

**ARALIKLI HİPOKSİYE  
MARUZ KALMANIN  
FİZYOLOJİK VE PERFORMANS  
DEĞİŞKENLERİ ÜZERİNE  
KRONİK ETKİLERİ**

**Doktora Tezi**

**İzzet KIRKAYA**

**Eskişehir 2018**

**ARALIKLI HİPOKSİYE MARUZ KALMANIN FİZYOLOJİK  
VE PERFORMANS DEĞİŞKENLERİ ÜZERİNE KRONİK ETKİLERİ**

**İzzet KIRKAYA**

**DOKTORA TEZİ**

**Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. İlker YILMAZ**

**Eskişehir**

**Anadolu Üniversitesi**

**Sağlık Bilimleri Enstitüsü**

**Aralık 2018**

*Bu tez çalışması BAP Komisyonunca kabul edilen 1602S067 no.lu proje kapsamında desteklenmiştir.*

### JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

İzzet Kırkaya'nın "Aralıklı Hipoksiye Maruz Kalmanın Fizyolojik ve Performans Değişkenleri Üzerine Kronik Etkileri" başlıklı tezi 24/12/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Unvanı - Adı Soyadı

İmza

Üye (Tez Danışmanı) : Prof. Dr. İlker YILMAZ

Üye : Prof. Dr. Yavuz YAKUT

Üye : Doç. Dr. Gülsün GÜVEN

Üye : Doç. Dr. Şenay ŞAHİN

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Elvin ONARICI GÜNGÖR

Prof. Dr. Nalan Gündoğdu - Karaburun

**Enstitü Müdürü**

### FINAL APPROVAL FOR THESIS

This thesis titled “Chronic Effects On The Physiological And Performance Variables Of Intermittent Hypoxic Exposure” has been prepared and submitted by İzzet KIRKAYA in partial fulfillment of the requirements in “Anadolu University Directive on Graduate Education and Examination” for the Degree of Doctor of Philosophy (PhD) in Physical Education and Sport Department has been examined and approved on 24/12/2018

#### Committee Members

#### Signature

|                     |                                          |
|---------------------|------------------------------------------|
| Member (Supervisor) | : Prof. Dr. İlker YILMAZ                 |
| Member              | : Prof. Dr. Yavuz YAKUT                  |
| Member              | : Assoc. Prof. Gülsün GÜVEN              |
| Member              | : Assoc. Prof. Şenay ŞAHİN               |
| Member              | : Assist. Prof. Dr. Elvin ONARICI GÜNGÖR |

Prof. Dr. Nalan Gündoğdu - Karaburun

Director

Graduate School of Health Sciences

## ÖZET

### ARALIKLI HIPOKSIYE MARUZ KALMANIN FİZYOLOJİK VE PERFORMANS DEĞİŞKENLERİ ÜZERİNE KRONİK ETKİLERİ

İzzet KIRKAYA

Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilimdalı

Anadolu Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Aralık 2018

Danışman: Prof. Dr. İlker YILMAZ

Bu çalışmanın amacı, toplam 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma sonrasında oluşabilecek antropometrik, fizyolojik ve performans değişkenlerinin kronik etkilerini incelemektir. Bu amaçla çalışmaya 18 – 26 yaş aralığında toplam 20 erkek gönüllü katılımcı dahil olmuştur [Kontrol Grubu (K.G, n=10, vücut ağırlığı: 69,844±7,50 kg; boy uzunluğu: 1,73±0,7 m; yaş: 22,4±2,8 yıl) ve Aralıklı Hipoksi Grubu (A.H.G, n=10, vücut ağırlığı: 72,738±8,930 kg; boy uzunluğu: 1,70±0,14 m; yaş: 21,2±1,4 yıl]. A.H.G aralıklı hipoksiye maruz kalma sürecini haftada 3 gün ardışık olarak her bir seans 60 dakika olacak şekilde geçirmiştir. Sürecin etkilerini değerlendirmek adına her iki gruba ön–son testler olarak: çift x ışını absorpsiyonu (DXA), izokinetik diz yorgunluğu, şiddeti giderek artan bisiklet protokolü, hemogram ve laktat testleri uygulanmıştır. Grup içi farklar eşleştirilmiş örneklem t testi ile analiz edilirken, gruplar arası farklar için bağımsız örneklem t testi kullanılmıştır. Zaman x Grup etkileşimlerini gözlemlemek için ise karışık dizayn ANOVA kullanılmıştır.

Sonuç olarak kronik aralıklı hipoksiye maruz kalma sonrası, yağsız kitle, android yağsız kitle, gynoid yağsız kitle, RSML, RBC, HGB, PLC-C, FVC, PEF, FEF%25, MVV, 1 mmol laktat eşiği (watt), 4 mmol laktat eşiği (watt) ve MaxVo<sub>2</sub> değerlerinde artış gözlemlenmiştir. DXA ve izokinetik diz yorgunluğu değerleri ise sabit kalmıştır. Bu sonuçlar kronik aralıklı hipoksiye maruz kalmanın fizyolojik ve performans değişkenleri üzerinde yararlı gelişmeler sağlayabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Aralıklı hipoksi, Simüle edilmiş yükselti, Normoksik hipoksi

## ABSTRACT

### CHRONIC EFFECTS ON THE PHYSIOLOGICAL AND PERFORMANCE VARIABLES OF INTERMITTENT HYPOXIC EXPOSURE

İzzet KIRKAYA

Department of Physical Education and Sports

Anadolu University, Graduate School of Health Sciences, December 2018

Supervisor: Prof. Dr. İlker YILMAZ

The aim of this study is to investigate the chronic effects of the anthropometric, physiological and performance variables that might occur following the intermittent hypoxic exposure for eight weeks. For this purpose, a total number of 20 males aged ranging between 18 and 26 years old volunteered to participate in the study. [Control Group (C.G, n = 10, body weight:  $69,844 \pm 7,50$  kg, height:  $1,73 \pm 0,7$  m; age:  $22, 4 \pm 2,8$  years) and Intermittent Hypoxia Group (I.H.G, n = 10, body weight:  $72,738 \pm 8,930$  kg; height:  $1,70 \pm 0,14$  m; age:  $21,2 \pm 1,4$  years)]. The I.H.G underwent intermittent hypoxic exposure for 3 days in a week consecutively, with a 60-minutes sessions each.

