  (doku oksijen saturasyonu) olarak sunulur (Marin ve Moore, 2011; Ferrari ve ark., 2004). (Şekil 2.2).



**Şekil 2.2.** StO<sub>2</sub>: Mikrosirkülasyondaki Hemoglobin Oksijen Doygunluğu (Cohn, 2007)

Near İnfrared Spektroskopi (NIRS) avantajları:

- Hızlı Ölçüm ve Sonuç Bildirimi:** NIRS cihazları, ölçüm verilerini hızlı bir şekilde işleyerek sonuçları kısa sürede raporlar. Bu durum, özellikle zamanın kritik olduğu klinik ortamlarda büyük bir avantaj sağlar.
- Hastaya Zarar Vermeme:** NIRS, invaziv bir yöntem olmadığı için ölçüm sırasında hastaya herhangi bir zarar vermez ve ağrısız bir süreç sunar.
- Doku Hasarı Oluşturmama:** Cihazın çalışma prensibi, dokulara zararlı bir etkisi olmayan düşük yoğunluklu ışık kullanımına dayanır. Bu sayede, uzun süreli uygulamalarda bile doku üzerinde herhangi bir hasar meydana gelmez.
- Kimyasal Madde Kullanımının Olmaması:** Ölçüm sırasında hiçbir kimyasal madde kullanılmaz. Bu, hem hasta güvenliği hem de çevresel etkiler açısından önemli bir avantajdır. Kimyasal madde atığı oluşmadığı için çevre dostu bir yöntem olarak kabul edilir.
- Düşük Maliyet ve Pratiklik:** NIRS cihazları, klasik laboratuvar analizlerinde olduğu gibi her ölçüm için özel ekipmanlara veya sarf malzemelere ihtiyaç duymaz. Ayrıca kullanılan sensörler tek kullanımlık değil, tekrar kullanılabilir özellikte olduğu için ekonomik bir çözüm sunar. Kullanım maliyeti, diğer yöntemlere kıyasla daha düşüktür.

Bu avantajlar, NIRS'in hem kullanıcılar hem de hastalar için tercih edilen bir yöntem olmasını sağlamaktadır.

### **2.2.2. NIRS Yöntemi ile Ölçülen Lokal Kas Oksijen Saturasyonu ( $SmO_2(\%)$ )**

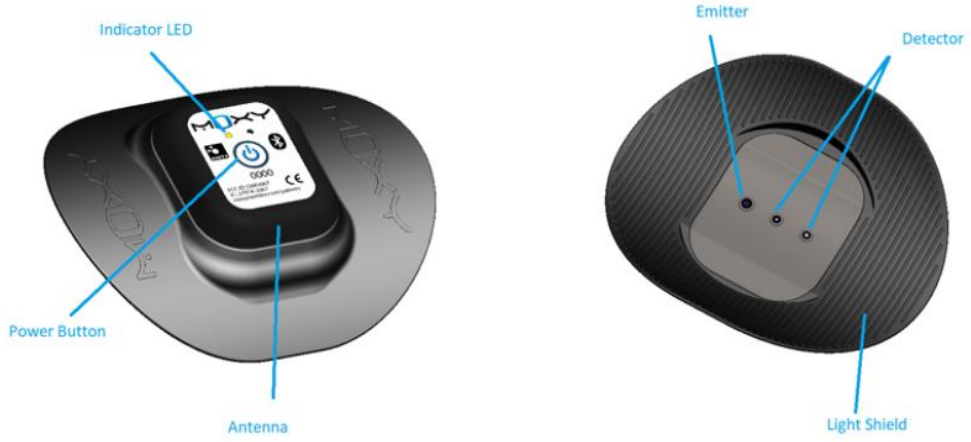
Near-infrared spectroscopy (NIRS), hemoglobin ve miyoglobin moleküllerinin oksijen doyumluğunu değerlendirerek lokal kas oksijen saturasyonu ( $SmO_2$ ) ölçümüne olanak tanır. Bu yöntem, vücudun diğer sistemlerinden bağımsız olarak, doğrudan ölçüm alanındaki kasların oksijenlenme durumunu analiz eder. NIRS, hem istirahat halinde hem de egzersiz sırasında kas oksijenasyonunu gerçek zamanlı olarak takip edebilmesi sayesinde dinamik fizyolojik süreçlerin değerlendirilmesinde önemli bir araçtır. Bu özellik, spor performansı değerlendirme, rehabilitasyon ve kas-iskelet sistemi hastalıklarının izlenmesi gibi uygulamalarda NIRS'in yaygın kullanılmasını sağlamaktadır (Wegrzynowska-Teodorczyk ve ark., 2018).

$SmO_2$ , oksijenli konsantrasyonun [oksi-hemoglobin ( $HbO_2$ ) + oksi-miyoglobin ( $MbO_2$ )] toplam konsantrasyona [ $(HbO_2 + \text{deoksi-hemoglobin (Hb)} + MbO_2 + \text{deoksi-miyoglobin (Mb)})$ ] oranını yüzde olarak ifade etmektedir. Sağlanan oksijen ile tüketilen oksijen arasındaki dinamik denge hakkında bilgi vermektedir. Buna rağmen yakın kızılötesi sinyallerin büyük kısmının hemoglobin tarafından sağlandığı, miyoglobinin katkısının ise ihmal edilebilir düzeyde olduğu kabul edilmektedir (Lucero ve ark., 2018).  $SmO_2$ , kullanılan cihazın markasına göre, doku saturasyon indeksi veya doku oksijenasyon indeksi (TOI) olarak adlandırılabilir (Niemeijer ve ark., 2017). NIRS,  $SmO_2$  ölçümüne ek olarak, iskelet kaslarının oksijen tüketimi ( $mVO_2$ ) ve egzersiz sonrası toparlanma hızını da değerlendirebilmektedir. Bu parametreler, kas liflerinin oksidatif kapasitesini belirlemek için önemli bilgiler sunmaktadır (Southern ve ark., 2014).

### **2.2.3. Moxy Kas Oksijen Monitörü**

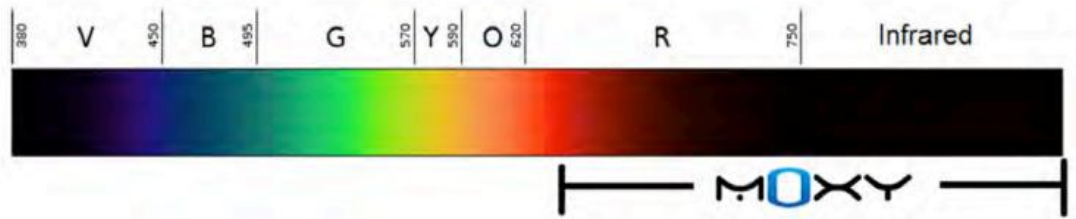
Son yıllarda, kas oksijen saturasyonunu ölçmek, giderek daha erişilebilir ve ekonomik bir teknoloji haline gelmiştir. Moxy kas oksijen monitörü, diğer NIRS cihazları ile karşılaştırıldığında, kas oksijenizasyonu ölçümleri açısından geçerliliği ve güvenilirliği kanıtlanmış bir cihaz olarak öne çıkmaktadır (Crum ve ark., 2017). Moxy cihazının, veri toplama ve telemetrik özelliklere sahip olması, onu yalnızca laboratuvar

ortamlarında değil, aynı zamanda saha tabanlı araştırmalar ve laboratuvar dışı uygulamalar için de uygun hale getirmektedir.



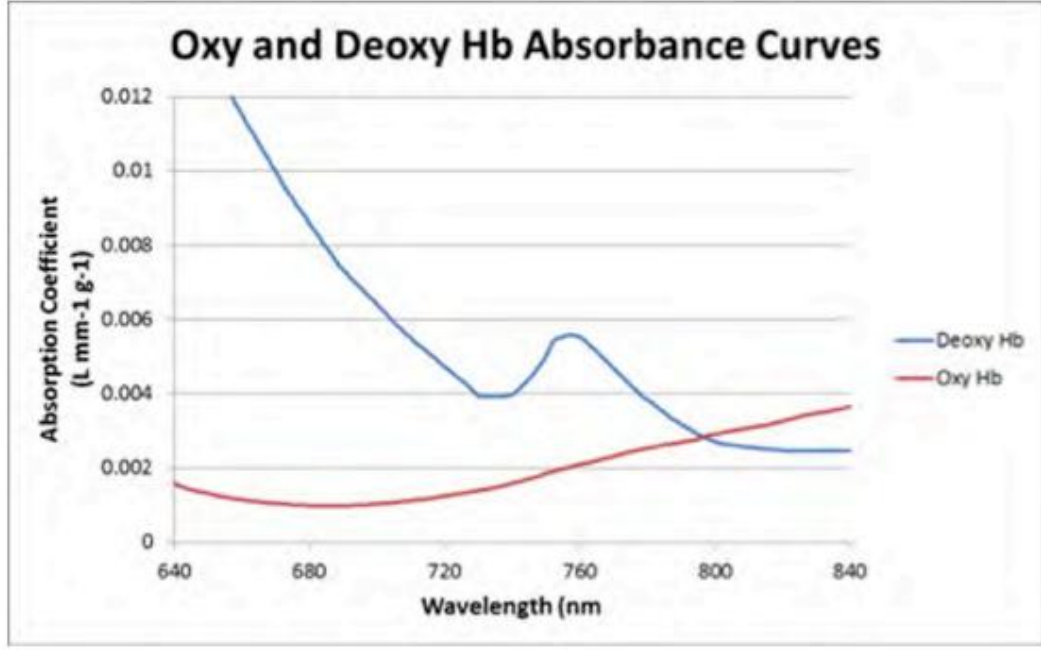
**Şekil 2.3.** Moxy Cihazı (Moxy Monitor, 2024)

Moxy kas oksijen monitörü, yakın kızılötesi spektroskopi (NIRS) ile non-invaziv şekilde deri üzerine yerleştirilerek kas altındaki kılcal damarlarda lokal oksijen saturasyonunu ( $SmO_2$ ) ve toplam hemoglobini (THb) ölçer, hafif (42 gr) ve küçük (boyutlar:  $61 \times 44 \times 21$  mm) bir cihazdır (Crum ve ark., 2017). Cihazın ölçüm yapabildiği maksimum deri altı yağ kalınlığı 12 mm'dir (Moxy monitor, 2024). Cihaz, toplam sekiz ölçüm için dağınık yansıma konfigürasyonunda dört dalga boyunda (680, 720, 760 ve 800 nm) bir yayıcıdan iki dedektöre ulaşan ışık miktarını ölçer. Cihaz dedektörleri emitörden 12,5 ve 25 mm aralıklarla yerleştirilmiştir. Varsayılan örnekleme hızı, her 2 saniyede bir 80 kez dört dalga boyu arasında geçiş yapar ve 0,5 Hz'lik bir çıkış hızı için okumaların ortalamasını alır (Feldmann ve ark., 2019).



**Şekil 2.4.** Moxy Işık Spektrum Aralığı (Moxy Monitor, 2014)





**Şekil 2.5.** Oksijenlenmiş Ve Oksijenlenmemiş Hemoglobinin Absorpsiyon Spektrumu (Moxy Monitor, 2014)

MOXY cihazı, vücut dokularındaki oksijen seviyelerini, hemoglobin ve myoglobin gibi oksijen taşıyan moleküllerin miktarını belirleyerek izler. Cihazın sağladığı veriler, genellikle dokuların oksijenlenme düzeylerini (TOI - Tissue Oxygenation Index) ve toplam hemoglobin düzeylerini ölçer. Tüm testler sırasındaki veriler, cihazın sensörün dahili hafızasından (2 Hz hızında) alınır ve ticari olarak satılan yazılım programları aracılığıyla kişisel bir bilgisayara aktarılır. Bu, verilerin grafiksel görüntüsünü oluşturur ve görsel olarak sunulabilmesini ve izlenebilmesini sağlar (McManus ve ark., 2018).

#### **2.2.4. İskelet Kası Fizyolojisini İncelemek için NIRS Uygulama Alanları**

2010 yılına kadar yapılan çalışmalar, NIRS teknolojisinin sınırlı sayıda iskelet kasında kullanıldığını göstermektedir. Yaklaşık 600 iskelet kası içinde sadece 20 kas üzerinde NIRS teknolojisi ile incelemeler yapılmıştır. Bu çalışmalar özellikle alt ekstremité, üst ekstremité ve gövde kaslarına odaklanmıştır.

Alt ekstremité kaslarında; çoğunlukla biceps femoris, gastrocnemius, rectus femoris, tibialis anterior, vastus lateralis ve vastus medialis kaslarını kapsamıştır. Bu kaslar üzerinde bisiklet, diz ekstansiyonu, bacak itiş egzersizleri (leg press), plantar

fleksiyon, koşu, squat ve wingate testi gibi çeşitli egzersizler sırasında ölçümler yapılmıştır.

Üst ekstremité kaslarında; biceps brachii, brachioradialis, deltoid, ön kol fleksörleri ve triceps brachii kaslarını kapsamıştır. Bu kasların NIRS ile incelendiği egzersizler arasında kol abdüksiyonu, bench press, bisiklet, dirsek fleksiyonu, el kavrama, kürek çekme ve wingate testi bulunmaktadır.

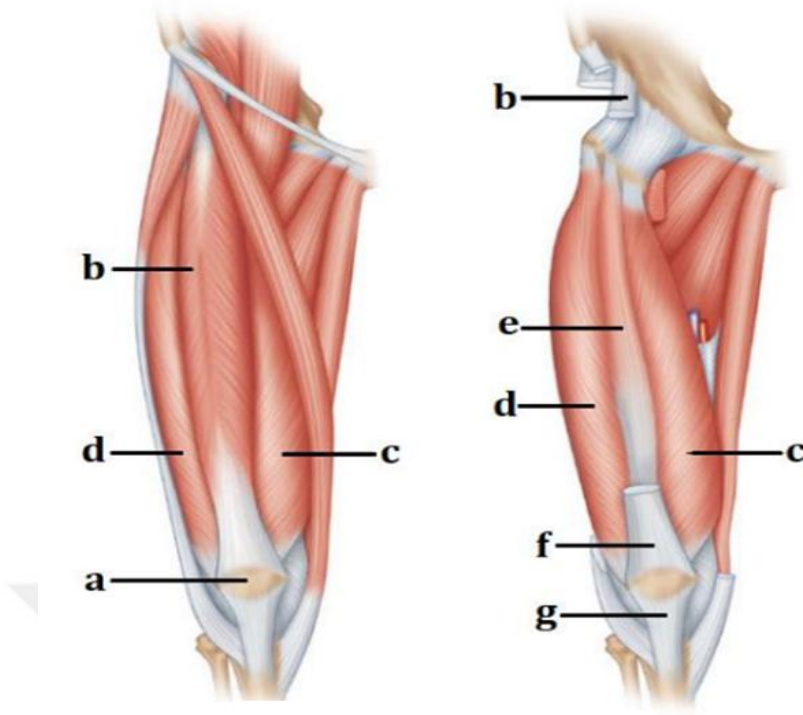
Gövde kaslarında; erector spinae, intercostal, multifidus, paravertebral ve serratus anterior kaslarını kapsamıştır. Bu kaslar üzerinde bisiklet, sırt ekstansiyonu ve gövde fleksiyonu sırasında ölçümler yapılmıştır (Ferrari ve ark., 2011).

### **2.3. Kuadriceps Femoris Kasının Anatomisi**

İnsan vücudunun en büyük, en hacimli ve en güçlü kas grubunu oluşturan kuadriseps femoris, diz eklemi patella ve patellar tendon aracılığıyla stabilize eden dinamik bir yapıdır. Kuadriseps femoris kasının işlevi dize ekstansiyon yaptırmak, kalça eklemde stabilizasyon sağlamak ve uyluk fleksiyonuna yardımcı olmaktır (Demirel ve Koşar, 2002; Kopydlowski ve ark., 2014; Bordoni ve Varacallo, 2023). Kasın tamamı diz ekstansiyonu yaptırırken, sadece m. rektus femoris parçası kalçaya fleksiyon yaptırır (Taner, 1998; Pasta ve ark., 2010).

Kuadriseps femoris kası; rektus femoris, vastus medialis, vastus lateralis ve vastus intermedius olmak üzere 4 parçadan oluşur. Kuadriseps femorisi oluşturan bu 4 parçanın tendonları uyluğun ön tarafında yer alır ve patellanın tabanına bağlanan tek bir güçlü tendon oluşturmak üzere birleşir (Demirel ve Koşar, 2002; Kopydlowski ve ark., 2014). Tendonun patella üzerinde yer alan kısmına kuadriseps femoris tendonu veya suprapatellar tendon denir. Tendonun en yüzeydeki lifleri ise kesintiye uğramadan patella boyunca devam ederek patellar ligamente katılır ve tuberositas tibia bölgesinde sonlanır (Bordoni ve Varacallo, 2023; Taner, 1998; Pasta ve ark., 2010).

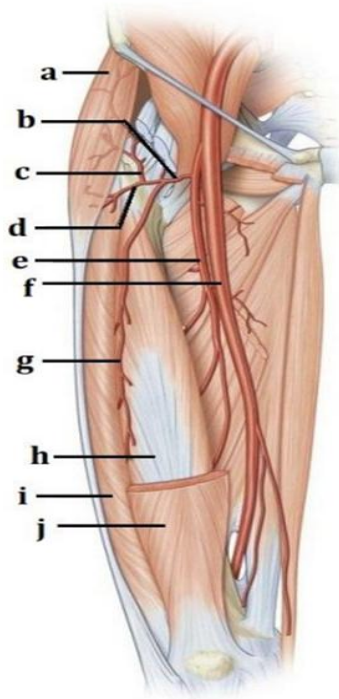
Vastus lateralis: Kuadriseps femoris kas grubunun en büyük bileşenini oluşturur ve anatomik olarak dizin anteriorunda femurun lateralinde konumlanmıştır. Bu kas, linea intertrokanterikanın üst dış yan bölgesinden, trokanter majorün ön kısmından ve linea asperanın labium lateralinin üst yarısından orijin alır. Distal ucu ise patellanın lateral kenarından geçerek kuadriseps femoris tendonuna bağlanır (Kopydlowski ve ark., 2014; Taner, 1998; Pasta ve ark., 2010). Kuadriseps femoris kasının anatomik görüntüsü Şekil 2.6'da sunulmuştur.