Dual energy x ray absorptiometry (DXA), isokinetic knee fatigue, incremental progressive cycle ergometer, hemogram and lactate tests were applied to both groups as pre – post tests in order to evaluate the effects of the process. While the intra-group differences were analyzed by a paired sample t test, independent sample t-test was used for the differences in the groups. Furthermore, Mixed design ANOVA was employed to observe the interaction time x group.

As a result, it was observed that lean mass, android lean mass, gynoid lean mass, RSML, RBC, HGB, PLC-C, FVC, PEF, FEF 25%, MVV, 1 mmol lactate threshold (watts), 4 mmol lactate threshold (watt) and MaxVo<sub>2</sub> values significantly increased after chronic intermittent hypoxia exposure. Additionally, it was monitored that there was no important change in the DXA and isokinetic knee fatigue values. These results show that chronic intermittent hypoxic exposure might provide beneficial improvements in physiological and performance variables.

**Keywords:** Intermittent hypoxia, Simulated altitude, Normoxic hypoxia

## TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitim hayatıma başladığım andan itibaren bilgi, beceri ve birikimlerini sürekli olarak bana aktaran ve ihtiyaç duyduğum her anda desteğini kesinlikle esirgemeyen, bu çalışmanın ortaya çıkmasında büyük emeği olan danışman hocam Sayın Prof. Dr. İlker YILMAZ’a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Sayın Prof. Dr. Yavuz YAKUT’a çalışmanın ilerlemesindeki yol gösterici tavsiyelerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Sadece tezin ilerleyiş sürecinde değil sürekli yanımda olan, her zaman olumlu dönütlerle pozitif kalmamı sağlayan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Gülsün GÜVEN hocama teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar deneyimlerini sıkılmadan bana tekrar tekrar aktaran ve ölçümler boyunca bana yardımcı olan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Elvin ONARICI GÜNGÖR hocama teşekkürlerimi sunarım.

Sıkıştığım her anımda yanımda olan, eğitim hayatım boyunca kendisinden çok şey öğrendiğim ve öğrenmeye devam edeceğim Sayın Doç. Dr. Deniz ŞİMŞEK hocama teşekkürlerimi sunarım.

Maddi ve manevi olarak hep yanımda olan canım teyzem Fahriye OKUMUŞ’a ve bütün aileme teşekkürlerimi sunarım.

Bu süreçte beni tanıyıp hayat arkadaşım olan, bazen çekilmez biri olsam da her ne olursa olsun beni her gün daha fazla seven biricik eşim Burcu KIRKAYA’ya sonsuz teşekkür ve sevgilerimi sunarım.

Bu yaşıma kadar hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan, eğitim hayatımın devam edebilmesi için özveri ile beni okutan canım annem Fethiye KIRKAYA’ya teşekkür ve minnetlerimi sunmam, onun benim için yaptıkları yanında çok önemsiz bir detay kalacağından, sadece seni çok seviyorum diyebilirim.

## **ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ**

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik, ilk eve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

**İzzet KIRKAYA**



24/12/2018

## **STATEMENT OF COMPLIANCE WITH ETHICAL PRINCIPLES AND RULES**

I hereby truthfully declare that this thesis is an original work prepared by me; that I have behaved in accordance with the scientific ethical principles and rules throughout the stages of preparation, data collection, analysis and presentation of my work; that I have cited the sources of all the data and information that could be obtained within the scope of this study, and included these sources in the references section; and that this study has been scanned for plagiarism with “scientific plagiarism detection program” used by Anadolu University, and that “it does not have any plagiarism” whatsoever. I also declare that, if a case contrary to my declaration is detected in my work at any time, I hereby express my consent to all the ethical and legal consequences that are involved.

**İzzet KIRKAYA**

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                                    |      |
|--------------------------------------------------------------------|------|
| JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....                                         | ii   |
| FINAL APPROVAL FOR THESIS.....                                     | iii  |
| ÖZET .....                                                         | iv   |
| ABSTRACT.....                                                      | v    |
| TEŞEKKÜR .....                                                     | vi   |
| ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....                   | vii  |
| STATEMENT OF COMPLIANCE WITH ETHICAL PRINCIPLES AND<br>RULES ..... | viii |
| İÇİNDEKİLER .....                                                  | ix   |
| TABLolar DİZİNİ.....                                               | xiii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                               | xiv  |
| GÖRSELLER DİZİNİ .....                                             | xvii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....                                | xvii |
| 1.GİRİŞ.....                                                       | 1    |
| 1.2. Amaç.....                                                     | 6    |
| 1.3. Problem .....                                                 | 7    |
| 1.4. Alt Problemler .....                                          | 7    |
| 1.5. Hipotezler.....                                               | 7    |
| 1.6. Önem .....                                                    | 8    |
| 1.7. Varsayımlar .....                                             | 8    |
| 1.8. Sınırlılıklar.....                                            | 8    |
| 2. KAYNAK BİLGİSİ .....                                            | 9    |
| 2.1. Azot Seyreltme Yöntemiyle Yapılan Normobarik Hipoksi.....     | 9    |
| 2.2. Eşdeğer Yükselti Modeli.....                                  | 10   |
| 2.3. Hipoksi Modelleri.....                                        | 10   |
| 2.3.1. Yüksekte yaşa yüksekte antrenman yap modeli .....           | 11   |
| 2.3.2. Yüksekte yaşa alçakta antrenman yap modeli .....            | 11   |
| 2.3.3. Aralıklı hipoksiye maruz kalma modeli.....                  | 12   |
| 2.3.4. Aralıklı hipoksi antrenmanı modeli .....                    | 14   |

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| 2.4. Yükseltinin fizyolojik etkileri.....             | 14 |
| 2.5. Hipoksinin Terapötik Kullanımı .....             | 16 |
| 3. YÖNTEM ve GEREÇLER .....                           | 17 |
| 3.1. Araştırma Grubu .....                            | 17 |
| 3.2. Veri Toplama Araçları .....                      | 17 |
| 3.2.1. Boy uzunluğu .....                             | 17 |
| 3.2.2. Vücut ağırlığı .....                           | 17 |
| 3.2.3. Kemik yoğunluğu .....                          | 18 |
| 3.2.4. İzokinetik diz yorgunluğu .....                | 18 |
| 3.2.5. Hemogram testi .....                           | 19 |
| 3.2.6. Solunum fonksiyon testi.....                   | 20 |
| 3.2.7. Laktik asit testi .....                        | 21 |
| 3.2.8. Kompüterize bisiklet ergometre sistemi.....    | 21 |
| 3.2.9. Oksijen analizörü .....                        | 21 |
| 3.2.10. Aralıklı hipoksiye maruz kalma .....          | 23 |
| 3.3. Verilerin Toplanması.....                        | 25 |
| 3.3.1. Boy uzunluğu ölçümü .....                      | 25 |
| 3.3.2. Vücut ağırlığı ölçümü .....                    | 25 |
| 3.3.3. Kemik yoğunluğu ölçümü.....                    | 25 |
| 3.3.4. İzokinetik diz yorgunluğu ölçümü.....          | 25 |
| 3.3.5. Hemogram ölçümü.....                           | 25 |
| 3.3.6. Solunum fonksiyon ölçümü .....                 | 26 |
| 3.3.7. Laktik asit ölçümü .....                       | 26 |
| 3.3.8. Maksimum oksijen tüketimi ölçümü.....          | 26 |
| 3.4. Araştırma Dizaynı.....                           | 26 |
| 3.4.1. Aralıklı hipoksiye maruz kalma protokolü.....  | 27 |
| 3.4.2. Arttırırmalı bisiklet protokolü.....           | 28 |
| 3.5. Verilerin Analizi.....                           | 28 |
| 3.5.1. Anaerobik eşik analizi .....                   | 28 |
| 3.5.2. Laktik asit analizi.....                       | 32 |
| 3.5.3. İzokinetik diz yorgunluğu indeksi analizi..... | 35 |
| 3.5.4. İstatistiksel analiz .....                     | 35 |
| 4. BULGULAR.....                                      | 36 |

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>5. TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER.....</b>                       | <b>62</b> |
| <b>5.1. Tartışma .....</b>                                       | <b>62</b> |
| <b>5.1.1. Maksimal oksijen tüketimi ve solunum parametreleri</b> |           |
| <b>değişiklikleri .....</b>                                      | <b>62</b> |
| <b>5.1.2. Performans kriterleri değişiklikleri.....</b>          | <b>66</b> |
| <b>5.1.3. Hematolojik değişiklikler .....</b>                    | <b>68</b> |
| <b>5.1.4. Antropometrik değişimler .....</b>                     | <b>70</b> |
| <b>5.2. Sonuç.....</b>                                           | <b>71</b> |
| <b>5.3. Öneriler .....</b>                                       | <b>72</b> |
| <b>KAYNAKÇA.....</b>                                             | <b>73</b> |
| <b>EKLER</b>                                                     |           |
| <b>ÖZGEÇMİŞ</b>                                                  |           |