Kuadriseps femoris kasının anatomik gösterimi. Patella (a), rectus femoris (b), vastus medialis (c), vastus lateralis (d), vastus intermedius (e), kuadriseps femoris tendonu (f), patellar tendon (g).

**Şekil 2.6.** Kuadriseps Femoris Kasının Anatomik Gösterimi (Özcan, 2023)

Kuadriseps femoris kası, L2, L3 ve L4 spinal segmentlerinden kaynaklanan n. femoralis tarafından inerve edilmektedir (Demirel ve Koşar, 2002; Kopydlowski ve ark., 2014). Bu kas grubu, femoral arter aracılığıyla kanlanmakta ve beslenmektedir (Bordoni ve Varacallo, 2023). Spesifik olarak rektus femoris, vastus intermedius ve vastus lateralis kaslarının kanlanması lateral sirkumfleks femoral arter tarafından sağlanmaktadır. Vastus medialis ise femoral arter, popliteal arterin superior medial geniküler dalı ve profunda femoris arter aracılığıyla beslenmektedir (Pope ve ark., 2023). Kuadriseps femoris kasının arteriyel kan dolaşımı Şekil 2.7’de sunulmaktadır.



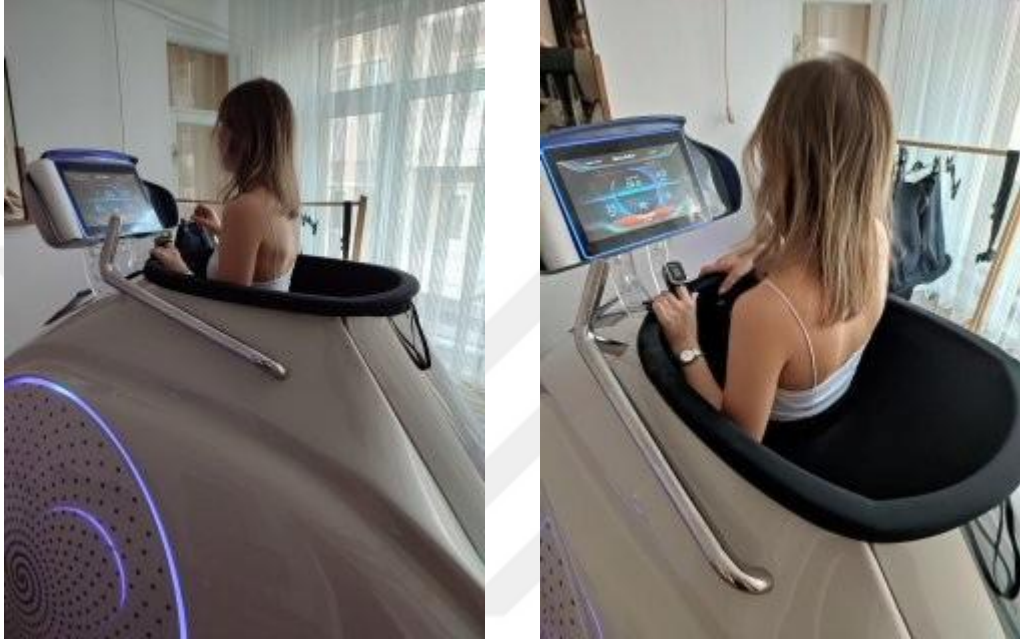
Kuadriseps femoris kasının kan dolaşımı. Tensor fasciae latae (a), femoral arterin lateral sirkonfleksi (b), femoral arterin lateral sirkonfleksinin yukarı çıkan dalı (c), femoral arterin lateral sirkonfleksinin transvers dalı (d), uyluğun derin arteri (e), femoral arter (f), femoral arterin lateral sirkonfleksinin aşağı inen dalı (g), vastus intermedius (h), vastus lateralis (i), rektus femoris (j).

**Şekil 2.7.** Kuadriceps Femoris Kasının Kan Dolaşımı (Özcan, 2023)

#### 2.4. Vakumlu Yürüyüş – Koşu Bandı

Vakumlu koşu bandı, bireylere yenilikçi bir aerobik egzersiz deneyimi sunan modern bir egzersiz cihazıdır. Bu cihaz, neopren bir etek yardımıyla göğüs hizasından giyildikten sonra, vakum etkisi yaratabilen plastik bir kapsül içine yerleştirilmiş bir koşu bandından oluşmaktadır. Vakum programı aktif hale getirildiğinde, güçlü bir vakum motoru koşu bandının bulunduğu alandaki havayı dışarı pompalar ve bu işlem sonucunda "sıfır yerçekimi" veya "negatif vakum direnci" olarak adlandırılan düşük atmosferik basınçlı bir ortam meydana gelir. Bu özel koşullar altında gerçekleştirilen yürüyüş veya koşu, birey için daha fazla fiziksel çaba gerektirir. Negatif basınç ortamı, egzersiz sırasında yürüyüşü zorlaştırmakta ve kasların enerji tüketimini önemli ölçüde artırmaktadır. Ayrıca, negatif vakum direnci altında yapılan egzersiz, deri ve deri altı dokusuna kan akışını artırarak bu bölgelerdeki kan dolaşımını hızlandırmaktadır (Vacutherm, 2021).

Kapsül içerisindeki düşük atmosferik basınç, lenfatik dolaşımı olumlu yönde etkileyerek fazla sıvıların ve metabolik atıkların vücuttan uzaklaştırılmasını destekler. Bu dolaşımdaki iyileşme, metabolik atıkların daha etkin bir şekilde elimine edilmesine olanak tanırken, aynı zamanda dokulara oksijen ve besinlerin daha yoğun bir şekilde ulaşmasını sağlar. Bu süreç, hem genel dolaşım sağlığını hem de dokuların iyileşme ve yenilenme kapasitesini artırıcı bir etki yaratmaktadır (Vline, 2022).



**Resim 2.1.** Vakumlu Yürüyüş - Koşu Bandı ve Neopren Etek

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

#### 3.1. Araştırmanın Amacı ve Hipotez

Bu çalışmanın amacı, sağlıklı kadınlarda vakumlu koşu bandı üzerinde yürüyüş ile vakumsuz ortamda, yani normal koşu bandında yürüyüş sırasında kas oksijenasyonundaki farklılıkları incelemektir. Bu inceleme, vakumlu koşu bandının kaslar üzerindeki etkilerini daha iyi anlamayı amaçlamaktadır.

#### HİPOTEZLER:

H<sub>0</sub> (Null Hipotez): Vakumlu koşu bandı, normal koşu bandına kıyasla kas oksijenasyonunu artırmaktadır.

H<sub>1</sub> (Alternatif Hipotez): Vakumlu koşu bandı, normal koşu bandına benzer sonuçlar vermektedir.

#### 3.2. Bireyler ve Etik Kurul

Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Etik Kurulu'nun 21.06.2023 tarih ve 2023-97 sayılı kararı ile etik kurul onayı alınmıştır (EK-1). Çalışmamız Ağustos 2023 – Haziran 2024 tarihleri arasında yürütülmüştür. Araştırmamız prospektif, deneysel çalışma türünde planlanmıştır. Araştırmanın örneklem büyüklüğü Jones ve ark.'nın (2017) çalışması örnek alınarak G\*Power 3.1.9.7 analizi ile %95 güven aralığı ve %95 güçte 29 kişi olarak hesaplanmıştır. %10'luk drop out göz önüne alınarak çalışmanın 32 kişi ile tamamlanması hedeflenmiştir. Araştırmamız katılmaya gönüllü 18-30 yaş arası, 34 sağlıklı kadın ile tamamlanmıştır.

#### Araştırmaya dahil edilme kriterleri

- Çalışmaya katılmaya gönüllü olmak
- 18-30 yaş arasında kadın birey olmak
- Sedanter olmak (Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi Kısa Formuna göre <600 MET-dk/hafta)
- VKI<25kg/cm<sup>2</sup> olmak
- Deri altı yağ kalınlığı<12mm olmak

#### Araştırmaya dışlama kriterleri

- Uygulama bölgesinde açık yarası veya enfeksiyonu bulunmak
- Kronik hastalığı olmak
- Hamile olmak

- Psikolojik rahatsızlığı olmak
- Son 6 ay içerisinde alt ekstremitte yaralanması geçirmiş olmak
- Son 6 ay içerisinde alt ekstremitteyi içeren herhangi bir cerrahi operasyon geçirmiş olmak

### **Araştırmada incelenecek bağımlı-bağımsız değişkenler**

Bağımlı değişken:  $SmO_2$ , THb,  $SpO_2$ , KB, Solunum fr, Kalp hızı, Borg skoru.

Bağımsız değişken: Koşu bandı tipi, orta şiddetli egzersiz, yaş, vücut kitle indeksi (VKİ), deri altı yağ kalınlığı.

## **3.3. Yöntem**

### **3.3.1. Değerlendirme Protokolü**

Çalışmaya katılacak bireylere, öncelikle araştırma hakkında ayrıntılı bilgi verilmiş ve ardından Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu (EK-2) imzalatılmıştır. Çalışmaya katılımı kabul eden bireylere, Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi (EK-3) uygulanmıştır. Anket sonuçları doğrultusunda, haftalık fiziksel aktivite seviyesi 600 MET-dakika/hafta ve altındaki bireyler çalışma kapsamına dahil edilmiştir. Katılımcıların demografik bilgileri ise, Demografik Veri Formu (EK-4) doldurularak kaydedilmiştir. Bu süreç, katılımcıların araştırmaya katılım öncesindeki fizyolojik durumları ve profil bilgilerini doğru şekilde değerlendirebilmek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

### **3.3.2. Klinik Değerlendirme**

Katılımcıların dakika kalp hızı ve solunum frekansı, pulse oksimetre ile  $O_2$  satürasyonu, tansiyon aleti ile kan basıncı ölçülmüştür. Deri altı yağ dokusu ise skinfold kaliper ile ölçülmüştür. Yürüyüş sırasındaki ölçümler istirahat, egzersiz sırası ve toparlanma olmak üzere 3 bölüme ayrılmıştır. Katılımcıların quadriceps femoris kasının gevşek olduğu oturma pozisyonunda kas oksijen monitörü (moxy) flaster yardımıyla sabitlenmiş ve kas oksijenizasyonunun ( $SmO_2$ ) ilk değerlendirmesi yapılmıştır. İstirahat sırasında 5 dakika boyunca  $SmO_2$  ölçümleri alınmış ve bu süre zarfındaki minimum, maximum ve ortalama değerleri kaydedilmiştir. Daha sonra katılımcıların koşu bandı üzerinde egzersiz düzeyini belirlemek için maksimum kalp hızı hesaplama yöntemi (220-yaş) kullanılmıştır. Çalışmamızda katılımcılara orta şiddetli egzersiz programı uygulanmıştır. Egzersiz şiddeti kalp hızı ve algılanan zorluk

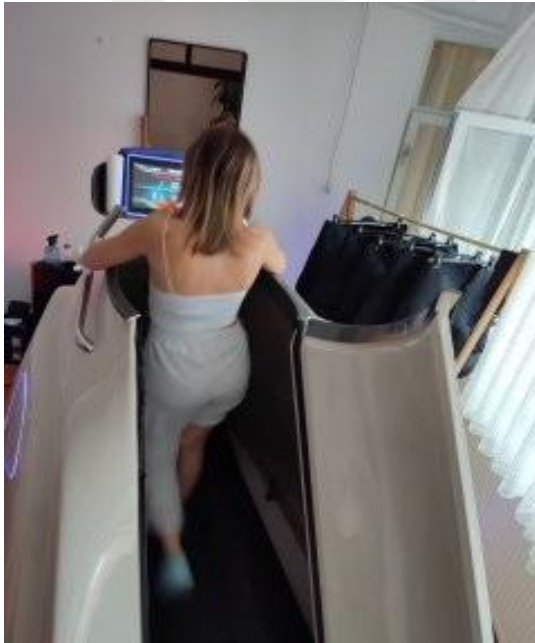
derecesi (Modifiye Borg Skalası ile) sorgulanarak kontrol edilmiştir. Maksimum kalp hızının %65-%75 ve algılanan zorluk derecesinin ise modifiye borg skalasına göre 3 - 4 olduğu şiddette yükleme yapılmıştır. Katılımcılar, vakumlu koşu bandı üzerinde hesaplanan egzersiz şiddetinde 30 dakika boyunca (Kunduracılar, 2017) yürümüştür ve bu süre boyunca kas oksijen monitörü, vastus lateralis kası üzerinde takılı kalmıştır. Katılımcılar egzersize başladığında 5 dk ısınma, 20 dk yükleme ve 5 dk soğuma fazı olarak egzersizlerini tamamlamıştır. Bu süreçte kas oksijen monitörü katılımcıya ait ölçümleri sürekli kaydetmiştir. Egzersiz sırasındaki SmO<sub>2</sub> ölçümleri de 30 dk boyunca minimum, maximum ve ortalama değerleri olarak kaydedilmiştir. Egzersiz tamamlandıktan sonra birey hemen oturma pozisyonuna alınarak vital bulguları alınmıştır. 5 dk süre boyunca toparlanma SmO<sub>2</sub> verilerinin minimum, maximum ve ortalama değerleri kaydedilip, 5.dk'nın sonunda tekrar vital bulguları alınmıştır. SmO<sub>2</sub> değerlerinin yanı sıra toplam hemoglobin (THb) değerlerinin ortalaması da kaydedilmiştir. Aynı katılımcılar en az 3 gün sonra yeniden davet edilerek aynı ölçümler tekrar gerçekleştirilmiştir. Ancak bu kez aynı koşu bandı üzerinde fakat vakumsuz ortamda (normal koşu bandında, vakum etkisi kapatılarak) yürütmesi istenmiştir. Yapılan tüm yürüyüşler ve ölçümler aynı fizyoterapist tarafından yapılmıştır.

Katılımcılara çalışmanın gerçekleştirileceği tarihten 2 gün öncesinde ağır fiziksel aktivite yapmaması ve 4 saat öncesinde alkol ve kafein içeren ürünler kullanmaması bildirilmiştir. Katılımcılar gelmeden önce çalışmanın yapılacağı oda sıcaklığı 22-24°C'ye ayarlanmıştır (Formenti ve ark., 2018).





**Resim 3.1.** Vakumlu Yürüyüş



**Resim 3.2.** Vakumsuz Yürüyüş

### **3.3.3. Veri Toplama Araçları**

Çalışmaya katılmaya uygun olan bireylerin seçimi, belirli kriterlere göre yapılmıştır. Fiziksel aktivite seviyesi, Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi Kısa Formu kullanılarak değerlendirilmiş, deri altı yağ dokusu ölçümü için ise skinfold kaliper kullanılmıştır.

Çalışmaya dahil edilen katılımcıların demografik özelliklerini kaydetmek amacıyla Demografik Veri Formu kullanılmıştır. Katılımcıların sağlık durumlarını izlemek için ise bir dizi cihaz ve anket kullanılmıştır. Kan basıncı ölçümü için tansiyon aleti, oksijen satürasyonu ölçümü için pulse oksimetre, kalp hızı ve solunum frekansı için dakikalık kalp hızı ve solunum frekansı ölçümleri yapılmıştır. Algılanan egzersiz zorluk derecesi ise Modifiye Borg Skalası ile sorgulanarak belirlenmiştir. Ayrıca, katılımcıların kas oksijenizasyonu ( $SmO_2$ ) düzeylerini ölçmek için Moxy kas oksijen monitörü kullanılmıştır.

- **Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi (Kısa Form) [International Physical Activity Questionnaire (IPAQ)-Short Form]:** Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi çalışmamızda katılımcıların fiziksel aktivite düzeyini belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Bu anket, 18-65 yaş arası yetişkinler için geliştirilmiş olup, son 7 günde yapılan şiddetli ve orta düzeydeki fiziksel aktiviteler, yürüme ve oturma sürelerini değerlendirmeye yönelik sorular içermektedir. Anketin değerlendirilmesinde oturma süresi, fiziksel aktivite puanlamasına dahil edilmemekte, ayrı bir gösterge olarak sunulmaktadır (Craig ve ark., 2003). Puanlama, yapılan aktivitenin MET (Metabolik Eşdeğer) düzeyi, haftada gerçekleştirilen gün sayısı ve her bir gün için harcanan süre ile hesaplanmaktadır. MET, bir aktivitenin, istirahat oksijen tüketiminin kaç katı kadar enerji harcadığını gösteren bir ölçü birimidir. Şiddetli fiziksel aktivite için 8 MET, orta şiddetli fiziksel aktivite için 4 MET, yürüyüş için 3,3 MET ve oturma için 1 MET değeri kullanılmıştır (Craig ve ark., 2003; Orhan ve ark., 2015; Vural ve ark., 2010). Puanlamanın sonucuna göre <600 MET-dk/hafta fiziksel olarak inaktif olunması, 600-3000 MET-dk/hafta fiziksel aktivite düzeyinin düşük olması ve >3000 MET-dk/hafta fiziksel aktivite düzeyinin yeterli olması durumunu ifade etmektedir (Vural ve ark., 2010). Ayrıca Craig ve arkadaşları (2003) tarafından uluslararası geçerlilik ve güvenilirlik çalışması, Sağlam ve arkadaşları (2010) tarafından ise Türkçe geçerlilik ve güvenilirlik çalışması yapılmıştır.
- **Skinfold Kaliper:** Deri altı yağ kalınlığı ölçümü için skinfold kaliper kullanılmıştır. Ölçüm işlemi, belirli bir bölgede deri kıvrımını almakla başlanmıştır; bu işlem için katılımcının sol elinin başparmağı ve işaret parmağı arasına deri kıvrımı alınmış ve 2 saniye beklenmiştir. Ardından, sağ elde tutulan skinfold kaliper ile, deri kıvrımına dik bir açıyla ölçüm yapılmıştır. Deri altı yağ kalınlığı ölçümü ön uyluk bölgesinden yapılmıştır. Ön uyluk bölgesi için inguinal

sınır ile patellanın proksimal sınırı arasındaki orta nokta kriter alınmıştır. Ölçüm katılımcı ayakta ve ölçüm yapılan diz fleksiyonda iken gerçekleştirilmiştir. Deri altı yağ kalınlığı <12mm olanlar çalışmaya dahil edilmiştir (Eston ve Reilly, 2009).