## TABLÖLAR DİZİNİ

### Sayfa

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 2.1.</b> Yükselti sınıflandırması .....                                                                      | 12 |
| <b>Tablo 3.1.</b> Ön test – son test ölçüm programlaması .....                                                        | 27 |
| <b>Tablo 3.2.</b> Yükseltiye aklimatizasyon aşamaları.....                                                            | 28 |
| <b>Tablo 3.3.</b> Anaerobik eşik noktasına denk gelen parametre değerlerinin bir kişi<br>üzerinden örnek tablosu..... | 30 |
| <b>Tablo 4.1.</b> Kontrol grubu eşleştirilmiş örneklem t testi dansitometri tablosu.....                              | 36 |
| <b>Tablo 4.2.</b> Aralıklı hipoksi grubu eşleştirilmiş örneklem t testi dansitometri tablosu .....                    | 36 |
| <b>Tablo 4.3.</b> Bağımsız Örneklem T Testi Dansitometri Tablosu .....                                                | 36 |
| <b>Tablo 4.4.</b> Kontrol grubu eşleştirilmiş örneklem t testi core bölgesi tarama tablosu.....                       | 37 |
| <b>Tablo 4.5.</b> Aralıklı hipoksi grubu eşleştirilmiş örneklem t testi core bölgesi tarama<br>tablosu.....           | 37 |
| <b>Tablo 4.6.</b> Bağımsız örneklem t testi core bölgesi tarama tablosu.....                                          | 38 |
| <b>Tablo 4.7.</b> Kontrol grubu eşleştirilmiş örneklem t testi vücut<br>kompozisyonu tablosu .....                    | 38 |
| <b>Tablo 4.8.</b> Aralıklı hipoksi grubu eşleştirilmiş örneklem t testi vücut kompozisyonu<br>tablosu.....            | 39 |
| <b>Tablo 4.9.</b> Bağımsız örneklem t testi vücut kompozisyonu tablosu .....                                          | 39 |
| <b>Tablo 4.10.</b> Kontrol grubu eşleştirilmiş örneklem t testi vücut<br>metabolizma tablosu .....                    | 40 |
| <b>Tablo 4.11.</b> Aralıklı hipoksi grubu eşleştirilmiş örneklem t testi vücut metabolizma<br>tablosu.....            | 40 |
| <b>Tablo 4.12.</b> Bağımsız örneklem t testi vücut metabolizma tablosu .....                                          | 40 |
| <b>Tablo 4.13.</b> Kontrol grubu eşleştirilmiş örneklem t testi hemogram tablosu.....                                 | 41 |
| <b>Tablo 4.14.</b> Aralıklı hipoksi grubu eşleştirilmiş örneklem t testi hemogram tablosu ....                        | 41 |
| <b>Tablo 4.15.</b> Bağımsız örneklem t testi hemogram tablosu.....                                                    | 42 |
| <b>Tablo 4.16.</b> Kontrol grubu eşleştirilmiş örneklem t testi maksimum oksijen tüketimi<br>tablosu.....             | 43 |
| <b>Tablo 4.17.</b> Aralıklı hipoksi grubu eşleştirilmiş örneklem t testi maksimum oksijen<br>tüketimi tablosu.....    | 43 |
| <b>Tablo 4.18.</b> Bağımsız örneklem t testi maksimal oksijen tüketimi tablosu .....                                  | 43 |
| <b>Tablo 4.19.</b> Kontrol grubu eşleştirilmiş örneklem t testi izokinetik diz yorgunluk<br>indeksi tablosu .....     | 43 |

|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 4.20.</b> Aralıklı hipoksi grubu eşleştirilmiş örneklem t testi izokinetik diz yorgunluk indeksi tablosu .....       | 44 |
| <b>Tablo 4.21.</b> Bağımsız örneklem t testi izokinetik diz yorgunluk indeksi tablosu .....                                   | 44 |
| <b>Tablo 4.22.</b> Kontrol grubu eşleştirilmiş örneklem t testi spirometri tablosu .....                                      | 44 |
| <b>Tablo 4.23.</b> Aralıklı hipoksi grubu eşleştirilmiş örneklem t testi spirometri tablosu.....                              | 45 |
| <b>Tablo 4.24.</b> Bağımsız örneklem t testi spirometri tablosu .....                                                         | 45 |
| <b>Tablo 4.25.</b> Kontrol grubu eşleştirilmiş örneklem t testi arttırmalı bisiklet protokolü ve laktat tablosu .....         | 46 |
| <b>Tablo 4.26.</b> Aralıklı hipoksi grubu eşleştirilmiş örneklem t testi arttırmalı bisiklet protokolü ve laktat tablosu..... | 46 |
| <b>Tablo 4.27.</b> Bağımsız örneklem t testi arttırmalı bisiklet protokolü ve laktat tablosu ...                              | 47 |
| <b>Tablo 4.28.</b> Karışık dizayn anova dansiyometri grup x zaman etkileşim tablosu.....                                      | 47 |
| <b>Tablo 4.29.</b> Karışık dizayn anova core bölgesi tarama tablosu.....                                                      | 48 |
| <b>Tablo 4.30.</b> Karışık dizayn anova vücut kompozisyonu tablosu .....                                                      | 51 |
| <b>Tablo 4.31.</b> Karışık dizayn anova vücut metabolizma tablosu .....                                                       | 52 |
| <b>Tablo 4.32.</b> Karışık dizayn anova hemogram tablosu.....                                                                 | 53 |
| <b>Tablo 4.33.</b> Karışık dizayn anova maxvo2 tablosu .....                                                                  | 55 |
| <b>Tablo 4.34.</b> Karışık dizayn anova izokinetik yorgunluk tablosu .....                                                    | 56 |
| <b>Tablo 4.35.</b> Karışık dizayn anova spirometri tablosu .....                                                              | 56 |
| <b>Tablo 4.36.</b> Karışık dizayn anova arttırmalı bisiklet protokolü ve laktat tablosu.....                                  | 59 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

|                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1. Hipoksi odasının şematik gösterimi.....                                                                                     | 9  |
| Şekil 3.1. Kontrol ölçümü referans değerleri.....                                                                                      | 20 |
| Şekil 3.2. Bir kişiye ait artırmalı maksimal egzersize .....<br>VO <sub>2</sub> ve VCO <sub>2</sub> yanıtının serpmeye diyagramı ..... | 29 |
| Şekil 3.3. Bir kişiye ait VO <sub>2</sub> ve VCO <sub>2</sub> verilerinin lineer regresyon sonucu.....                                 | 29 |
| Şekil 3.4. VO <sub>2</sub> ve VCO <sub>2</sub> verilerinin lineer regresyon sonucu.....<br>belirlenen anaerobik eşik noktası.....      | 30 |
| Şekil 3.5. MaxVO <sub>2</sub> değerinin belirlenmesi.....                                                                              | 31 |
| Şekil 3.6. Bir kişiye ait örnek csv. dosyası oluşturma örneği.....                                                                     | 32 |
| Şekil 3.7. Örnek csv. dosyasının programa yüklenmesi.....                                                                              | 33 |
| Şekil 3.8. Uygun değerlerin programa girilmesi.....                                                                                    | 33 |
| Şekil 3.9. 1 mmol değeri için elde edilen örnek watt ve kalp atım hızı grafiği.....                                                    | 34 |
| Şekil 3.10. 4 mmol değeri için elde edilen örnek watt ve kalp atım hızı grafiği.....                                                   | 34 |
| Şekil 4.1. Yağsız kitle değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği.....                                                             | 49 |
| Şekil 4.2. Android yağsız kitle değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği.....                                                     | 50 |
| Şekil 4.3. Gynoid yağsız kitle değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği.....                                                      | 51 |
| Şekil 4.4. RSMI değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği.....                                                                     | 52 |
| Şekil 4.5. RBC değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği.....                                                                      | 54 |
| Şekil 4.6. HGB değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği.....                                                                      | 54 |
| Şekil 4.7. PLC-C değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği.....                                                                    | 55 |
| Şekil 4.8. MaxVo <sub>2</sub> değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği.....                                                       | 56 |
| Şekil 4.9. FVC değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği.....                                                                      | 57 |
| Şekil 4.10. PEF değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği.....                                                                     | 58 |
| Şekil 4.11. FEF25% değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği.....                                                                  | 58 |
| Şekil 4.12. MVV değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği.....                                                                     | 59 |
| Şekil 4.13. Son laktat değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği.....                                                              | 60 |
| Şekil 4.14. 1 mmol laktat eşiği değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği.....                                                     | 60 |

**Şekil 4.15.** 4 mmol laktat eşiği değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği..... 61



## GÖRSELLER DİZİNİ

### Sayfa

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Görsel 3.1.</b> Laboratuvar baskülü ve sabit stadiometre .....                   | 18 |
| <b>Görsel 3.2.</b> Kemik yoğunluğu ölçüm cihazı ve kalibrasyon bloğu .....          | 18 |
| <b>Görsel 3.3.</b> İzokinetik diz yorgunluk indeksi protokolü .....                 | 19 |
| <b>Görsel 3.4.</b> Antekübital venden kan alma ve hemogram analizörü .....          | 19 |
| <b>Görsel 3.5.</b> Spirometre cihazı.....                                           | 20 |
| <b>Görsel 3.6.</b> Laktat analizörü ve kulak lobundan kan alma .....                | 21 |
| <b>Görsel 3.7.</b> Kompüterize Bisiklet Ergometre Sistemi ve oksijen analizörü..... | 22 |
| <b>Görsel 3.8.</b> Test gerçekleşirken alınan bir görüntü .....                     | 22 |
| <b>Görsel 3.9.</b> Hipoksi odası .....                                              | 23 |
| <b>Görsel 3.10.</b> Hipoksi kontrol ünitesi .....                                   | 24 |
| <b>Görsel 3.11.</b> Sıcaklık, nem ve oksijen saturasyonu cihazları .....            | 24 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|                        |                                    |
|------------------------|------------------------------------|
| %                      | : Yüzde                            |
| $\bar{x}$              | : Ortalama                         |
| $\pm$                  | : Standart sapma                   |
| $\mu\text{L}$          | : Mikrolitre                       |
| A.H.G                  | : Aralıklı hipoksi grubu           |
| BMI                    | : Vücut kitle indeksi              |
| BP                     | : Barometrik basınç                |
| d                      | : Etki büyüklüğü                   |
| dk                     | : Dakika                           |
| DXA                    | : Çift x ışını absorpsiyonu        |
| EPO                    | : Eritropoetin                     |
| EPO                    | : Eritropoetin                     |
| FiN2                   | : Alınan havadaki azot yüzdesi     |
| FiO2                   | : Alınan havadaki oksijen yüzdesi  |
| FVC                    | : Zorlu vital kapasite             |
| g                      | : Gram                             |
| $\text{g}/\text{cm}^2$ | : Gram/santimetre kare             |
| GRA %                  | : Granülosit yüzdesi               |
| GRA                    | : Granülosit                       |
| HCT %                  | : Hematokrit yüzdesi               |
| HGB                    | : Hemogloblin                      |
| HIF-1                  | : Hipoksiyle indüklenen faktör - 1 |
| HRV                    | : Kalp atım rezervi                |
| K.G                    | : Kontrol grubu                    |

|                         |                                                                  |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------|
| KAH                     | : Kalp atım hızı                                                 |
| Kg                      | : Kilogram                                                       |
| LYM                     | : Lenfosit                                                       |
| LYM%                    | : Lenfosit yüzdesi                                               |
| MaxVo2                  | : Maksimum oksijen tüketimi                                      |
| MCH                     | : Ortalama korpusküler hemoglobin                                |
| MCHC                    | : Kırmızı kan hücrelerindeki ortalama hemoglobin yoğunluğu       |
| MCV                     | : Ortalama kırmızı kan hücresi hacmi                             |
| MID %                   | : Monosit yüzdesi                                                |
| MID                     | : Monosit                                                        |
| ml                      | : Mililitre                                                      |
| ml.kg <sup>-1</sup> .dk | : Dakikada kilogram başına tüketilen mililitre cinsinden oksijen |
| mmHg                    | : Milimetre cıva                                                 |
| mmol                    | : Milimol                                                        |
| MPV                     | : Ortalama platelet hacmi                                        |
| n                       | : Örneklem sayısı                                                |
| N <sub>2</sub>          | : Azot                                                           |
| NaF                     | : Sodyum florür                                                  |
| O <sub>2</sub>          | : Oksijen                                                        |
| p                       | : İstatistiksel anlamlılık değeri                                |
| PaO <sub>2</sub>        | : Kısmi oksijen basıncı                                          |
| PCT %                   | : Prokalsitonin yüzdesi                                          |
| PDWcv %                 | : Platelet dağılım genişliği standart sapma yüzdesi              |
| PDWsd                   | : Platelet dağılım genişliği standart sapması                    |
| pH                      | : Asit veya baz ölçü birimi                                      |
| PiO <sub>2</sub>        | : Alınan havadaki kısmi oksijen                                  |