**Resim 3.3.** Skinfold Kaliper ile Deri Altı Yağ Kalınlığı Ölçümü

- **Demografik Bilgi Formu:** Katılımcıların demografik verileri; yaş, boy, kilo ve vücut kitle indeksi (VKİ) gibi bilgileri içeren ve araştırmacılar tarafından doldurulan bir formda toplanmıştır. Boy, kilo ve VKİ ölçümleri, standardize edilmiş cihazlar kullanılarak, her katılımcı için aynı kişi tarafından yapılmıştır.

Vücut Kitle İndeksi (VKİ), kilogram cinsinden vücut ağırlığının, metre cinsinden boy uzunluğunun karesine oranlanarak hesaplanan bir değerdir. Her ne kadar tamamen kusursuz bir ölçüm yöntemi olmasa da, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından kabul edilen ve klinik uygulamalarda sıkça kullanılan bir indekstir (Burton, 2007; Ergün ve Erten, 2004).

VKİ şu formülle hesaplanmaktadır:

$$VKİ = \text{vücut ağırlığı} / \text{boy uzunluğu} \times \text{boy uzunluğu} \text{ (kg/m}^2 \text{)}$$

- **Vital Bulgular:** Kan basıncı için tansiyon aleti, oksijen saturasyonu için pulse oksimetre kullanılmış; kalp hızı ve solunum frekansı için dakika kalp hızı ve solunum frekansı ölçülmüştür.



**Resim 3.4.** Kan Basıncı Ölçümü



**Resim 3.5.** Oksijen Saturasyon Ölçümü

- **Modifiye Borg Skalası:** Borg tarafından algılanan zorluk derecesini değerlendirmek amacıyla geliştirilen skala, ilk olarak 6-20 arasında değişen bir zorluk derecesi ile kullanılmıştır. Ancak, kullanımın daha kolay olması amacıyla bu skala 0-10 arasındaki bir ölçeğe modifiye edilmiştir (EK-5). Bu modifiye edilmiş skalada, 0 "zorluk yok" ve 10 "en şiddetli zorluk" olarak tanımlanmıştır (Borg, 1982). Kin ve ark. (1994) tarafından Türkçe geçerlilik ve güvenilirlik çalışması yapılmıştır.

- **Kas Oksijen Monitörü:** Kas oksijen monitörü, yakın kızılötesi spektroskopisi (NIRS) ile non-invaziv şekilde deri üzerine yerleştirilerek bölgesel kan akışını ve oksijenizasyonunu ölçen, hafif (42 gr) ve küçük (boyutlar: 61 × 44 × 21 mm) bir cihazdır (MOXY, 2018 USA, 5945, ID: O6R3067). Cihazın ölçüm yapabildiği maksimum deri altı yağ kalınlığı 12 mm'dir (Moxxy Monitor, 2024). Veri toplama ve telemetrik özelliklere sahip olan cihaz, laboratuvar dışı ortamlarda ve saha temelli araştırmalarda da O<sub>2</sub> ölçümüne olanak sağlamaktadır. Kas oksijen monitörünün diğer NIRS cihazları ile karşılaştırıldığında kas oksijenizasyonu açısından geçerli ve güvenilir bir cihaz olduğu gösterilmiştir (Crum ve ark., 2017). Bu cihaz yürüyüş öncesi kuadriseps femorisin vastus lateralis parçasının üst kısmına (spina iliaca anterior superior ile patellanın proksimalinin orta yan kısmına) tıbbi yapışkan bant (flaster) yardımıyla yerleştirilmiştir. Böylece istirahat, egzersiz sırasında ve sonrasında kasın oksijenlenme durumu ölçülmüş ve alınan veriler bilgisayara aktarılmıştır. Ölçümlerden alınan tüm değerler değerlendirme formu üzerine kaydedilmiştir.



**Resim 3.6.** Moxy ile Kas Oksijenasyon Ölçümü

#### 3.3.4. İstatistiksel Değerlendirme

Araştırmanın örneklem büyüklüğü Jones ve ark.'nın (2017) çalışması örnek alınarak G\*Power 3.1.9.7 analizi ile %95 güven aralığı ve %95 güçte 29 kişi olarak hesaplanmıştır. %10'luk drop out göz önüne alınarak çalışma en az 32 kişi ile tamamlanması uygun görülmüş, çalışma 34 kişiyle tamamlanmıştır. Çalışmanın post-

hoc güç analizi, G\*Power versiyon 3.1.9.4 yazılımı kullanılarak, sonuç ölçümlerinden  $SmO_2$  değerlerinin etki büyüklüğü (Cohen's  $d = 1,153$ ) üzerinden hesaplandı. Çalışmanın gücü,  $\alpha = 0,05$  kabul edildiğinde %99 olarak belirlendi.

İstatistiksel analizler, SPSS 26.0 (Statistical Package for Social Sciences) programı ile yapıldı. Verilerin normal dağılıma uygun olup olmadığı, skewness-kurtosis (basıklık-çarpıklık) değerleri ve Shapiro-Wilk testi kullanılarak incelendi. Sürekli verilerin analizinde ortalama (X) ve standart sapma (SS) ve ek olarak minimum maksimum değerleri verildi. Grupların arasında sürekli verilerin karşılaştırılmasında Independent Sample T Testi kullanıldı. Analizlerde  $p < 0,05$  anlamlılık düzeyi altında elde edilen sonuçlar, istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.



#### 4. BULGULAR

Çalışmaya Ağustos 2023- Haziran 2024 tarihleri arasında toplam 34 gönüllü dahil edildi. Çalışmamıza katılan tüm katılımcılar kadınlardan oluştu. Olguların yaş, VKİ, fiziksel aktivite seviyesi, yağ kalınlığı gibi demografik verileri tablo 4.1’de sunuldu.

**Tablo 4. 1.** Bireylerin Demografik ve Klinik Özellikleri

|                                                      | <b>X± standart sapma<br/>n=34</b> | <b>Min-Max</b> |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| <b>Yaş (yıl)</b>                                     | 25,76 ± 3,23                      | 19-30          |
| <b>Fiziksel aktivite seviyesi<br/>(MET-dk/hafta)</b> | 351,86 ± 130,05                   | 132-582        |
| <b>VKİ (kg/m<sup>2</sup>)</b>                        | 21,12 ± 1,93                      | 18,06-24,85    |
| <b>Yağ kalınlığı (mm)</b>                            | 10,43 ± 0,94                      | 8,80-11,80     |
| <b>İstirahat kalp hızı<br/>(atım/dk)</b>             | 77,82 ± 8,67                      | 60-100         |
| <b>Aerobik yüklenme kalp<br/>hızı (atım/dk)</b>      | 133,97 ± 2,83                     | 130-140        |

VKİ:Vücut Kitle İndeksi, MET:Metabolik Eşdeğer, Min:Minimum, Max:Maximum

Çalışmaya katılan gönüllülerin koşu bandında vakumlu ve vakumsuz yürüme öncesinde, sırasında ve toparlanmadaki vital bulguları ve birbirleriyle karşılaştırılması Toblo 4.2’de sunuldu. Gönüllülerin vakumlu ve vakumsuz yürümeye başlamadan önceki istirahat durumlarında ölçülen kalp hızı (p=0,382), SpO<sub>2</sub> (p=0,282), diastolik kan basıncı (p=0,176), sistolik kan basıncı (p=0,637) ve solunum frekansı (p=0,313) değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı. Bu bulgular, yürüyüş öncesindeki başlangıç değerlerinin homojen olduğunu gösterdi. Ancak, yalnızca istirahat sırasındaki borg skoru (p=0,008) değerinde anlamlı bir fark bulundu. Bu da katılımcıların egzersize başlamadan önceki yorgunluk seviyelerinin farklı olabileceğini gösterdi.

Test sonu verileri karşılaştırıldığında kalp hızı (p=0,445), SpO<sub>2</sub> (p=1,000) ve diastolik kan basıncı (p=0,198) değerlerinde vakumlu yürüme ile vakumsuz yürüme arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı. Ancak, test sonu sistolik kan



basıncı ( $p<0,001$ ), solunum frekansı ( $p=0,021$ ) ve borg skoru ( $p= 0,032$ ) değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu.

Toparlanma sırasındaki veriler karşılaştırıldığında kalp hızı ( $p=0,443$ ) ve diastolik kan basıncı ( $p=0,113$ ) değerlerinde vakumlu yürüme ile vakumsuz yürüme arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı. Ancak toparlanma  $SpO_2$  ( $p=0,003$ ), sistolik kan basıncı ( $p=0,003$ ), solunum frekansı ( $p=0,002$ ) ve borg skoru ( $p=0,001$ ) değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu.

**Tablo 4.2.** Koşu Bandında Vakumlu ve Vakumsuz Yürüme Öncesinde, Sırasında ve Toparlanmada Vital Bulguların Karşılaştırılması

|                                     | <b>Vakumlu Yürüme</b><br><b>X± standart sapma</b><br><b>(min-max)</b><br><b>n=34</b> | <b>Vakumsuz Yürüme</b><br><b>X± standart sapma</b><br><b>(min-max)</b><br><b>n=34</b> | <b>P</b>         |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <b>İstirahat Kalp Hızı</b>          | 77,82 ± 8,67<br>(60 - 100)                                                           | 78,94 ± 9,48<br>(62 - 101)                                                            | 0,382            |
| <b>İstirahat <math>SpO_2</math></b> | 99,02 ± 0,62<br>(98 - 100)                                                           | 98,88 ± 0,76<br>(98 - 100)                                                            | 0,282            |
| <b>İstirahat Sistolik KB</b>        | 108,58 ± 10,05<br>(92 - 130)                                                         | 108 ± 10,39<br>(95 - 132)                                                             | 0,637            |
| <b>İstirahat Diastolik KB</b>       | 68,67 ± 9,49<br>(49 - 90)                                                            | 70,29 ± 11,06<br>(48 - 90)                                                            | 0,176            |
| <b>İstirahat Solunum Fr</b>         | 16,64 ± 3,01<br>(12 - 22)                                                            | 16,26 ± 3,26<br>(12 - 24)                                                             | 0,313            |
| <b>İstirahat Borg</b>               | 0,79 ± 1,20<br>(0 - 4)                                                               | 0,44 ± 0,92<br>(0 - 3)                                                                | <b>0,008</b>     |
| <b>Test sonu Kalp hızı</b>          | 95,61 ± 14,15<br>(75 - 147)                                                          | 94,20 ± 12,33<br>(75 - 130)                                                           | 0,445            |
| <b>Test sonu <math>SpO_2</math></b> | 98,20 ± 0,41<br>(98 - 99)                                                            | 98,20 ± 0,41<br>(98 - 99)                                                             | 1,000            |
| <b>Test sonu Sistolik KB</b>        | 115,70 ± 9,99<br>(100 - 135)                                                         | 115,29 ± 10,48<br>(100 - 144)                                                         | <b>&lt;0,001</b> |
| <b>Test sonu Diastolik KB</b>       | 74,82 ± 9,56<br>(60 - 95)                                                            | 76,55 ± 9,11<br>(60 - 95)                                                             | <b>0,198</b>     |



**Tablo 4.2.** Koşu Bandında Vakumlu ve Vakumsuz Yürüme Öncesinde, Sırasında ve Toparlanmada Vital Bulguların Karşılaştırılması (Tablo 4.2'nin devamıdır.)

|                                   | <b>Vakumlu Yürüme</b><br><b>X± standart sapma</b><br><b>(min-max)</b><br><b>n=34</b> | <b>Vakumsuz Yürüme</b><br><b>X± standart sapma</b><br><b>(min-max)</b><br><b>n=34</b> | <b>P</b>     |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Test sonu Solunum Fr</b>       | 22,61 ± 4,03<br>(16 – 30)                                                            | 21,67 ± 3,31<br>(16 – 28)                                                             | <b>0,021</b> |
| <b>Test sonu Borg Skoru</b>       | 3,44 ± 1,33<br>(0 – 5)                                                               | 2,91 ± 0,90<br>(1 – 5)                                                                | <b>0,032</b> |
| <b>Toparlanma Kalp hızı</b>       | 87,32 ± 9,76<br>(71 – 110)                                                           | 88,55 ± 10,16<br>(70 – 110)                                                           | 0,443        |
| <b>Toparlanma SpO<sub>2</sub></b> | 98,47 ± 0,61<br>(98 – 100)                                                           | 98,44 ± 0,56<br>(98 – 100)                                                            | <b>0,003</b> |
| <b>Toparlanma Sistolik KB</b>     | 110,23 ± 9,50<br>(91 – 130)                                                          | 109,64 ± 9,46<br>(97 – 131)                                                           | <b>0,003</b> |
| <b>Toparlanma Diastolik KB</b>    | 70,76 ± 9,59<br>(49 – 90)                                                            | 72,76 ± 8,63<br>(59 – 90)                                                             | 0,113        |
| <b>Toparlanma Solunum Fr</b>      | 19,35 ± 3,80<br>(12 – 28)                                                            | 17,91 ± 3,06<br>(12 – 26)                                                             | <b>0,002</b> |
| <b>Toparlanma Borg Skoru</b>      | 1,35 ± 0,88<br>(0 – 3)                                                               | 0,71 ± 0,80<br>(0 – 3)                                                                | <b>0,001</b> |

SpO<sub>2</sub>:Saturasyon, KB:Kan basıncı, Fr:Frekans, Min:Minimum, Max:Maximum

Çalışmaya katılan gönüllülerin koşu bandında vakumlu ve vakumsuz yürüme öncesinde, sırasında ve toparlanma sürecindeki SmO<sub>2</sub> (kas oksijenasyonu) ve THb (toplam hemoglobin) değerleri ile bunların karşılaştırılması Tablo 4.3'te sunuldu. Yürüyüş öncesi, yürüyüş sırasında ve toparlanma aşamasında yapılan karşılaştırmalarda, istirahat min SmO<sub>2</sub> (p=0,239), istirahat max SmO<sub>2</sub> (p=0,768), istirahat ortalama SmO<sub>2</sub> (p=0,426), test sırasındaki min SmO<sub>2</sub> (p=0,905) ve toparlanma min SmO<sub>2</sub> (p=0,189) değerlerinde vakumlu ve vakumsuz yürüyüş arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmadı. Bununla birlikte, istirahat ortalama THb (p<0,001), test sırasındaki max SmO<sub>2</sub> (p<0,001), test sırasındaki ortalama SmO<sub>2</sub> (p=0,001), test sırasındaki ortalama THb (p<0,001), toparlanma max SmO<sub>2</sub> (p<0,001),

toparlanma ortalama SmO<sub>2</sub> (p=0,007) ve toparlanma ortalama THb (p=0,002) değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar bulundu.