|                     |                                                              |
|---------------------|--------------------------------------------------------------|
| PLC - C             | : Büyük platelet hücresi konsantrasyonu                      |
| PLC - R             | : Büyük platelet hücresi oranı                               |
| PLT                 | : Platelet                                                   |
| QO <sub>2</sub>     | : Böbrek oksijen tüketimi                                    |
| RBC                 | : Kırmızı kan hücresi                                        |
| RDW <sub>cv</sub> % | : Kırmızı kan hücresi dağılım genişli standart sapma yüzdesi |
| RDW <sub>sd</sub>   | : Kırmızı kan hücresi dağılım genişli standart sapması       |
| RMR                 | : Dinlenim metabolizma değeri                                |
| RSMI                | : Göreceli iskelet-kas indeksi                               |
| s                   | : Saniye                                                     |
| Sağ-eks             | : Sağ bacak ekstansiyonu izokinetik yorgunluk indeksi skoru  |
| Sağ-fle             | : Sağ bacak fleksiyonu izokinetik yorgunluk indeksi skoru    |
| SaO <sub>2</sub>    | : Oksijen saturasyonu                                        |
| Sol-eks             | : Sol bacak ekstansiyonu izokinetik yorgunluk indeksi skoru  |
| Sol-fle             | : Sol bacak fleksiyonu izokinetik yorgunluk indeksi skoru    |
| SpO <sub>2</sub>    | : Oksihemoglobin                                             |
| t                   | : Ortalamalar arası fark                                     |
| WBC                 | : Beyaz kan hücresi                                          |

## 1. GİRİŞ

Yükselti antrenmanları antrenörler ve sporcular tarafından geniş bir şekilde tercih edilmektedir. Farklı yükselti seviyelerinde antrenman yapıp o yükseltide yaşamaktan, deniz seviyesinde ve özel alanlarda hipoksik (düşük oksijen konsantrasyonu) ortamda antrenman yapıp, o özel alanda yaşamaya kadar değişik yöntemler yükselti antrenmanları için kullanılmaktadır (Scott vd. 2014).

Dünya nüfusunun %80’lik kısmı düşük yükselti olarak tabir edilen 500 m ve daha aşağısındaki yükseltide yaşamaktadır (Cohen vd. 1998). Bu yükselti değerlerinde atmosferik basınç ve oksijen konsantrasyonu, insan vücudunun fonksiyonları için optimal düzeydedir. Ancak yükselti artmaya başladıkça, atmosferik basıncın düşmesiyle hava hacmi genişler. Bunun sonucunda kasların oksijen kullanma yeteneklerinde düşüşler başlamaktadır. Oksijen konsantrasyonundaki bu düşüş solunan havanın ( $PiO_2$ ) oksijen basıncının düşmesiyle sonuçlanır. Bunu izleyen süreçte arteriyel kandaki ( $PaO_2$ ) oksijen miktarı azalır. Geleneksel yükselti antrenmanı, deniz seviyesinden yukarıya doğru çıkıldıkça azalan oksijen konsantrasyonuna gösterilen adaptasyon etkilerinin, deniz seviyesinde ya da deniz seviyesine yakın yükseltelerde faydalı etkilerini kullanmaya çalışır (Paula ve Niebauer, 2012; Heinicke vd. 2005).

Uçuş fizyolojisi araştırmaları insan vücudunun hipoksik ortama nasıl adapte olduğunu ve ne gibi yanıtlar verdiğine dair önemli katkılarda bulunmuşlardır. 1880’li yıllarda İtalyan fizyolog Angelo Mosso, İtalyan Alpleri’nde yükseltinin insan fizyolojisi üzerinde etkilerini inceleyen öncü araştırmacılardan biridir. Mosso’nun “yükseltide görülen solunum parametrelerindeki değişim” çalışmaları, diğer bilim adamları tarafından takip edilmiş ve yükseltinin sağlık üzerindeki etkileri incelenmeye başlanmıştır. Geçtiğimiz yüzyılda yükseltinin fizyolojik etkileri hakkında veri toplamak için, araştırma kapsamında ünleri geniş bir çevreye yayılan yükselti yolculukları yapılmıştır. 1911 yılında yapılan “Anglo-American Zirve Yolculuğu, 1921-1922 Uluslararası Cerro de Pasco Yükselti Yolculuğu, 1935 yılında Şili’ye Yükselti Yolculuğu ve 1960-1961 yıllarında gerçekleşen Himalaya Bilimsel ve Dağcılık Gezisi, yükseltinin fizyolojik etkilerini araştırmak için düzenlenen etkinliklerden bazılarıdır (West, 1999). Özellikle 2300 m’de gerçekleşen Mexico City oyunlarında elde edilen başarılarından sonra, yükseltinin insan vücudundaki etkileri daha da merak konusu olmaya başlamıştır. Bu amaçla Everest Dağı’nın zirvesine çıkabilmek ve yükseltinin etkilerini araştırabilmek diğer hedefler arasındadır. Olimpiyat oyunlarında, deniz

seviyesinden gelen atletler Mexico City'nin düşük oksijen konsantrasyonlu havasından olumsuz yönde etkilenmiş ve madalya kazanmada zorluklar yaşamışlardır. Ayrıca deniz seviyesinde antrene olmuş orta ve uzun mesafe koşucuları da Mexico City Olimpiyatları'nda, aynı yıl elde ettikleri derecelerden daha kötü dereceler ortaya koymuşlardır. Fakat rakım seviyesi yüksek yerlerden gelen atletler ise orta, uzun ve pist yarışlarında çok fazla madalya kazanmışlardır (Wrynn, 2006).

Yapılan çalışmalar doğrultusunda yükseltiye maruz kalmanın  $PiO_2$  ve  $PaO_2$  değerlerini düşürdüğü bilinmektedir. Bu değerlerdeki düşüşler sonucunda, arteriyel oksihemoglobin saturasyonunda da ( $SaO_2$ ) düşüşe neden olmaktadır. Birbirini etkileyen zincir reaksiyonlar yani  $PiO_2$ ,  $PaO_2$ ,  $SaO_2$  değerlerinde görülen düşüşler böbrek oksijen tüketiminde de ( $QO_2$ ) dolaylı olarak azalmaya sebep olmaktadır. Oksijen konsantrasyonunda görülen bu azalma eritropoetin sentezini ve salınımını uyarmaktadır. Böbreklerde üretilen hormon, kırmızı kemik iliğinde bulunan eritropoezi uyarır ve sonuç olarak kırmızı kan hücreleri (RBC) ve hemoglobin üretilir. Yükseltide geçirilen belirli bir zaman diliminden sonra, oluşan hematolojik değişiklikler dayanıklılık atletlerinin aerobik kapasitesini geliştirir. Çalışan kaslara iletilen oksijen ve kasların oksijenden enerji üretebilme yetenekleri, yükseltinin performans üzerindeki olumlu etkilerinden biridir (Askew, 2002). Levine ve Gundersen (2005) yükseltiye uzun süreli maruz kalarak deniz seviyesi dayanıklılık aktivitelerinde yüksek performans göstermenin altında yatan ana mekanizmayı eritropoez cevabının artmasıyla kırmızı kan hücrelerinin miktarında artış olması ve bunu izleyen süreçte oksijen transfer oranıyla ilişkilendirmişlerdir. Gore ve Hopkins (2005) hematolojik değişimlerden daha fazla üstünde durulması gereken konunun, submaksimal oksijen verimliliği ve kardiovasküler adaptasyon olduğunu ve bunların deniz seviyesinde oluşan performans artışının ana nedeni olduğunu belirtmişlerdir.

Yükselti antrenmanları sonrasında performans artışının altında yatan mekanizma hakkında tartışmalar halen devam etmektedir. Bazı çalışmalar 1900 m ve üzerinde yapılan klasik yükselti çalışmalarının hemoglobin oranının artmasıyla sonuçlandığını raporlarsa da, (Levine ve Gundersen, 1998; Heinicke vd. 2005), bazı araştırmalar aynı yükseltelerde hemoglobin oranında hiçbir değişiklik olmadığını (Ashenden vd., 2000; Ashenden vd., 1999), bazıları ise 1740-1800 metre aralığında hemoglobin artışını gözlemlediklerini belirtmişlerdir (Friedmann vd., 1999).

Saunders vd. (2004)'lerin çalışmasında, yükseltiye bağlı performans artışının hemoglobin oranında belirgin bir artış olmadan gerçekleştiği görülmüştür. Bu da yükseltiden deniz seviyesine inildiğinde görülen performans artışının altında başka mekanizmalar yattığının bir kanıtı olabilir. Gore vd. (2007) yükselti antrenmanının egzersiz ekonomisini geliştirdiğini şu varsayımlarla anlatmışlardır; a-) oksidatif fosforilasyon sırasında artan karbonhidrat metabolizması yeteneklerine b-) kasın kasılabilen mekanizmasının daha verimli çalışması. Yapılan diğer çalışmalarda kasın artan tamponlama (asidite ortamı oluşmadan kendi pH dengesini koruyabilmesi) kabiliyetinin olasılıklar dahilinde olduğu vurgulanmıştır. Kasın ya da kanın tamponlama özelliğinin gelişmesi, egzersiz sırasında biriken asidite karşısında, atletin yorgunluk durumu oluşmadan egzersize daha uzun devam edebilmesini sağlayacaktır (Saltin vd., 1995).

Son zamanlarda ise yükselti antrenmanında neler olduğu konusu genetik açısından araştırılmaya başlanmıştır (Zuu ve Bunn, 1999). Vücudun her hücresinde bulunan hypoxia inducible factor- 1 (HIF-1) oksijen homeostasisini düzenleyici ve vücudun hipoksiye verdiği cevaplarda hayati rol oynayan transkripsiyon faktörüdür. Normoksik koşullarda HIF-1 seviyesi çok aşağılardadır ve HIF-1 alt birimleri çabucak indirgenmiş konuma geçmişlerdir. Fakat hipoksik koşullarda alt birimler çabucak indirgenemezler ve HIF-1 hücrelerdeki spesifik genleri transkripsiyona uğratar. HIF-1'in aktive ettiği genlere bakılarak hangi yükselti antrenmanlarının performans artışı sağladığı gözlemlenebilir. HIF-1, EPO aktivitesini arttırır ve demir ile eritropoez in taşınmasını sağlar. HIF-1 ayrıca anjiyogenez ve glikolitik enzim aktivitesini, hücre glukoz transferini, kas laktat metabolizmasını, damar genişlemesini sağlayan nitrik oksit üretimini ve pH dengesini düzenleyen karbonik anhidraz enzimlerini uyarır (Sasaki vd., 2000).