**Tablo 4. 3.** Koşu Bandında Vakumlu ve Vakumsuz Yürüme Öncesinde, Sırasında ve Toparlanmada SmO<sub>2</sub> ve THb Değerlerinin Karşılaştırılması

|                                        | <b>Vakumlu Yürüme<br/>X± standart sapma<br/>(min-max)<br/>n=34</b> | <b>Vakumsuz Yürüme<br/>X± standart sapma<br/>(min-max)<br/>n=34</b> | <b>P</b>         |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------|
| <b>İstirahat min SmO<sub>2</sub></b>   | 75,94 ± 8,33<br>(45 – 87)                                          | 74,11 ± 7,07<br>(58 – 87)                                           | 0,239            |
| <b>İstirahat max SmO<sub>2</sub></b>   | 86,85 ± 6,75<br>(58 – 93)                                          | 87,23 ± 3,31<br>(80 – 96)                                           | 0,768            |
| <b>İstirahat ort SmO<sub>2</sub></b>   | 82,57 ± 7,71<br>(47,83 – 90,26)                                    | 81,39 ± 4,43<br>(67,74 – 88,58)                                     | 0,426            |
| <b>İstirahat ort THb</b>               | 11,66 ± 0,16<br>(11,23 – 12,01)                                    | 11,54 ± 0,14<br>(11,25 – 11,90)                                     | <b>&lt;0,001</b> |
| <b>Test sırası min SmO<sub>2</sub></b> | 79,64 ± 8,31<br>(51 – 89)                                          | 79,47 ± 5,73<br>(65 – 89)                                           | 0,905            |
| <b>Test sırası max SmO<sub>2</sub></b> | 93,97 ± 1,50<br>(90 – 98)                                          | 92,17 ± 1,62<br>(90 – 97)                                           | <b>&lt;0,001</b> |
| <b>Test sırası ort SmO<sub>2</sub></b> | 89,51 ± 2,31<br>(84,41 – 93,68)                                    | 87,71 ± 2,43<br>(81,41 – 92,72)                                     | <b>0,001</b>     |
| <b>Test sırası ort THb</b>             | 11,74 ± 0,13<br>(11,51 – 12,04)                                    | 11,63 ± 0,15<br>(11,19 – 12,08)                                     | <b>&lt;0,001</b> |
| <b>Toparlanma min SmO<sub>2</sub></b>  | 89,23 ± 2,99<br>(81 – 95)                                          | 88,41 ± 2,55<br>(82 – 95)                                           | 0,189            |
| <b>Toparlanma max SmO<sub>2</sub></b>  | 94,73 ± 1,48<br>(92 – 98)                                          | 93,23 ± 1,87<br>(90 – 98)                                           | <b>&lt;0,001</b> |
| <b>Toparlanma ort SmO<sub>2</sub></b>  | 92,27 ± 1,55<br>(87,87 – 95,25)                                    | 91,15 ± 1,78<br>(87,71 – 96,06)                                     | <b>0,007</b>     |
| <b>Toparlanma ort THb</b>              | 11,78 ± 0,18<br>(11,53 – 12,24)                                    | 11,70 ± 0,16<br>(11,24 – 12,10)                                     | <b>0,002</b>     |

SmO<sub>2</sub>:Kas oksijenasyonu, THb:Toplam hemoglobin, Min:Minimum, Max:Maximum, Ort:Ortalama

Vakumlu ve vakumsuz koşu bandında yürümede farklı fazlardaki (istirahat-test, test-toparlanma ve istirahat-toparlanma) ortalama  $SmO_2$ -THb değerlerinin kendi aralarında ve farklarının ( $\Delta$ ) karşılaştırılması Tablo 4.4'te sunuldu. Vakumlu koşu bandında yapılan ölçümler sonucunda, istirahat-test ortalama  $SmO_2$ , test-toparlanma ortalama  $SmO_2$  ve istirahat-toparlanma ortalama  $SmO_2$  karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur ( $p<0,001$ ). Ayrıca, istirahat-test ortalama THb ( $p=0,001$ ), test-toparlanma ortalama THb ( $p=0,046$ ) ve istirahat-toparlanma ortalama THb ( $p<0,001$ ) karşılaştırmalarında da anlamlı farklar bulundu.

Vakumsuz koşu bandında yapılan ölçümlerde, vakumlu koşu bandına benzer sonuçlar elde edildi. İstirahat-test ortalama  $SmO_2$ , test-toparlanma ortalama  $SmO_2$  ve istirahat-toparlanma ortalama  $SmO_2$  karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulundu ( $p<0,001$ ). Bunun yanı sıra, istirahat-test ortalama THb ( $p<0,001$ ), test-toparlanma ortalama THb ( $p=0,001$ ) ve istirahat-toparlanma ortalama THb ( $p<0,001$ ) karşılaştırmalarında da anlamlı farklar bulundu.

Bu ikili karşılaştırmalar arasındaki farklar  $\Delta$  (delta) ile ifade edildi. Vakumlu ve vakumsuz yürüme koşullarında  $SmO_2$  ve THb değerlerinde oluşan farklar ( $\Delta$ ) karşılaştırıldığında, iki koşul arasında anlamlı bir fark bulunamadı ( $\Delta p>0,05$ ).

**Tablo 4. 4.** Vakumlu ve Vakumsuz Koşu Bandında Yürümede Farklı Fazlardaki (İstirahat-Test, Test-Toparlanma ve İstirahat-Toparlanma) Ortalama SmO<sub>2</sub> - THb Değerlerinin Kendi Aralarında ve Farklarının (Δ) Karşılaştırılması

| Vakumlu Koşu Bandı              |            |        |           | Vakumsuz Koşu Bandı |                                     |        |             |       |
|---------------------------------|------------|--------|-----------|---------------------|-------------------------------------|--------|-------------|-------|
|                                 | Değerler   | p      | Δ         |                     | Değerler                            | p      | Δ           | Δ p   |
| İstirahat Ort SmO <sub>2</sub>  | 82,57±7,71 | <0,001 | 6,94±6,58 |                     | 81,39±4,43                          | <0,001 | 6,32 ± 4,34 | 0,626 |
| Test Ort SmO <sub>2</sub>       | 89,51±2,31 |        |           |                     | 87,71±2,43                          |        |             |       |
| Test Ort SmO <sub>2</sub>       | 89,51±2,31 | <0,001 | 2,75±2,36 |                     | 87,71±2,43                          | <0,001 | 3,43 ± 2,23 | 0,105 |
| Toparlanma Ort SmO <sub>2</sub> | 92,27±1,55 |        |           |                     | 91,15±1,78                          |        |             |       |
| İstirahat Ort SmO <sub>2</sub>  | 82,57±7,71 | <0,001 | 9,69±7,63 |                     | 81,39±4,43                          | <0,001 | 9,76 ± 5,01 | 0,965 |
| Toparlanma Ort SmO <sub>2</sub> | 92,27±1,55 |        |           |                     | 91,15±1,78                          |        |             |       |
| İstirahat Ort THb               | 11,66±0,16 | 0,001  | 0,08±0,13 |                     | $\frac{11,54\pm0,14}{11,63\pm0,15}$ | <0,001 | 0,09 ± 0,12 | 0,786 |
| Test Ort THb                    | 11,74±0,13 |        |           |                     |                                     |        |             |       |
| Test Ort THb                    | 11,74±0,13 | 0,046  | 0,04±0,12 |                     | 11,63±0,15                          | 0,001  | 0,07 ± 0,12 | 0,237 |
| Toparlanma Ort THb              | 11,78±0,18 |        |           |                     | 11,70±0,16                          |        |             |       |
| İstirahat Ort THb               | 11,66±0,16 | <0,001 | 0,13±0,18 |                     | 11,54±0,14                          | <0,001 | 0,16 ± 0,19 | 0,258 |
| Toparlanma Ort THb              | 11,78±0,18 |        |           |                     | 11,70±0,16                          |        |             |       |

SmO<sub>2</sub>:Kas oksijenasyonu, THb:Toplam hemoglobin, Min:Minimum, Max:Maximum, Ort:Ortalama

## 5. TARTIŞMA

Bu bölümde, çalışmamızda elde ettiğimiz veriler, literatürde bulunan benzer çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılarak tartışılmıştır. Literatürde, farklı egzersiz türlerinde kuadriseps femoris kasının oksijen saturasyonu üzerindeki değişikliklerini inceleyen pek çok çalışma yer almaktadır. Ayrıca, periferik arter hastalığı tedavisinde kullanılan ve periferik dolaşımı iyileştirmeye yönelik negatif ve pozitif basınç uygulayan vakum cihazları üzerine de çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Özellikle, yürüme sırasında alt vücut yarısına pozitif ve negatif basınç uygulayan koşu bantlarıyla gerçekleştirilen araştırmalar dikkat çekici sonuçlar ortaya koymuştur. Bu bağlamda, vakumlu koşu bandı kullanımı ile elde edilen verilerin mevcut literatüre önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Yürüyüş sırasında uygulanan negatif basıncın kas oksijenasyonu ve genel enerji harcaması üzerindeki etkilerinin daha derinlemesine incelenmesi gerektiği kanaatindeyiz. Bu çalışma, vakumlu koşu bandı kullanımının kas performansı üzerindeki etkilerini daha ayrıntılı bir şekilde aydınlatmayı hedeflemektedir.

Bu prospektif çalışmamız Ağustos 2023 - Haziran 2024 tarihleri arasında 19 ile 30 yaş arasında olan toplam 34 sağlıklı sedanter gönüllü kadın ile gerçekleştirilmiştir. Cinsiyetten kaynaklı oluşabilecek kas kuvveti farklılığı ölçüm homojenliğini etkileyebileceği için çalışmaya yalnızca sedanter kadın bireyler dahil edilmiştir. Katılımcılar vakumlu ve vakumsuz koşu bandında 30 dakika yürütülerek (5 dk ısınma, 20 dk orta şiddetli aerobik yüklenme, 5 dk soğuma) 2 kez değerlendirilmeye alınmıştır. Yürüyüş öncesi, sonrası ve 5. dk sonunda toparlanmada KH, SpO<sub>2</sub>, KB, solunum frekansı, borg değerleri ölçülmüştür. Yürüyüş öncesinde NIRS vastus lateralis bağlanarak istirahatte 5 dk boyunca, yürüyüş sırasında 30 dk ve yürüyüş sonrası 5 dk boyunca toparlanmada SmO<sub>2</sub>, THb ölçümleri yapılmıştır. Çalışmamızın sonucunda vakumlu ve vakumsuz yürümede vital bulgular egzersizin normal fizyolojik değişimlerine uyumlu olarak değişiklik göstermiştir. Herhangi bir istenmeyen durumla karşılaşılmamıştır. Vakumlu ve vakumsuz koşu bandı üzerinde yürümeye başlamadan önceki istirahat anında, SmO<sub>2</sub> ve THb değerlerinin birbirine benzer olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, yürüyüş sırasında ve toparlanma sürecinde, vakumlu koşu bandında SmO<sub>2</sub> ve THb değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu bulgular, vakum modunun uyguladığı negatif basıncın kas dokusundaki kan dolaşımını ve oksijenlenmeyi artırarak, kasların

daha fazla enerji harcamasına yol açtığını ve vakumlu koşu bandı kullanımının, kasların oksijen tüketimini artırarak daha yoğun bir egzersiz etkisi oluşturduğunu göstermektedir. Diğer yandan her iki yürüme modunda da istirahat ile yürüme, yürüme ile toparlanma, istirahat ile toparlanma değerleri kıyaslandığında kasta dolaşımın ve oksijen seviyesinin arttığı görülmüştür. Aslında bu durum da istihattan egzersize ve sonrasında toparlanmaya geçişte beklenen normal fizyolojik bir yanıttır. Vakumlu yürüyüş ile bu fazlardaki değişimin (yani  $\Delta$  değerlerin) ne kadar etkilendiğini incelediğimizde vakumsuz yürüyüş ile önemli bir fark oluşturmadığı görülmüştür. Vakumun oluşturduğu negatif basınç, yukarıda bahsettiğimiz gibi yürüyüş sırasında dolaşım ve oksijenlenme açısından kas düzeyinde bir fark oluşturmaktadır. Ancak, fazlar arasındaki geçişlerde vakumsuz yürüyüşte de benzer artışlar görüldüğünden, delta değerleri arasında belirgin bir fark oluşmamıştır. Bu durum, vakumlu yürüyüş sonrasında vakumun dolaşım üzerindeki etkisinin devam ettiğini ve her iki yürüyüş türünde de kan dolaşımının doğru orantılı şekilde arttığını göstermektedir. Kısaca, vakumlu koşu bandının kas oksijenasyonunu artırdığı sonucuna varılabilmektedir.

Vakumlu koşu bandında yürüme sırasında ve toparlanma sürecinde THb değerinin istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu görülmüştür. Çalışmamızda her iki grupta da THb değerleri 11,5 ile 11,9 birim arasında değişmiştir. Bu bağlamda, ölçümlerde elde edilen verilerde söz konusu aralık içinde meydana gelen artışlar veya azalmalar istatistiksel olarak anlamlı kabul edilse dahi, bu değişimlerin fizyolojik ve klinik açıdan anlamlı bir etkiye işaret ettiği söylenemez. Dolayısıyla, total hemoglobinin değerlerinde sınır aralığı dahilinde gerçekleşen bu tür değişikliklerin klinik anlamı sınırlı kalmaktadır.

İnsan vücudundaki adipoz dokunun, yakın kızılötesi spektroskopik yöntemleriyle yapılan ölçümleri etkilediği literatürde daha önce belirtilmiştir (Ergen, 1993). Çalışmamızda, adipoz doku ölçümleri deri altı yağ kalınlığı ölçülerek gerçekleştirilmiş ve deri altı yağ kalınlığı 12mm'nin altında olan bireyler çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmaya dahil edilen bireylerin vücut kitle indeksi (VKİ) değerlerinin 25'in altında olması, bu kişilerin yağ kitlesinin nispeten düşük olduğunu göstermektedir. Bu durum göz önünde bulundurularak, ölçümler yapılırken adipoz dokunun etkisi en aza indirgenmeye çalışılmıştır. Ayrıca, bireyler arasında oksijen saturasyonundaki farklılıkların adipoz dokudan kaynaklanma olasılığı da dikkate alınmalıdır. Ancak çalışmamızda deri altı yağ kalınlığı 12mm'nin ve VKİ 25'in altında

tutularak bu risk minimize edilmiştir. Bu şekilde, adipoz dokunun etkilerini en aza indirerek daha güvenilir sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır.

Lin ve arkadaşları (2014), düşük yoğunluklu egzersiz programlarının kas perfüzyonunu etkilemediğini ve kastaki oksijen seviyelerinde belirgin bir değişiklik gözlemlenmediğini belirtmişlerdir. Ayrıca, düşük yoğunluklu egzersiz akışlarının oksijen saturasyonunu değerlendirmede kullanılan parametreler üzerinde anlamlı bir değişikliğe neden olmadığı da literatürde yer almaktadır (Koirala ve ark., 2021). Bu bulgular ışığında, çalışmamızda katılımcılara maksimum kalp hızlarının %65-%75 arasında, algılanan zorluk derecelerinin ise Modifiye Borg Skalası'na göre 3-4 seviyelerinde olan orta şiddetli egzersiz programı uygulanmıştır. Bu egzersiz protokolü sonrasında, kastaki oksijen seviyelerinde anlamlı bir değişiklik gözlemlenmiş olup, bu sonuç düşük yoğunluklu egzersizlerin aksine, orta şiddetli egzersizlerin kas oksijenasyonu üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.

Hiroyuki ve arkadaşlarının (2002) gerçekleştirdiği bir çalışmada, koşu bandında yürüyüş ve koşu sırasında vastus lateralis (VL) ve gastrocnemius kaslarının lateral başındaki oksijenasyon değişiklikleri incelenmiştir. Çalışmaya katılan bireyler, ilk olarak 4 km/sa ve 6 km/sa hızlarında yürümüş, ardından 8 km/sa ile 16 km/sa arasında değişen hızlarda sürekli koşmuşlardır. Yürümeye başladıktan sonra, VL kasındaki oksijenasyon seviyesinin arttığı ve dinlenme seviyesini aştığı gözlemlenmiştir. Ancak, hız arttıkça, her iki kasın oksijenasyon seviyeleri hızdaki artışa paralel olarak azalmıştır. Bu bulgular, egzersiz yoğunluğunun kas oksijenasyonu üzerindeki etkilerini vurgulamaktadır. Ayrıca, Rissanen ve arkadaşları (2012) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, artımlı bir koşu eforuna tabi tutulan sağlıklı erkek gönüllülerde, koşu hızının 8 km/sa ile başlayıp, istemli yorgunluğa kadar her 3 dakikada bir 1 km/sa arttığı bir protokol uygulanmıştır. Bu çalışmada, düşük yoğunluklu egzersiz sırasında oksijenasyon seviyelerinde başlangıçta orta düzeyde bir düşüş gözlemlenmiş, ancak bu düşüşün şiddetli egzersiz eforunda daha hızlı bir şekilde ilerlediği görülmüştü. Bu iki çalışmanın değerlendirilmesine baktığımızda, egzersiz sırasında kas oksijenasyonunun değişimi ile ilgili benzer eğilimlerin ortaya çıktığı görülmektedir. Hiroyuki ve arkadaşlarının (2002) yaptığı çalışma, egzersiz yoğunluğunun artmasıyla kas oksijenasyonunda belirgin bir azalma olduğunu ve bu değişikliğin kaslardaki oksijen tüketimiyle doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Aynı şekilde, Rissanen ve arkadaşlarının (2012) çalışmasında da egzersiz şiddetinin arttığı durumlarda oksijenasyon seviyelerinde düşüşler

gözlemlenmiştir. Ancak, her iki çalışma da, kas oksijenasyonunun egzersiz sürecindeki değişimlerinin, kasların oksijen talebi ve metabolik aktivitelerine bağlı olarak farklılıklar gösterdiğini vurgulamaktadır.

Bizim çalışmamızda ise katılımcılar, 2 km/sa hızla yürüyüşe başlamış ve egzersiz sırasında kalp hızlarına göre 5-6 km/sa hızla orta şiddetli yükleme fazına geçmişlerdir. Egzersiz esnasında, VL kasındaki oksijenasyon seviyelerinin artmaya başladığı gözlemlenmiştir. Ancak, bu artış egzersiz süresi boyunca dalgalanmalar göstermiştir. Ayrıca toparlanma dönemindeki kas oksijenasyon seviyesinde, egzersiz sırasındakine göre artış gözlemlenmiştir. Bu bulgu, orta şiddetli egzersiz sırasında kas oksijenasyonunun arttığını, fakat bu artışın süreklilik göstermediğini, zaman içinde dalgalandığını ve toparlanma sürecinde de benzer şekilde artışların devam ettiğini göstermektedir. Bu durum, kas oksijenasyonunun egzersiz sırasında dinamik bir şekilde değiştiğini ve toparlanma aşamasında da bu değişimin sürdüğünü ortaya koymaktadır. Aynı zamanda egzersizin kas oksijenasyonu üzerindeki etkilerinin, yoğunluk ve süre gibi faktörlere bağlı olarak farklılaşabileceğini göstermektedir. Bu sonuçların, kas oksijenasyonu üzerine yapılan çalışmalara önemli bir katkı sağlayacağını ve egzersiz yoğunluğunun bu parametre üzerindeki etkilerini daha iyi anlamamıza olanak tanıyacağını düşündürmektedir.

Yukarıdaki üç araştırmanın sonuçlarını karşılaştırdığımızda, egzersiz şiddetinin kas oksijenasyonu ölçümünde farklı sonuçlar doğurabileceği görülmüştür. Bu farklılığın sebeplerinden biri, egzersiz sırasında vücut sıcaklığındaki artışa yanıt olarak cilt perfüzyonunun önemli ölçüde değişebilmesidir (Laughlin ve ark., 2012). Ayrıca, oksijenli (oksi-Hb) ve oksijensiz (deoksi-Hb) hemoglobinin sinyallerinin deriden gelen sinyallerle karışarak kas sinyallerini etkileyebilmesi de bu farklılıkları açıklayan bir diğer faktördür. Derinin NIRS sinyaline katkısının asgari olduğu daha önce düşünülmüş olsa da, daha yeni araştırmalar, cilt kan akışının bu sinyale daha önemli bir katkı sağladığını ortaya koymaktadır (Buono ve ark., 2005). Bu durumda, ölçtüğümüz değerlerin ciltten gelen sinyallerle karıştığı varsayılabilir. Bu nedenle, kas oksijenasyonu ölçümlerinin doğruluğunu değerlendirmek için daha hassas ölçümler yapabilen, ileri teknolojiye sahip cihazların kullanılması gerektiği düşünülmektedir. Aslında egzersiz sırasında kas kan akışının ve oksijen talebinin arttığı bilinmektedir. Bu bağlamda, çalışmamızda uyguladığımız orta şiddetli egzersiz programı, kasların oksijen ihtiyacını karşılamak amacıyla kas oksijenasyonunda beklenen değişiklikleri ortaya koymuştur.



Hava basıncının periferik dolaşımı artırmak için manipüle edilebileceği fikri ilk olarak 19. yüzyılın ortalarında tanımlanmıştır. Bu kavramı geliştiren Sinkowitz ve Gottlieb 1917 yılında, periferik arter hastalığı (PAD) olan bireylerin tedavisinde kullanılmak üzere bir "vakum cihazı" uygulamasına dair ilk açıklamalarını yayınlamışlardır. Söz konusu cihaz, alt ekstremitelerdeki periferik dolaşımı iyileştirmek amacıyla sabit negatif basınç uygulamaktadır. Benzer şekilde, 1930'larda PAD'li bireylerde aralıklı negatif ve pozitif basınç kullanımı üzerine yayınlanan çeşitli araştırmalar ümit verici sonuçlar elde etmiştir. Aralıklı vakum terapisi (IVT) sırasında, negatif basınç ve atmosferik basınç dönüşümlü olarak bölgeye uygulanmaktadır. Bu sayede ritmik vasküler genişleme ve kompresyon oluşturarak dolaşımı uyarabileceği, yürüme mesafelerini iyileştirebileceği ve ağrıyı azaltabileceği tahmin edilmektedir. Bu yaklaşıma benzer olarak Smyth (1969) tarafından yapılan bir çalışmada, periferik vasküler hastalığı olan bireylerde alt ekstremitelere uygulanan kısa aralıklı negatif basınç (INP) salınımlarının baldır ve femoral arterlerdeki arteriyel girişte önemli derecede büyük ve tekrarlayan bir artışa neden olduğu bulunmuştur. Bu bulgular, alt ekstremitenin sınırlı bir bölgesine doğrudan uygulanan kısa süreli negatif basınç salınımlarının, periferik kan akışını artırabileceğini göstermektedir. Bu sonucu destekler bir başka çalışmada farklı negatif basınç desenlerinin ayak perfüzyonu üzerindeki etkileri araştırılmıştır. 23 sağlıklı gönüllü üzerinde yapılan çalışmada, alt bacağı farklı negatif basınç desenleri (-40 mmHg) uygulanmış ve bu süreçte distal ayak arterindeki kan akış hızı, cilt kan akışı, kalp atış hızı ile kan basıncı değerleri kaydedilmiştir. Katılımcıların sağ bacakları, aralıklı negatif basınç jeneratörüne bağlı hava geçirmez bir bölmenin içine yerleştirilmiştir. Atmosferik basınçta bir temel dönemden sonra, rastgele bir sırayla sabit negatif basınç veya farklı INP desenleri ile dört farklı 120 saniyelik dizi uygulanmıştır. Sonuç olarak, alt ekstremiteye INP uygulamasından sonra sağlıklı gönüllülerde ayak perfüzyonunda artış gözlemlenmiştir (Sundby ve ark., 2016).

Hageman ve arkadaşlarının (2020) yaptığı çalışmada katılımcılardan sırtüstü pozisyonda rahatça uzanmaları istenmiştir. Alt vücut, negatif basınç uygulanmasına izin verecek şekilde göbek seviyesinde bir manşetle katılımcının gövdesi etrafında kapatılmış vakum haznesine yerleştirilmiştir. Negatif basınç döngüleri, havanın dışarıya atılması ve ardından haznenin atmosferik basınca dönmesi şeklinde dönüşümlü olarak gerçekleştirilmiştir. IVT protokolü, 9 saniye negatif basınç ve 9 saniye atmosferik basınç döngülerini içermektedir. Müdahale grubuna rastgele seçilen

hastalara 50 mBar (-37,5 mm Hg); kontrol grubuna rastgele seçilen hastalara 5 mBar (-3,75 mm Hg) negatif basınçlı IVT tedavisi uygulanmıştır. Her iki grup da 6 haftalık bir süre boyunca haftada iki seans olacak şekilde 30 dakikalık 12 IVT seansı almıştır. Cilt kan akışında artış gözlemlenmiştir. Sonuçlar, IVT uygulamasının bazı sağlıklı gönüllülerde ve periferik arter hastalığı (PAD) olan kişilerde makrosirkülasyonu ve mikrosirkülasyonu artırdığını düşündürmektedir. Bizim çalışmamızda uygulanan vakum sürekli bir şekilde ve -30 mBar seviyesinde uygulanmıştır. Her iki çalışmada da alt ekstremitelere negatif basınç, bel seviyesinden itibaren kapalı bir sistem içerisinde uygulanmıştır. Ancak bizim çalışmamızda katılımcılar, vakum etkisi altında yürüyüş yaparken, diğer çalışmada katılımcılar sırtüstü yatış pozisyonunda, yani istirahat halinde bulunmaktadır. Önceki çalışmanın amacı, IVT'nin uzun süreli (6 hafta) uygulanmasının dolaşım ve oksijenlenme üzerindeki etkilerini artırarak, ek bir tedavi olarak yararlılığını incelemektir. Oysa bizim çalışmamız, vakum uygulamasının egzersiz sırasında kas oksijenasyonu üzerindeki akut etkilerini değerlendirmeye odaklanmaktadır. Araştırmamızın bulguları, vakumlu yürüyüşün vakumsuz yürüyüşe kıyasla kas oksijenasyonunda anlamlı bir artış sağladığını ortaya koymuştur. Ancak, çalışmamızın belirli sınırlamaları bulunduğu ve bu sınırlamaların gelecekte yapılacak araştırmalarla giderilmesi gerekmektedir. Çalışmamızda vakumlu yürüyüş uygulamasının akut etkileri değerlendirilmiştir. Vakum uygulamasının yalnızca akut etkilerinin değil, uzun süreli düzenli kullanımının kas oksijenasyonu, periferik dolaşım ve genel egzersiz performansı üzerindeki etkilerini inceleyen kapsamlı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle solunum veya dolaşım sistemi hastalıkları olan bireylerde vakumlu yürüyüşün potansiyel etkileri hakkında mevcut literatürde sınırlı bilgi bulunmaktadır. Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (KOAH), kalp yetmezliği, periferik arter hastalığı (PAD) ve diyabet gibi kronik hastalıklara sahip bireylerde, vakumlu yürüyüşün uzun vadeli etkilerinin ayrı çalışmalarla değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir. Bu tür kronik durumlarda, periferik dolaşımın iyileştirilmesi, kas oksijenlenmesinin artırılması ve buna bağlı olarak kas gücünün geliştirilmesi, hastaların yaşam kalitesini yükseltebileceğini ve tedavi süreçlerini olumlu yönde etkileyebileceğini düşündürmektedir. Çalışmamızın tasarımının temelinde de vakum uygulamasının sağlıklı bireyler üzerindeki etkilerini değerlendirerek ilerleyen süreçte bu etkilerin hasta popülasyonlarda araştırılması yer almaktadır. Ayrıca, çalışmamızın yalnızca sağlıklı 18-30 yaş arası genç kadınlar üzerinde gerçekleştirilmiş olduğunu belirtmek önemlidir. Bu durum, hem

katılımcıların yaş aralığının dar bir grup ile sınırlı olmasını hem de sağlık durumlarının optimal seviyede olmasını ifade etmektedir. Sonuç olarak vakumlu yürüyüş uygulamasının sağlıklı bireylerde kas oksijenasyonu üzerindeki akut etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Vakum teknolojisinin farklı yaş gruplarında, cinsiyetlerde ve kronik hastalıklara sahip bireylerdeki potansiyel etkilerini araştıran daha geniş kapsamlı çalışmalar için bir başlangıç noktası niteliği taşımaktadır.

Yürüme sırasında vücut ağırlığı desteği (BWS) sağlayan ve alt vücut yarısına pozitif basınç (LBPP) uygulayan koşu bantları, son yıllarda gelişen teknolojiler arasında yer almaktadır. Bu tür cihazlar, genellikle bel hizasında bulunan bir hazne aracılığıyla kapalı bir sistemde çalışır ve kullanıcının vücut ağırlığının bir kısmını destekleyerek yürüme sırasında vücuda ek bir yardım sunar. Bu sistemler, alt ekstremitelerin yükünü hafifletirken, daha az enerji harcanarak daha verimli bir yürüyüş sağlanmasına yardımcı olabilir. Ancak, cihazların kapalı sistem olması, içlerinde doğrudan ölçüm yapılmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, doğru ölçüm ve analizler elde edebilmek için, farklı sensör tabanlı sistemler kullanılmaktadır. Örneğin, alt ekstremitelerin üç boyutlu (3-B) kinematikini analiz edebilmek için H-Gait adlı giyilebilir sensör tabanlı bir sistem kullanılır. H-Gait, alt ekstremitelerin vücut segment ölçümlerini, açısal hız ve ivme verilerini toplayarak alt ekstremitelerin üç boyutlu yönelimlerini hesaplamak üzere tasarlanmıştır. Bu sistem, kullanıcının alt vücut hareketlerini ayrıntılı bir biçimde izleyip analiz etmeyi mümkün kılarak, egzersizlerin etkilerini daha doğru bir şekilde değerlendirmeye olanak tanımaktadır. Kataoka ve arkadaşlarının (2021) gerçekleştirdiği çalışmada, 25 sağlıklı gönüllü yer almıştır. Katılımcılar, farklı vücut ağırlığı desteği (0%, 25%, 50%) koşulları altında yürüyüş hızlarını artırarak, LBPP koşu bandında 30 saniye süresince saatte 2,5 km hızla yürümeye başlamışlardır. Çalışma sonuçlarına göre, vücut ağırlığı desteği arttıkça diz eklemlerinin adduksiyon açıları ve ayak bileği eklemlerinin dorsifleksiyon açıları azalmıştır. Ayrıca vücut ağırlığı desteği arttıkça kalça ve diz eklemlerindeki fleksiyon açıları önemli derecede azalmıştır. Bu bulgular, LBPP koşu bandı ile sağlanan vücut ağırlığı desteğinin, yürüyüş sırasında eklem hareketliliğini ve eklem açılarını etkileyerek yürüme hareketinin kolaylaştırılmasına yardımcı olabileceğini göstermektedir. Vücut ağırlığı desteği arttıkça diz ve kalça eklemleri üzerindeki yük azalmaktadır. Eklem açıları daraldığında, hareketin biyomekanik yükü hafifler, bu da kasların daha az çalışmasına ve dolayısıyla oksijen tüketimlerinin azalmasına neden

olabilir. Sonuç olarak, vücut ağırlığı desteği ile sağlanan bu düzenleme, daha verimli bir hareket gerçekleştirilmesini sağlar ve kasların toparlanma süresini de kısaltabilir.

Yine bu çalışmaya benzer şekilde Barnes ve Janecke (2017), yüksek antrenmanlı erkek ve kadın mesafe koşucularının, alt vücut pozitif basınçlı koşu bandında (LBPPT) koşma sırasında gösterdikleri fizyolojik ve biyomekanik tepkilerini incelemiştir. Çalışma kapsamında, 7 erkek ve 8 kadın koşucudan oluşan katılımcılar, dört farklı vücut ağırlığı destek seviyesi (%0, %10, %20 ve %30) ve üç farklı koşu hızında (erkekler için 14.5, 16.1, 17.7 km/sa; kadınlar için 12.9, 14.5, 16.1 km/sa) 9 dakikalık koşu protokollerini tamamlamışlardır. Araştırmada oksijen tüketimi ( $VO_2$ ), solunum frekansı, kalp hızı ve algılanan efor (RPE) gibi fizyolojik parametreler değerlendirilmiştir. Bulgular, kadın ve erkek koşucuların fizyolojik tepkilerinin benzer olduğunu göstermiştir. Vücut ağırlığı desteğinin artışı; oksijen tüketimi, kalp hızı ve algılanan eforun azalmasına neden olmuştur. Sonuç olarak, LBPPT kullanımının koşucular üzerindeki metabolik yükü azalttığı, böylece daha düşük fizyolojik çaba ile daha uzun süre yüksek hızlarda koşmalarına olanak sağladığı ortaya konmuştur.

Barnes ve Janecke (2017) ile Kataoka ve arkadaşları (2021) tarafından yürütülen araştırmalar, alt vücut pozitif basınçlı koşu bandının (LBPPT) fizyolojik ve biyomekanik etkilerini incelemiştir. Ancak bu çalışmalar, farklı odak noktaları ve katılımcı grupları ile tasarlanmıştır. Her iki çalışmanın ortak sonucu, vücut ağırlığı desteğinin eklem hareketliliğini ve fizyolojik yükü azalttığını ortaya koymaktadır. Fakat bu çalışmalarda, spesifik olarak oksijenlenme ya da hemoglobin seviyeleri analiz edilmemiştir. Bizim çalışmamızda ise negatif basınç uygulamasının (vakumlu yürüyüş, -30 mbar) kaslardaki oksijenlenmeyi artırdığı ve toplam hemoglobin (THb) seviyesini anlamlı derecede yükselttiği gösterilmiştir. Bu, pozitif basınç uygulamasından farklı bir mekanizmayla çalışan ve kas-oksijen metabolizmasını uyaran bir yöntemdir. Farklı basınç türleri ve protokoller ile yürütülen bu çalışmaların birlikte ele alınması, rehabilitasyon ve performans artırımı için ideal egzersiz türlerini belirlemede yol gösterici olabilir.

Pozitif basınç sistemiyle çalışan koşu bantlarının yanı sıra, son yıllarda negatif basınç uygulayan koşu bantları da literatürde yer almaktadır ve bu teknoloji üzerine çeşitli bilimsel araştırmalar gerçekleştirilmektedir. Gallardo ve arkadaşlarının (2023) gerçekleştirdiği araştırma, alt vücuda negatif basınç (LBNP) uygulamanın, yürüyüş sırasında kas aktivitesi ve hemodinamik parametreler üzerindeki etkilerini detaylı bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır. LBNP, vücudun alt ekstremitelerine uygulanan

bir basınç yöntemi olup, kan akışını ve mekanik yükü etkileyerek vücutta çeşitli fizyolojik değişikliklere neden olmaktadır. Bu çalışmada, 21 ila 31 yaş arasındaki 18 kadın denek üzerinde yapılan koşu bandında sabit 5 km/s hızda 12 dakikalık yürüyüş egzersizlerinde, LBNP uygulaması üç farklı basınç seviyesinde (-15 mbar, -25 mbar, -30 mbar) gerçekleştirilmiştir. 30 dakikalık bir dinlenmenin ardından, 2. deneme gerçekleştirilmiştir. Kas hemodinamiği fonksiyonel yakın kızılötesi spektroskopi (fNIRS), kas aktivasyonu ise yüzey elektromiyografi (sEMG) kullanılarak ölçülmüştür. Ayrıca kalp hızı (HR) ve algılanan çaba, Borg CR-10 ölçeği aracılığıyla değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler, LBNP uygulamasının kas aktivasyonunu artırarak, deneklerin daha fazla mekanik iş yapmalarına olanak tanıdığını ortaya koymuştur. Bu bulgular, LBNP'nin mekanik yükü artırarak kas gücünü geliştirme potansiyeline sahip olduğunu ve özellikle ortopedik rehabilitasyon süreçlerinde faydalı olabileceğini düşündürmektedir.

Egzersiz sırasında LBNP uygulamasının, kalp hızını önemli ölçüde artırdığı ( $p<0,001$ ) belirlenmiştir. Bu bulgu, kardiyovasküler sistemdeki stresin arttığını ve vücuda ek yük bindirdiğini göstermektedir. Kalp hızı, kardiyovasküler yanıtın bir göstergesi olarak kabul edilebilir ve LBNP'nin bu parametreyi artırması, kardiyorespiratuar sistemin, egzersiz sırasında daha fazla kan pompalamak ve oksijen taşımak için daha fazla çalışmaya zorlandığını düşündürmektedir. Ayrıca bu sonuç, yüksek kalp hızı ile artan kas aktivasyonunun birlikte çalışarak kardiyorespiratuar dayanıklılığı geliştirme ve kas hipertrofisini artırma potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Kas aktivasyonunun artması, daha fazla mekanik iş yapılmasına ve dolayısıyla kasların güçlenmesine yol açabilir. Bu durum, özellikle kas gücü ve dayanıklılığı üzerine yapılan rehabilitasyon çalışmaları açısından önemlidir. Yaptığımız çalışmada, kalp hızı değerlerinde vakumlu ve vakumsuz yürüme arasında anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir. Bunun başlıca nedeni, kalp hızını kontrol altında tutmak için belirli bir yöntem izlememizdir. Egzersiz şiddetini, her bir denek için maksimum kalp hızının %65-75'lik aralığında tutarak belirlemiştik. Orta şiddetli egzersiz yapabilmek amacıyla, deneklerin kalp hızı bu aralığa çekildi ve yükleme fazı bu seviyede tamamlandı. Bu şekilde yapılan düzenleme, kalp hızındaki değişkenliğin sınırlı kalmasına neden olmuş ve dolayısıyla vakumlu ve vakumsuz yürüme koşulları arasında kalp hızı değerlerinde anlamlı bir fark oluşmamış olabilir. Bu bulgu, egzersiz şiddetinin doğru bir şekilde kontrol edilmesinin, kalp hızı üzerindeki etkileri minimize ettiğini göstermektedir.

LBNP uygulaması sırasında, oksijenlenmiş hemoglobin ( $O_2Hb$ ) ve toplam hemoglobin (THb) seviyelerinin kontrol grubuna kıyasla anlamlı şekilde azaldığı ( $p<0,007$ ) gözlemlenmiştir. Kan akışındaki bu değişiklikler, kas oksijenlenmesinin azaldığını göstermektedir. Oksijenlenmiş hemoglobinin azalması ve deoksihemoglobinin artması, kaslardaki oksijen tüketiminin arttığını ve bu süreçte oksijenin metabolik taleplerle başa çıkmak için daha hızlı kullanıldığını ortaya koymaktadır. Bizim çalışmamızda, ortalama THb seviyesinin vakumlu yürüyüş uygulaması lehine anlamlı bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir. Bu artış, kaslardaki oksijenlenmenin arttığını göstermektedir. THb seviyesindeki bu artışın nedeni, sabit bir basınç değeri (-30 mbar) ile sürekli olarak uygulanan negatif basıncın yanı sıra, oksijen kullanım oranını artıran aerobik egzersiz niteliğindeki 30 dakikalık yürüyüşün gerçekleştirilmesidir. Bu koşullar, kasların enerji üretim süreçlerini uyararak THb seviyesinin anlık yükselmesine neden olmuş olabilir. Özellikle sabit basınç uygulaması, kaslardaki oksijen taşıma sistemini uyararak, daha fazla oksijenin kaslara ulaşmasını ve enerji üretiminde kullanılmasını sağlayabilir. Bu aralık içindeki değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunsa da fizyolojik ve klinik açıdan genellikle önemli bir etki taşımamaktadır.

Bununla birlikte, düşük yoğunluklu egzersiz sırasında kas oksijen saturasyonunda belirgin bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Bu bulgu, LBNP uygulamasının oksijen kullanımını artırmasına rağmen, düşük yoğunluklu egzersizlerde kas oksijen saturasyonunun stabil kaldığını ve metabolik taleplerin karşılanmasında belirli bir denge mekanizmasının devreye girdiğini göstermektedir. Bu durum, kasların daha az oksijen kullanarak düşük yoğunluklu egzersizler sırasında enerji taleplerini karşılama kapasitesine sahip olduğunu düşündürmektedir. Sonuç olarak, LBNP uygulaması sırasında kas oksijen kullanımı artsa da, metabolik taleplerin karşılanmasında vücut, bir denge kurarak oksijen kullanımını optimal seviyede tutmayı başarmaktadır. Yaptığımız çalışmada, orta şiddetli egzersiz programı uygulanmış ve kas oksijenasyonu belirgin değişiklikler görülmemiştir. Vakumlu ve vakumsuz yürüme arasında, test sırasında ve toparlanma sürecinde maksimum ve ortalama  $SmO_2$  değerlerinde anlamlı bir fark gözlemlenmiştir. Vakumlu yürüme sırasında, kas oksijen saturasyonu daha yüksek bulunmuştur. Bu bulgu, vakumlu yürüyüş koşullarında kasların daha fazla oksijene ihtiyaç duyduğunu düşündürmektedir. Egzersiz sırasında artan oksijen ihtiyacını karşılamak için, oksijenin kandan kas hücrelerine daha fazla transfer edilmesi gerekmektedir. Bu

transferin artması, kas oksijen saturasyonunda bir yükselişe neden olabilir. Bu sonuçlar, vakumlu yürümenin kas oksijenlenmesini artırıcı etkisi hakkında önemli ipuçları sunmaktadır.

Parganlija ve arkadaşları (2020) tarafından, alt vücut negatif basınç (LBNP) uygulamasının, yavaş tempolu ve yüksek şiddetli bacak pres egzersizi sırasında kas kan akışı, oksijen tüketimi, enerji metabolizması ve anjiyojenik faktörler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada, 18 sağlıklı erkek birey yer almış ve denekler LBNP uygulanan grup ve kontrol grubu olarak iki gruba ayrılmıştır. LBNP uygulanan gruptaki katılımcılara, 40 mmHg'lik negatif basınç altında maksimum kuvvetlerinin %60'ı ile bacak pres egzersizi yaptırılmıştır. Elde edilen bulgular, LBNP'nin kaslara daha fazla kan akışı sağladığını ve bu etkiyle birlikte kas içi hemoglobin seviyelerinin arttığını göstermiştir. Ayrıca, LBNP uygulaması kalp hızı ve oksijen tüketiminde belirgin bir artışa yol açmış, bu da enerji ihtiyacının büyük ölçüde aerobik metabolizma aracılığıyla karşılandığını ortaya koymuştur. Bu çalışma, direnç egzersizleri sırasında LBNP'nin kas fizyolojisi ve enerji metabolizması üzerindeki olumlu etkilerini vurgulamaktadır.

Çalışmamızın sonuçları ile kıyaslandığında, her iki çalışma da negatif basınç uygulamasının kas oksijenasyonu üzerinde olumlu etkiler sağladığını ve kas içi hemoglobin seviyelerinin arttığını göstermektedir. Ancak, önemli bir fark var ki yaptığımız çalışma aerobik egzersiz türünderken bu çalışma direnç egzersizi olarak nitelendirilmektedir. Bu, farklı egzersiz türlerinin negatif basınca verdiği yanıtlarının, kas oksijenasyonu ve enerji metabolizması üzerindeki etkilerini anlamamıza olanak sağlamaktadır. Sonuç olarak, egzersiz türünün ve uygulanan negatif basınç şiddetinin, vücutta farklı fizyolojik yanıtlar yaratabileceğini ve bireysel egzersiz ihtiyaçlarına göre özelleştirilmesi gerektiğini düşünmekteyiz.

### **5.1. Limitasyonlar**

- Çalışmamızda quadriceps femoris kasının tek bir parçası belirlenerek yalnızca o parça için ölçüm yapılmıştır.
- Ölçüm bölgesindeki yağ dokusu kalınlığı, dokunun saçılma özellikleri üzerindeki etkisi yoluyla NIRS ölçümlerini etkilemiştir.
- Sadece kadın bireyler çalışmaya dahil edildiği için sonuçlar genelleştirilmemelidir.

- Araştırmaya yalnızca 18-30 yaş arası genç bireyler dahil edilmiş olup, farklı yaş grupları çalışmaya katılmamıştır.
- Bu çalışma yalnızca sağlıklı gönüllüler üzerinde gerçekleştirilmiş olup, farklı hasta grupları incelenmemiştir.
- Vakumlu yürüyüş sırasında flaster ile sabitlenmiş olan moxy cihazı vakumun etkisiyle aşağı doğru çekilerek ciltten ayrılabilir ve ölçümün doğruluğunu azaltabilir.
- Egzersiz boyunca oksijen yoğunluğunun dinamik değişimi, ölçüm yapılan ilgili dokunun hacminden kaynaklı olarak yakın kızılötesi oksimetreden alınan değerden daha farklı olabilir (Lai ve ark., 2009; Ferreira ve ark., 2007).
- Vücudun alt yarısına uygulanan negatif basınç sırasında gözlenen kan akışındaki değişikliklerin arkasındaki mekanizmalar hakkında ayrıntılı bilgiye sahip değiliz. Bu nedenle kesin mekanizmaları incelemek için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

## 5.2. Çalışmanın Güçlü Yönleri

Bu çalışmanın güçlü yönleri şu şekilde sıralanabilir:

- Prospektif Tasarım: Çalışma, belirli bir süre zarfında katılımcıların verilerinin toplanmasıyla yapılmış bir prospektif araştırmadır. Bu tasarım, değişkenlerin zamanla nasıl değiştiğini ve etkilerini daha iyi gözlemlemeyi mümkün kılmıştır.
- Sağlıklı ve Homojen Katılımcı Grubu: Çalışmada, yalnızca 19-30 yaş arasındaki sağlıklı sedanter kadın bireyler yer almıştır. Bu, katılımcı grubunun homojen olmasını sağlamış ve cinsiyet, yaş, sağlık durumu gibi faktörlerin araştırmanın sonuçları üzerindeki etkisini azaltmıştır. Bu da sonuçların daha güvenilir ve geçerli olmasına yardımcı olmuştur.
- Çalışmanın Gücü: İstatistiksel olarak yeterli kişi sayısının üzerine çıkılmış, çalışmanın post-hoc güç analizi sonucunda çalışmanın gücü,  $\alpha = 0,05$  kabul edildiğinde %100 olarak belirlenmiştir.
- Çift Modda Yürüyüş: Katılımcılar hem vakumlu hem de vakumsuz koşu bandı üzerinde yürütülerek iki farklı koşulda karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu, vakumlu koşu bandı kullanımının potansiyel etkilerini doğrudan ve objektif bir şekilde inceleme fırsatı sunmuştur. Böylece her iki koşul arasındaki farkların daha iyi anlaşılmasına olanak sağlamıştır.



- **Çeşitli Fizyolojik Parametrelerin Ölçülmesi:** Çalışma, katılımcıların egzersiz sırasındaki kardiyovasküler ve oksijenlenme yanıtlarını incelemek için bir dizi önemli parametreyi ölçmüştür. Kalp atım hızı (KAH), oksijen saturasyonu (SpO<sub>2</sub>), kan basıncı (KB), solunum frekansı gibi değerlerin yanı sıra, kas oksijenasyonu ve toplam hemoglobin gibi kas seviyesindeki değişiklikler de ölçülmüştür. Bu çok boyutlu yaklaşım, daha kapsamlı bir değerlendirme yapılmasını sağlamıştır.
- **Yüksek Veri Çeşitliliği:** Çalışma, farklı parametrelerin ölçülmesi ve çeşitli zaman noktalarındaki değerlendirmeler ile çok yönlü veri sağlamıştır. Bu da araştırmanın güçlü bir veri setine dayandığını ve sonuçların çoklu faktörler üzerinden değerlendirilebildiğini göstermektedir.
- **Çok Fazlı Karşılaştırmalar:** İstirahat, test ve toparlanma gibi farklı fazlardaki değerlerin ayrı ayrı karşılaştırılması, dinamik fizyolojik değişikliklerin daha ayrıntılı bir şekilde analiz edilmesini sağlamıştır.
- **NIRS Kullanımı:** NIRS teknolojisinin kullanılması, kaslardaki oksijen seviyesini ve kan akışını doğrudan ölçme fırsatı sağlamıştır. Bu teknoloji, kasların oksijenlenme durumu hakkında derinlemesine bilgi sağlayarak, çalışmanın metodolojik kalitesini artırmış ve sonuçların doğruluğunu güçlendirmiştir.
- **Kontrollü Egzersiz Protokolü:** Katılımcılara belirli bir egzersiz protokolü (ısınma, orta şiddetli aerobik yüklenme ve soğuma) uygulanmıştır. Bu protokol, her iki koşulda (vakumlu ve vakumsuz koşu bandı) aynı yüklemeye yürüyüş yapılmasını sağlayarak, karşılaştırmaların daha tutarlı ve geçerli olmasına katkı sağlamıştır.
- **Olumsuz Durumların Gözlemlenmemesi:** Çalışma sırasında herhangi bir istenmeyen durumun yaşanmamış olması, çalışmanın güvenli bir şekilde yürütüldüğünü ve katılımcılar için herhangi bir sağlık riski oluşturmadığını göstermektedir.
- **Homojen Başlangıç Değerleri:** Vakumlu ve vakumsuz koşullarda başlangıç değerlerinin genelde homojen olması ( $p>0,05$ ) bulguların güvenilirliğini artırmış ve karşılaştırmaların adil olmasını sağlamıştır.
- **Algılanan Yorgunluğun (Borg Skoru) Dahil Edilmesi:** Yalnızca fizyolojik parametreler değil, subjektif algılama verileri de değerlendirilmiştir. Bu, bireylerin hissettikleri yorgunluk seviyeleriyle fizyolojik tepkiler arasındaki ilişkiyi anlamamıza yardımcı olmuştur.

- Deri Altı Yağ Kalınlığı Ölçümünün Dahil Edilmesi: Deri altı yağ kalınlığını değerlendirmek için objektif bir yöntem olan skinfold ölçümü kullanılmıştır. Skinfold yöntemi, pratik, güvenilir ve yaygın şekilde tercih edilen bir değerlendirme aracı olarak bilinmektedir. Çalışmaya deri altı yağ kalınlığı 12 mm'nin altında olan bireylerin seçilmesi, belirli bir vücut kompozisyonuna sahip bireyleri incelenmeye odaklanarak NIRS ile yapılan ölçümlerin güvenilirliğini sağlayarak araştırmanın amacına uygun net ve homojen bir örneklem oluşturulmasını sağlamıştır.

Bu güçlü yönler, çalışmanın geçerliliğini ve güvenilirliğini artırmakta, aynı zamanda vakumlu koşu bandı kullanımının etkilerini daha iyi anlayabilmemiz için sağlam bir temel sunmaktadır.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

### a. Vital Bulguların Değişimi:

Vakumlu ve vakumsuz koşu bandında yürüyüş sırasında ve sonrasında vital bulgular (KH, SpO<sub>2</sub>, KB, solunum frekansı, Borg değerleri) egzersizin normal fizyolojik değişimlerine uyumlu olarak değişmiştir. Vakumlu ve vakumsuz yürüyüş koşulları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

### b. Vakum Etkisi (Negatif Basıncın Etkisi):

Vakum modunun uyguladığı negatif basıncın kas dokusundaki kan dolaşımını ve oksijenlenmeyi artırdığı görülmüştür.

### c. SmO<sub>2</sub> ve THb Değerleri:

Vakumlu ve vakumsuz koşu bandındaki yürüyüş esnasında vastus lateralis kasının oksijenasyonu incelendiğinde;

- Yürüyüş sırasında vastus lateralis kasının oksijenasyonunda değişiklikler olduğu belirlenmiştir. Hem vakumlu hem de vakumsuz yürüyüş vastus lateralis kasının oksijenasyonunu etkilemiştir.
- İstirahat anında vakumlu ve vakumsuz koşu bandında SmO<sub>2</sub> ve THb değerlerinin birbirine benzer olduğu gözlemlenmiştir ( $p>0,05$ ). Yürüyüş sırasında ( $p=0,001$ ) ve toparlanma sürecinde ( $p=0,007$ ) vakumlu koşu bandında SmO<sub>2</sub> değerlerin istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu da vakum (negatif basınç) uygulamasının kas dolaşımını ve oksijen taşınmasını iyileştirebileceğini düşündürmektedir.
- Vakum gözetmeksizin istirahatten yürüyüşe geçildiğinde SmO<sub>2</sub> seviyesi artmakta, yürüyüş bitiminden toparlanmaya geçildiğinde yine SmO<sub>2</sub> seviyesi artmaktadır. Bu da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu artışlar, her iki yürüyüş koşulunun kas oksijenasyonu ve toplam hemoglobin düzeyleri üzerinde benzer etkiler yarattığını, egzersizin dinamik süreçlerinde kas oksijenlenmesinin fizyolojik yanıtlarının düzenli olduğunu ve bu yanıtların vakum uygulamasıyla daha belirgin hale geldiğini ortaya koymaktadır.

Bu sonuçlar, vakumlu koşu bandında yapılan egzersizin, özellikle dolaşım veya kas oksijenlenmesi sorunları olan bireylerde, kas metabolizmasını ve performansı destekleyici bir araç olarak kullanılabileceğini işaret etmektedir. Vakumlu koşu bandı kullanımının kas oksijenasyonu ve hemoglobin seviyeleri üzerindeki etkisini daha net değerlendirebilmek için daha ileri araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

## 6.1. Öneriler

- Araştırmanın kapsamını genişletmek ve daha genel sonuçlar elde edebilmek amacıyla, ilerleyen dönemlerde farklı yaş gruplarını da içeren kapsamlı çalışmaların yapılması önerilmektedir. Böyle bir yaklaşım, vakumun etkilerinin yaşa bağlı değişimlerini daha iyi anlamaya ve çeşitli yaş gruplarındaki bireyler için daha spesifik öneriler geliştirmeye olanak sağlayabilir.
- Araştırma kapsamına erkek bireylerin de dahil edilmesi, çalışmanın genellenebilirliğini artırabilir ve cinsiyetler arasındaki farklılıkların değerlendirilmesine olanak tanıyabilir. Bu tür bir yaklaşım, elde edilen bulguların hem kadın hem de erkek bireyler için daha geniş bir perspektifte yorumlanmasını sağlayarak literatüre önemli katkılar sunabilir.
- Çalışma kapsamına farklı kas gruplarının performans ve fizyolojik değerlerinin dahil edilmesi, vakumun kas grupları üzerindeki etkilerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesine olanak tanıyacak ve kas sistemine dair daha ayrıntılı bir anlayış geliştirilmesine katkıda bulunacaktır.
- Bu çalışma, bir pilot çalışma olduğu için yalnızca sağlıklı kadın bireyler üzerinde gerçekleştirilmiş ve homojen sonuçlar elde edebilmek için farklı yaş gruplarını dahi içermemiştir. Öncelikli olarak sağlıklı bireylerde değerlendirme yapılmış olup, ilerleyen süreçte dolaşım ve solunum problemleri yaşayan bireylerde (KOA, PAD, diyabet veya omurilik yaralanması sonrası disfonksiyonel otonom sinir sistemi olan hastalarda) vakum etkilerinin incelenmesi gerektiği düşünülmektedir. Sağlıklı bireylerde vakumun olumlu etkileri gözlemlendiğinden, benzer faydaların bu hasta gruplarında da ortaya çıkabileceği öngörülmektedir.

## 7. KAYNAKLAR

- Acıcan, T. (2003). Arter kan gazları. *Yoğun Bakım Dergisi*, 3(3):160-175.
- Açıkada, C., Ergen, E. (1990). *Bilim Ve Spor*. Ankara.
- Alderliesten, T., Dix, L., Baerts, W. (2016). Reference values of regional cerebral oxygen saturation during the first 3 days of life in preterm neonates. *Pediatr Res* 2016;79:55-64.
- Ardıç, F. (2015). *Obezite Rehabilitasyonu. Tıbbi Rehabilitasyon*. Oğuz H. 3. Baskı. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi. 2015:1131-46.
- Astrand, P.O., Rodahl, K. (1986). *The Muscle And Its Contraction. Textbook Of Work Physiology: Physiological Basis Of Exercise*, 3. Edition, Mcgraw-Hill Book Company, Printed In The U.S.A., S.12-53.
- Barnes, K.R., Janecke, J.N. (2017). Physiological and Biomechanical Responses of Highly Trained Distance Runners to Lower-Body Positive Pressure Treadmill Running. *Sports Med - Open* 3, 41. <https://doi.org/10.1186/s40798-017-0108-x>.
- Barstow, T. J. (2019). Understanding near infrared spectroscopy and its application to skeletal muscle research. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md. : 1985), 126(5), 1360–1376. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00166.2018>.
- Bordoni, B., & Varacallo, M. (2023). *Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb: Thigh Quadriceps Muscle*. In StatPearls. StatPearls Publishing.
- Bompa, T. O. (1991). *Theory And Methodology Of Training Second Edition*. Kendall/Hunt Publishing Company.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & science in sports & exercise*.
- Bouchard, C., Godbout, P., Mondor, J. C., & Leblanc, C. (1979). Specificity of maximal aerobic power. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 40, 85-93.
- Boushel, R., Langberg, H., Olesen, J., Gonzales-Alonzo, J., Bülow, J., & Kjaer, M. (2001). Monitoring tissue oxygen availability with near infrared spectroscopy (NIRS) in health and disease. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 11(4), 213–222. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2001.110404.x>.
- Buono, M. J., Miller, P. W., Hom, C., Pozos, R. S., & Kolkhorst, F. W. (2005). Skin blood flow affects in vivo near-infrared spectroscopy measurements in human skeletal muscle. *The Japanese journal of physiology*, 55(4), 241–244. <https://doi.org/10.2170/jjphysiol.T649>.
- Burton, R. F. (2007). Why is the body mass index calculated as mass/height<sup>2</sup>, not as mass/height<sup>3</sup>?. *Annals of human biology*, 34(6), 656-663.
- Cohn S. M. (2007). Near-infrared spectroscopy: potential clinical benefits in surgery. *Journal of the American College of Surgeons*, 205(2), 322–332. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2007.02.024>.
- Colberg-Ochs, S.R., Ehrman, J.K., Johann, J., Kokkinos, P., Liguori, G., Pack, R.Q. (2016). Exercise testing and prescription for populations with metabolic diseases and cardiovascular disease risk factors. *ACSM's guidelines for exercise testing and*

- prescribing. Riebe D, Ehrman JK, Liguori G, Magal M. Chapter 10. 10th ed. 2016;404-409.
- Craig, C. L., Marshall, A. L., Sjöström, M., Bauman, A. E., Booth, M. L., Ainsworth, B. E., . . . Sallis, J. F. (2003). International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Medicine science in sports exercise*, 35(8), 1381-1395.
- Crum, E. M., O'connor, W. J., Van Loo, L., Valckx, M., & Stannard, S. R. (2017). Validity and reliability of the Moxy oxygen monitor during incremental cycling exercise. *European journal of sport science*, 17(8), 1037-1043.
- Demirel, H.A., Koşar, N.Ş. (2002). İnsan anatomisi ve kineziyoloji. Ankara: Nobel Kitabevi; s:121-7.
- Dilli, D., Soylu, H., & Tekin, N. (2018). Neonatal hemodynamics and management of hypotension in newborns. *Turk pediatri arsivi*, 53(Suppl 1), S65–S75. <https://doi.org/10.5152/TurkPediatriArs.2018.01801>.
- Elsayed, Y. N., & Fraser, D. (2016). Integrated Evaluation of Neonatal Hemodynamics, Part 2: Systematic Bedside Assessment. *Neonatal network : NN*, 35(4), 192–203. <https://doi.org/10.1891/0730-0832.35.4.192>.
- Ergen, E. (1993). Spor fizyolojisi. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayınları.
- Ergün, A., & Erten, S. F. (2004). Öğrencilerde Vücut Kitle İndeksi ve Bel Çevresi Değerlerinin İncelenmesi. *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası*, 57(2). [https://doi.org/10.1501/Tipfak\\_0000000102](https://doi.org/10.1501/Tipfak_0000000102).
- Eston, R. G., & Reilly, T. (Eds.). (2009). *Kinanthropometry and Exercise Physiology Laboratory Manual: Anthropometry (Vol. 1)*. Taylor & Francis.
- Feldmann, A., Schmitz, R., & 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. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.24.11.115001>.
- Ferrari, M., Giannini, I., Sideri, G., & Zanette, E. (1985). Continuous non invasive monitoring of human brain by near infrared spectroscopy. *Advances in experimental medicine and biology*, 191, 873–882. [https://doi.org/10.1007/978-1-4684-3291-6\\_88](https://doi.org/10.1007/978-1-4684-3291-6_88).
- Ferrari, M., Mottola, L., & Quaresima, V. (2004). Principles, techniques, and limitations of near infrared spectroscopy. *Canadian journal of applied physiology = Revue canadienne de physiologie appliquee*, 29(4), 463–487. <https://doi.org/10.1139/h04-031>.
- Ferrari, M., Muthalib, M., & 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. <https://doi.org/10.1098/rsta.2011.0230>.
- Ferreira, L. F., Hueber, D. M., & Barstow, T. J. (2007). Effects of assuming constant optical scattering on measurements of muscle oxygenation by near-infrared spectroscopy during exercise. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 102(1), 358–367. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00920.2005>.

- Formenti, D., Perpetuini, D., Iodice, P., Cardone, D., Michielon, G., Scurati, R., Merla, A. (2018). Effects of knee extension with different speeds of movement on muscle and cerebral oxygenation. *PeerJ*, 6, e5704.
- Foss, M.L., Keteyian, S.J., & Fox, E.L. (1997). *Fox's physiological basis for exercise and sport* (6th edition).
- Fox, E., Bowers, R., & Foos, M. (1993). *The physiological basis for exercise and sport*. Dubuque, IA: Brown & Benchmark Pubs.
- Gallardo, P., Giannakopoulos, J., Romare, M., Karanika, P., Elcadi, G. H., Tsaklis P. V. (2023). The Effect of Upright Lower Body Negative Pressure on Muscle Activity and Hemodynamics during Exercise. *Austin Sports Med.* 2023; 8(1):1053.
- Grassi, B., & Quaresima, V. (2016). Near-infrared spectroscopy and skeletal muscle oxidative function in vivo in health and disease: a review from an exercise physiology perspective. *Journal of biomedical optics*, 21(9), 091313. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.21.9.091313>.
- Günay, M. (1998). *Egzersiz Fizyolojisi*. Ankara : Bağırgan Yayımevi.
- Günay, M., Tamer, K., Cicioğlu, G. (2006). *Spor fizyolojisi ve performans ölçümü*, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Hageman, D., Fokkenrood, H. J. P., van Deursen, B. A. C., Gommans, L. N. M., Cancrinus, E., Scheltinga, M. R. M., & Teijink, J. A. W. (2020). Randomized controlled trial of vacuum therapy for intermittent claudication. *Journal of vascular surgery*, 71(5), 1692–1701.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2019.08.239>.
- Hiroyuki, H., Hamaoka, T., Sako, T. et al. Oxygenation in vastus lateralis and lateral head of gastrocnemius during treadmill walking and running in humans. *Eur J Appl Physiol* 87, 343–349 (2002). <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0644-y>.
- Hole, J. W. (1990). *Human Anatomy and Physiology*. USA: Wm. C. Brown Publishers, p.282.
- Jahnsen, P. (1989). *Lactate Pulse Rate: New York Heart Rate Monitoring As Measure Ofphysical Activity İn Children*.
- Jones, S., D'Silva, A., Bhuva, A., Lloyd, G., Manisty, C., Moon, J. C., Sharma, S., & Hughes, A. D. (2017). Improved Exercise-Related Skeletal Muscle Oxygen Consumption Following Uptake of Endurance Training Measured Using Near-Infrared Spectroscopy. *Frontiers in physiology*, 8, 1018. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.01018>.
- Joyner, M. J. (1993). Physiological limiting factors and distance running: influence of gender and age on record performances. *Exercise and sport sciences reviews*, 21, 103–133.
- Kataoka, Y., Takeda, R., Tadano, S., Ishida, T., Saito, Y., Osuka, S., Samukawa, M., & Tohyama, H. (2021). Analysis of 3-D Kinematics Using H-Gait System during Walking on a Lower Body Positive Pressure Treadmill. *Sensors*, 21(8), 2619. <https://doi.org/10.3390/s21082619>.
- Kin, A., Hazır, T., & Ergen, E. (1994). Step ve Aerobik Egzersizlerinde Borg Skalasının Güvenirliği ve Geçerliği. *Spor Bilimleri Dergisi*, 7(4), 4-12.
- Koçoğlu, H. (2006). Doku oksijenasyonu. *Türk Yoğun Bakım Derneği Dergisi*, 4(2):6-10.

- Koirala, B., Saidel, G. M., Hernández, A., Gladden, L. B., & Lai, N. (2021). Effect of Blood Flow on Hemoglobin and Myoglobin Oxygenation in Contracting Muscle Using Near-Infrared Spectroscopy. *Advances in experimental medicine and biology*, 1269, 367–372. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-48238-1\\_58](https://doi.org/10.1007/978-3-030-48238-1_58).
- Kopydlowski, N.J., Weber, A.E., Sekiya, J.K. (2014). Functional Anatomy of the Hamstrings and Quadriceps. In: Kaeding, C., Borchers, J. (eds) *Hamstring and Quadriceps Injuries in Athletes*. Springer, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7510-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7510-2_1).
- Kozanoğlu, M.E. (2004) Adolesan ve Egzersiz. [http://www.sabem.saglik.gov.tr/kaynaklar/229\\_28egzersiz.pdf](http://www.sabem.saglik.gov.tr/kaynaklar/229_28egzersiz.pdf).
- Kunduracılar, Z. (2017). Egzersiz Eğitim Tipleri. *Kardiyak ve Pulmoner Rehabilitasyon*. Uzun M. (Ed.), (s. 303-309). İstanbul: İstanbul Tıp Kitabevleri.
- Kurtaiş, Y. (2016). Terapötik Egzersizler. *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon*. M. Beyazova, Y.G. Kutsal (Ed.), (s. 919-936). Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri.
- Lai, N., Zhou, H., Saidel, G. M., Wolf, M., McCully, K., Gladden, L. B., & Cabrera, M. E. (2009). Modeling oxygenation in venous blood and skeletal muscle in response to exercise using near-infrared spectroscopy. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md. : 1985), 106(6), 1858–1874. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.91102.2008>.
- Laughlin, M. H., Davis, M. J., Secher, N. H., van Lieshout, J. J., Arce-Esquivel, A. A., Simmons, G. H., Bender, S. B., Padilla, J., Bache, R. J., Merkus, D., & Duncker, D. J. (2012). Peripheral circulation. *Comprehensive Physiology*, 2(1), 321–447. <https://doi.org/10.1002/cphy.c100048>
- Lin, TY., Lin, L.L., Ho, TC., Chen, J-J. (2014). Investigating the adaptation of muscle oxygenation to resistance training for elders and young men using near-infrared spectroscopy. *Eur J Appl Physiol* 114, 187–96. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2763-z>.
- Lucero, A. A., Addae, G., Lawrence, W., Neway, B., Credeur, D. P., Faulkner, J., Rowlands, D., & Stoner, L. (2018). Reliability of muscle blood flow and oxygen consumption response from exercise using near-infrared spectroscopy. *Experimental physiology*, 103(1), 90–100. <https://doi.org/10.1113/EP086537>.
- Malina, R.M. , Bouchard, C. , & Bar-Or, O. (2004). *Growth, Maturation, and Physical Activity*. Champaign, IL: Human Kinetics. Retrieved November 28, 2024, from <http://dx.doi.org/10.5040/9781492596837>.
- Mancini, D. M., Bolinger, L., Li, H., Kendrick, K., Chance, B., & Wilson, J. R. (1994). Validation of near-infrared spectroscopy in humans. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md. : 1985), 77(6), 2740–2747. <https://doi.org/10.1152/jappl.1994.77.6.2740>.
- Marin, T., & Moore, J. (2011). Understanding near-infrared spectroscopy. *Advances in neonatal care : official journal of the National Association of Neonatal Nurses*, 11(6), 382–388. <https://doi.org/10.1097/ANC.0b013e3182337ebb>
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2006). *Essentials of exercise physiology*. Lippincott Williams & Wilkins, s;170-205.
- McManus, C. J., Collison, J., & Cooper, C. E. (2018). Performance comparison of the MOXY and PortaMon near-infrared spectroscopy muscle oximeters at rest and during



- exercise. Journal of biomedical optics, 23(1), 1–14. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.23.1.015007>.
- Moxy Monitor, 2014. Erişim adresi: [http://www.moxymonitor.com/wp-content/themes/moxymonitor/documents/Moxy\\_Scientific\\_Explanation\\_march2014.pdf](http://www.moxymonitor.com/wp-content/themes/moxymonitor/documents/Moxy_Scientific_Explanation_march2014.pdf) (Erişim tarihi: 08.08.2024)
- Moxy Monitor, 2024. Erişim adresi: <https://www.moxymonitor.com/device/> (Erişim tarihi: 08.08.2024)
- Nagle, F. J. (1973). Physiological assessment of maximal performance. Exercise and sport sciences reviews, 1, 313–338.
- Niemeijer, V. M., Spee, R. F., Jansen, J. P., Buskermolen, A. B., van Dijk, T., Wijn, P. F., & Kemps, H. M. (2017). Test-retest reliability of skeletal muscle oxygenation measurements during submaximal cycling exercise in patients with chronic heart failure. Clin Physiol Funct Imaging, 37(1), 68-78. doi:10.1111/cpf.12269.
- Orhan, C., Akbayrak, T., Kaya, S., Kav, T., & Kerem Günel, M. (2015). Fiziksel aktivite seviyesi ile konstipasyon şiddeti arasındaki ilişkinin incelenmesi. Journal of Exercise Therapy Rehabilitation, 2(2), 66-73.
- Özcan, H. (2023). Farklı Egzersiz Çeşitlerinin Kuadriseps Femoris Kasının Oksijen Saturasyonu Üzerine Etkisi. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Parganlija, D., Gehlert, S., Herrera, F., Rittweger, J., Bloch, W., & Zange, J. (2020). Enhanced Blood Supply Through Lower Body Negative Pressure During Slow-Paced, High Load Leg Press Exercise Alters the Response of Muscle AMPK and Circulating Angiogenic Factors. Frontiers in physiology, 11, 781. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00781>.
- Pasta, G., Nanni, G., Molini, L., & Bianchi, S. (2010). Sonography of the quadriceps muscle: Examination technique, normal anatomy, and traumatic lesions. Journal of ultrasound, 13(2), 76–84. <https://doi.org/10.1016/j.jus.2010.07.004>.
- Pellicer, A., Greisen, G., Benders, M., Claris, O., Dempsey, E., Fumagalli, M., Glud, C., Hagmann, C., Hellström-Westas, L., Hyttel-Sorensen, S., Lemmers, P., Naulaers, G., Pichler, G., Roll, C., van Bel, F., van Oeveren, W., Skoog, M., Wolf, M., & Austin, T. (2013). The SafeBoosC phase II randomised clinical trial: a treatment guideline for targeted near-infrared-derived cerebral tissue oxygenation versus standard treatment in extremely preterm infants. Neonatology, 104(3), 171–178. <https://doi.org/10.1159/000351346>.
- Pope, J. D., El Bitar, Y., Mabrouk, A., & Plexousakis, M. P. (2023). Quadriceps Tendon Rupture. In StatPearls. StatPearls Publishing.
- Quaresima, V., & Ferrari, M. (2002). More on the use of near-infrared spectroscopy to measure muscle oxygenation in humans. European journal of applied physiology, 88(3), 294-5.
- Rissanen, A. P., Tikkanen, H. O., Koponen, A. S., Aho, J. M., Hägglund, H., Lindholm, H., & Peltonen, J. E. (2012). Alveolar gas exchange and tissue oxygenation during incremental treadmill exercise, and their associations with blood O<sub>2</sub> carrying capacity. Frontiers in physiology, 3, 265. <https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00265>.

- Sağlam, M., Arikan, H., Savci, S., Inal-Ince, D., Bosnak-Guclu, M., Karabulut, E., & Tokgozoglu, L. (2010). International physical activity questionnaire: reliability and validity of the Turkish version. *Perceptual motor skills*, 111(1), 278-284.
- Sinkowitz, S. J., & Gottlieb, I. (1917). Thrombo-angitis obliterans: the conservative treatment by Bier's hyperemia suction apparatus. *Journal of the American Medical Association*, 68(13), 961-963. doi:10.1001/jama.1917.04270030293005.
- Smyth, C. N. (1969). Effect of suction on blood-flow in ischaemic limbs. *Lancet* 2:657–659.
- Sood, B. G., McLaughlin, K., & Cortez, J. (2015). Near-infrared spectroscopy: applications in neonates. *Seminars in fetal & neonatal medicine*, 20(3), 164–172. <https://doi.org/10.1016/j.siny.2015.03.008>.
- Southern, W. M., Ryan, T. E., Reynolds, M. A., & McCully, K. (2014). Reproducibility of near-infrared spectroscopy measurements of oxidative function and postexercise recovery kinetics in the medial gastrocnemius muscle. *Appl Physiol Nutr Metab*, 39(5), 521-529. doi:10.1139/apnm-2013-0347.
- Sundby, Ø. H., Høiseth, L. Ø., Mathiesen, I., Jørgensen, J. J., Weedon-Fekjær, H., & Hisdal, J. (2016). Application of intermittent negative pressure on the lower extremity and its effect on macro- and microcirculation in the foot of healthy volunteers. *Physiological reports*, 4(17), e12911. <https://doi.org/10.14814/phy2.12911>.
- Taner, D. (1998). Fonksiyonel anatomi. 8.baskı, Ankara: Pelikan Yayınevi.
- Uzun, M. (2014). Egzersiz Testleri. R. Demir(ed). Kardiyak ve Pulmoner Rehabilitasyon, s;213-220. Ankara.
- Vacutherm, 2021. Erişim adresi: <https://palmsfit.com/blog-vacutherm> (Erişim tarihi: 08.08.2024)
- Vline, 2022. Erişim adresi: <https://vline.com.tr/saglik.php> (Erişim tarihi: 08.08.2024)
- Vural, Ö., Eler, S., & Atalay Güzel, N. (2010). Masa Başı Çalışanlarda Fiziksel Aktivite Düzeyi ve Yaşam Kalitesi İlişkisi. *Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 8(2), 69-75.
- Wegrzynowska-Teodorczyk, K., Siennicka, A., Josiak, K., Zymliński, R., Kasztura, M., Banasiak, W., Wozniowski, M. (2018). Evaluation of Skeletal Muscle Function and Effects of Early Rehabilitation during Acute Heart Failure: Rationale and Study Design. *Biomed Res Int*, 2018, 6982897. doi:10.1155/2018/6982897.
- Westerterp, K. R. (2009). Assessment of physical activity: a critical appraisal. *European journal of applied physiology*, 105(6), 823–828. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1000-2>.
- Willingham, T. B., & McCully, K. K. (2017). In Vivo Assessment of Mitochondrial Dysfunction in Clinical Populations Using Near-Infrared Spectroscopy. *Front Physiol*, 8, 689. doi:10.3389/fphys.2017.00689.
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2004). *Physiology of Sport and Exercise*. 3rd. Hong Kong. Human Kinetic.
- World Health Organization, Physical Activity, 2024. Erişim adresi: [https://www.who.int/health-topics/physical-activity#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/physical-activity#tab=tab_1) (Erişim tarihi: 08.08.2024)

## 8. EKLER

### 8.1. EK 1: Etik Kurul Onayı

Evrak Tarih ve Sayısı: 07.07.2023-446



T.C.

**BANDIRMA ONYEDİYÜL ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ**  
**SAĞLIK BİLİMLERİ GİRİŞİMSSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU**  
**TOPLANTI TUTANAĞI**

**GÜNDEM:** Dr. Öğr. Üyesi Gülhan YILMAZ GÖKMEN'in 2023 -97 numaralı başvurusunun değerlendirilmesi

**KARAR:** Etik Kurulumuzun 21.06.2023 tarihinde saat 14.00'te yapılan 2023-6 sayılı toplantısında Dr. Öğr. Üyesi Gülhan YILMAZ GÖKMEN danışmanlığında Fzt. Damla YAŞARLAR tarafından yürütülmesi planlanan 2023-97 başvuru sayılı " **Sağlıklı Kadınlarda Vakumlu Koşubandında Yapılan Yürüyüşün Kas Oksijenasyonuna Etkisinin İncelenmesi**" konulu çalışma etik açıdan uygun bulunmuştur.

## 8.2. Ek 2: Onam Formu



### BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

... / ... / .....

Sizi Fizyoterapist Damla YAŞARLAR tarafından yürütölen “**Vakumlu Koşu bandında Yapılan Yürüyüşün Kas Oksijenasyonuna Etkisinin İncelenmesi**” başlıklı araştırmaya davet ediyoruz. Bu araştırmaya katılıp katılmama kararını vermeden önce, araştırmanın neden ve nasıl yapılacağını bilmeniz gerekmektedir. Bu nedenle bu formun okunup anlaşılması büyük önem taşımaktadır. Eğer anlayamadığınız ve sizin için açık olmayan şeyler varsa, ya da daha fazla bilgi isterseniz bize sorunuz.

Çalışma süresince vereceğiniz bilgiler kesinlikle gizli tutulacak olup sadece çalışmayı denetleyen kişiler, etik kurul ya da resmi makamlarca incelenebilecektir. Bilgileriniz yalnızca araştırma amacıyla toplanmaktadır. Verilerinizle ilgili bilgiler sadece çalışmaya katılacak araştırmacıların ulaşabileceği şekilde korunmaktadır. Herhangi bir yayın ve raporda çalışma sonuçları kullanılması durumunda sizin isminiz kullanılmayacaktır.

Bu araştırmada yer almanız nedeniyle size herhangi bir ücret ödenmeyecektir, ayrıca, bu araştırma kapsamında sizden hiçbir ücret istenmeyecektir. Size verilen formlardaki soruları yanıtlarken kimsenin baskısı veya telkini altında olmayın. Bu formlardan elde edilecek bilgiler tamamen araştırma amacı ile kullanılacaktır. Çalışmamız Üniversite etik kurulundan izin alarak gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmaya katılmak tamamen **gönüllölük** esasına dayanmaktadır. Çalışmaya **katılmama** veya katıldıktan sonra herhangi bir anda **çalışmadan çıkma** hakkına sahipsiniz. Araştırmacı da gönüllölünün kendi rızasına bakmaksızın **çalışma dışı** bırakabilir.

Bu olur formunun bir örneği size verildikten sonra çalışmaya başlanacaktır.

#### Araştırmayla İlgili Bilgiler:

- Araştırmanın Amacı: Araştırmamızda amacımız sağlıklı kadınlarda vakumlu koşu bandında yürüme ile vakumsuz ortamdaki koşu bandında (normal koşu bandında) yürüme sırasındaki kas oksijenasyonundaki farklılıkları inceleyerek vakumlu koşu bandının kas üzerine etkisini araştırmaktır.
- Gönüllölülerin araştırmaya katılacağı süre: Katılımcılar 2 kez değerlendirmeye alınacaktır ve 1. değerlendirme ortalama 40 dk, 2. değerlendirme de ortalama 40 dakika sürecektir.

- c. İzlenecek işlemler: Çalışmaya katılmayı kabul eden bireylere Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi uygulanacaktır. Anket sonucuna göre <600 MET-dk/hafta olan bireyler çalışmaya dahil edilecektir. Deri altı yağ kalınlığını ölçmek için skinfold kaliper kullanılacaktır. Ölçüm yapılacak bölgede sol elin baş parmağı ve işaret parmağı arasına deri kıvrımı alınacak ve 2 saniye bekledikten sonra sağ elde tutulan skinfold kaliper ile deri kıvrımına dik olacak şekilde ölçüm yapılacaktır. Deri altı yağ kalınlığı ölçümü uyluk ön bölgesinden ölçülecektir. Uyluk ön bölgesi için inguinal sınır ile patellanın proksimal sınırı arasındaki orta nokta kriter alınacaktır. Ölçüm katılımcı ayakta ve ölçüm yapılan dizi hafif fleksiyonda iken gerçekleştirilecektir. Deri altı yağ kalınlığı <12mm olanlar çalışmaya dahil edilecektir. Literatür bilgisine dayanarak katılımcılardan çalışmanın gerçekleştirileceği tarihten 2 gün öncesinde ağır fiziksel aktivite yapmaması ve 4 saat öncesinde alkol ve kafein içeren ürünler kullanmaması talep edilecektir. Katılımcılar gelmeden önce çalışmanın yapılacağı oda sıcaklığı 22-24oC'ye ayarlanacaktır (Formenti ve ark, 2018). Katılımcılara çalışma hakkında bilgilendirme yapıp Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu imzalatılacaktır. Daha sonra Demografik Veri Formu doldurularak katılımcılara ait bilgiler kaydedilecektir. Katılımcıların dakika kalp hızı ve solunum frekansı, pulse oksimetre ile O2 satürasyonu, manuel tansiyon aleti ile kan basıncı ölçülecektir. Katılımcıların quadriceps femoris kasının gevşek olduğu uzun oturma pozisyonunda kas oksijen monitörü ile kas oksijenizasyonunun ilk değerlendirmesi yapılacaktır. Daha sonra katılımcıların koşu bandı üzerinde egzersiz düzeyini belirlemek için maksimum kalp hızı hesaplama yöntemi (220-yaş) kullanılacaktır. Çalışmamızda katılımcılara orta şiddetli egzersiz programı uygulanacaktır. Egzersiz şiddeti kalp hızı ve algılanan zorluk derecesi (Modifiye Borg Skalası ile) sorgulanarak kontrol edilecektir. Maksimum kalp hızının %65-%75 ve algılanan zorluk derecesinin borg skalasına göre 3-4 olması hedeflenecektir. Katılımcının vakumlu koşu bandı üzerinde hesaplanan egzersiz şiddetinde 20 dakika boyunca (Kunduracılar, 2017), kas oksijen monitörü takılı bir şekilde (quadriceps femoris kası üzerinde) yürümesi istenecektir. Bu sırada kas oksijen monitörü katılımcıya ait ölçümleri kaydedecektir. Egzersiz sonrası 0. ve 5. dk'larda katılımcının dinlenme pozisyonundaki kas oksijenizasyonu ve vital bulguları ölçülecektir. Aynı katılımcılar en az 3 gün sonra tekrar davet edilecek ve aynı ölçümler gerçekleştirilecektir. Ancak bu kez aynı koşu bandı üzerinde fakat vakumsuz ortamda (normal koşu bandında) yürümesi istenecektir.
- d. Uygulama sırasındaki oluşabilecek rahatsızlıklar ve riskler: Araştırma sırasında oluşabilecek bir rahatsızlık ya da risk bulunmamaktadır.
- e. Kişi veya kişiler için araştırmadan beklenen tıbbi yarar: Katılımcılara objektif veriler sunarak egzersiz hakkında farkındalık oluşturmak ve bu sayede egzersize katılım konusunda katılımcıların motivasyonlarını artırmaya katkı sağlamaktır.
- f. Araştırmaya Katılması Beklenen Katılımcı/Gönüllü Sayısı: 32
- g. Araştırmanın Yapılacağı Yer(ler): Özel bir danışma merkezi (Karacabey/BURSA)

Yukarıda gönüllüye araştırmadan önce verilmesi gereken metni okudum. Bunlar hakkında bana yazılı ve sözlü açıklamalar yapıldı. Bu koşullarla söz konusu araştırmaya kendi rızamla, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın katılmayı kabul ediyorum.

Gönüllünün Adı- Soyadı:

Açıklamaları yapan araştırmacının

İmzası:

Adı- Soyadı :

Telefon No :

İmzası:

Adresi :

**Velayet veya vesayet altında bulunanlar için**

**Veli / Vasi Adı – Soyadı:**

**İmzası:**

**Telefon No :**

**Adresi :**

### 8.3. EK 3: Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi

Hastanın Adı-Soyadı:

Tarih:

#### Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi (Kısa)

Günlük yaşam içerisinde yaptığınız aktiviteler hakkında bilgi edinmek istiyoruz. Aşağıda son 7 gün içerisinde fiziksel olarak harcanan zaman hakkında sorular bulunmaktadır. Lütfen kendinizi çok hareketli, bir kişi olarak görmesiniz dahi her soruyu cevaplayın. Ev ve bahçe işlerinizi, iş yerinde yaptığınız aktiviteleri, bir yerden bir yere gitmek için yaptıklarınızı, boş zamanlarınızda yaptığınız egzersiz veya spor gibi aktiviteleri düşünün. Son 7 gün içerisinde 10 dakika veya üzerinde süren nefesini hızlandıran, kuvvet gerektiren tüm yoğun faaliyetleri göz önünde bulundurun.

1. Son bir hafta içinde kaç gün ağır kaldırma, kazma, aerobik, basketbol, futbol veya hızlı bisiklet çevirme gibi şiddetli bedensel güç gerektiren faaliyetlerden yaptınız?

☐ Şiddetli fiziksel aktivite yapmadım. ( Bu şıkkı işaretlediyseniz 3. Soruya geçiniz.) ☐ Haftada.....gün

2. Bu günlerin birinde şiddetli fiziksel aktivite yaparak genellikle ne kadar zaman harcadınız?

☐ Bilmiyorum / Emin değilim ☐ Günde..... dakika ☐ Günde..... saat

Geçen bir hafta içinde yaptığınız orta dereceli fiziksel aktiviteleri düşünün. Bunlar 10 dakika veya daha uzun süren, orta derece fiziksel güç gerektiren ve normalden biraz sık nefes almaya neden olan aktivitelerdir.

3. Son bir hafta içinde kaç gün hafif yük taşıma, normal hızda bisiklet çevirme, halk oyunları, dans, bowling veya tenis gibi orta dereceli bedensel güç gerektiren faaliyetlerden yaptınız? (Yürüme hariç.)

☐ Orta dereceli fiziksel aktivite yapmadım. (Bu şıkkı işaretlediyseniz 5. Soruya geçiniz.) ☐ Haftada..... gün

4. Bu günlerin birinde orta dereceli fiziksel aktivite yaparak genellikle ne kadar zaman harcadınız?

☐ Bilmiyorum / Emin değilim ☐ Günde..... dakika ☐ Günde..... saat

Geçen bir hafta içinde yürüyerek geçirdiğiniz zamanı düşünün. Bu; işyerinde, evde, bir yerden bir yere ulaşım amacıyla veya sadece dinlenme, spor, egzersiz veya hobi amacıyla yaptığınız yürüyüş olabilir.

5. Geçen 7 gün içerisinde, bir seferde en az 10 dakika yürüdüğünüz gün sayısı kaçtır?

☐ Yürümedim ( Bu şıkkı işaretlediyseniz 7. Soruya geçiniz.) ☐ Haftada..... gün

6. Bu günlerden birinde yürüyerek genellikle ne kadar zaman geçirdiniz?

☐ Bilmiyorum / Emin değilim ☐ Günde..... dakika ☐ Günde..... saat

Son soru, son bir hafta içinde oturarak geçirdiğiniz zamanlarla ilgilidir. İşte, evde, çalışırken ya da dinlenirken geçirdiğiniz zamanlar dahildir. Bu masanızda, arkadaşınızı ziyaret ederken, okurken, otururken veya yatarak televizyon seyrettiğinizde oturarak geçirdiğiniz zamanları kapsamaktadır.

7. Son bir hafta içinde oturarak günde ne kadar zaman harcadınız?

☐ Bilmiyorum / Emin değilim ☐ Günde..... dakika ☐ Günde..... saat

#### 8.4. EK 4: Değerlendirme Formu

### DEĞERLENDİRME FORMU

FİZİSEL AKTİVİTE ANKETİ SONUCU:

YÜKLEME KALP HIZI:

CİNSİYET:

YAŞ:

BOY:

KİLO:

DERİ ALTI YAĞ KALINLIĞI:

VKİ:

### VAKUMLU KOŞU BANDI (1. DEĞERLENDİRME)

|                           | <u>İSTİRAHAT</u> | <u>TEST SONRASI</u> | <u>TOPARLANMA</u> |
|---------------------------|------------------|---------------------|-------------------|
| KALP                      |                  |                     |                   |
| HIZI(atm/dk).....         |                  |                     |                   |
| SpO <sub>2</sub> (%)..... |                  |                     |                   |
| KAN                       |                  |                     |                   |
| BASINCI(mmHg).....        |                  |                     |                   |
| SOLUNUM                   |                  |                     |                   |
| FREKANSI.....             |                  |                     |                   |
| KAS                       |                  |                     |                   |
| OKSİJENİ.....             |                  |                     |                   |
| BORG                      |                  |                     |                   |
| SKALASI.....              |                  |                     |                   |



NORMAL KOŞU BANDI (2. DEĞERLENDİRME)

İSTİRAHAT

TEST SONRASI

TOPARLANMA

KALP

HIZI(atm/dk).....

SpO<sub>2</sub>

(%).....

KAN

BASINCI(mmHg).....

SOLUNUM

FREKANSI.....

KAS

OKSİJENİ.....

BORG

SKALASI.....

## *Modifiye Borg Skalası*

|     |                              |
|-----|------------------------------|
| 0   | Hiçbir şey yok               |
| 0.5 | Zorlukla fark edilen düzeyde |
| 1   | Çok hafif                    |
| 2   | Hafif                        |
| 3   | Orta                         |
| 4   | Biraz şiddetli               |
| 5   | Şiddetli                     |
| 6   |                              |
| 7   | Çok şiddetli                 |
| 8   |                              |
| 9   | Çok çok şiddetli             |
| 10  | Maksimum şiddette            |

## ÖZGEÇMİŞ