Görüldüğü üzere hipoksi insan vücudunda kırmızı kan hücrelerinin değişimi, anjiyogenez, glukoz transferi, glikoliziz, pH düzenlenmesi ve mitokondriyal seviyede enerji üretimi verimliliğinin değişmesi gibi, egzersiz performansı üzerinde potansiyel olarak olumlu etkiler bırakacak sonuçlar doğurur. Bütün bu mekanizmaların tek tek ya da kombine olarak kullanılması yükselti antrenmanından sonra deniz seviyesinde görülebilecek potansiyel performans artışlarına neden olabilecektir. Fakat ileride yapılacak çalışmaların hangi mekanizmaların daha aktif ya da daha pasif olarak bu

süreçlere katıldığıının araştırılması, hangi yükselti seviyelerinde ne tür mekanizmaların devreye girdiğini anlamak açısından önemlidir (Hamlin vd., 2013).

Gerçek yükseltide antrenman yapmak pahalı ve çok fazla zaman ayrılması gereken bir süreçtir. Yükseltide bazen karşılaşılan problemler performans artışı yerine, performansta düşüşe de neden olabilmektedir. Bu problemler arasında kilo kaybı (özellikle yağsız vücut kitlesinden) diare, baş ağrıları, uykusuzluk, bağışıklık sisteminin olumsuz etkilenmesi, yemek yeme isteksizliği, uyuşukluk, su kaybı ve mide bulantısı vardır. Özellikle performans artışı beklenen atletlerde bu gibi problemler oluşması, performansta gerilemeye sebep olacaktır. Atletlerde görülecek problemler yükselti antrenmanlarının aksamasına ya da antrenman yoğunluğu azaltılarak, toplam antrenman hacminin düşmesine neden olacaktır. Bu da deniz seviyesinden yükseltiye gelen bir sporcu için detraining (antrenmanda geriye dönüş) etkisi yaratacaktır. Yükseltiye gelindikten ilk birkaç gün sonra performanstaki düşüş fark edilebilir konuma gelecektir. Antrenörler aşırı antrenman sendromunun ve hastalık risklerinin önüne geçebilmek için antrenman yoğunluklarını azaltmaktadır. Dr. John Hellemans yükseltiye erken aklimatizasyon sürecinde, sporcuların yoğun interval çalışmalarında tekrar sayılarını sınırlandırması gerektiğini ve tekrarların 3 dakikayı geçmemesini söylemiştir. Ayrıca deniz seviyesinde yapılandan farklı olarak, tekrarlar ve setler arasında geçen toparlanma süresinin de uzatılması gerektiğini belirtmiştir (Hellemans vd., 2009). Genel olarak sporcuların yükselti antrenmanlarının ilk haftasında, antrenman sıklığını ve yüklenme yoğunluklarını düşürerek olası problemlerin önüne geçilmesi gereklidir (Paula ve Niebauer, 2012).

İnsanlar spontane bir şekilde, psikofizyolojik dengelerini mümkün olan en az enerjiyi harcayarak korumaya çalışır. Ait olmadıkları bir çevrede, bu çevrenin ortamına bağlı olarak adaptif davranışlar geliştirirler. Bu çevrenin oluşturduğu stresi azaltarak ortamını yaşama uygun hale getirmek yine insanlara özgü bir davranıştır. Böylece istenen performans, verilen görevi başarıyla yerine getirmeye odaklanır (Buguet, 2007).

Yükseltide yaşanılacak bir diğer problem ise yetersiz beslenmedir. Ancak iyi hazırlanmış bir beslenme programıyla yükseltiye çıkılmalıdır. Yükseltiye çıkmak tehlikelidir ve aynı zamanda bunu başarabilmenin her zaman garantisi yoktur. Yükseltiye çıkabilmek için bilgi tecrübe ve biraz şans gereklidir. Fakat yükselti fizyolojisiyle ilgili artan bilimsel çalışmalar, iyi antrenman ve beslenme dietleri şans faktörünün yerine yetenek ve uzmanlığı getirmiştir (Irwin, 1998). Deniz seviyesinden



farklı oksijen seviyesi, sıcaklıktaki düşüş yoğun egzersiz şartlarıyla birleşince, metabolizmada oluşan dalgalanmalar kişiye kilo kaybı olarak geri dönmektedir. 5000 m ve üzerine çıkıldığında yaklaşık olarak vücut sıvılarında 1,5-3 kg arası bir kayıp yaşanması söz konusudur. Bu kilo kaybı ürik asit ve soluk alıp vermeyle oluşmaktadır (Burnik ve Travnik, 1998) .

Yapılan araştırmalar 5000 m'ye kadar olan yüksekliklerde karbonhidrat ve yağ sindirme kapasitemizin normal çalıştığını göstermektedir. Yani bu yükseklikte oluşan yağ kaybının temel sebebi normalden düşük beslenmedir. İyi planlanmış ve uygun yeme planıyla 5000 m'ye kadar olan yükseklikte kilo kaybının önüne geçilebilir. Kas dokusundan kilo vermenin önüne geçilmesi ise biraz daha zorlayıcıdır. Çünkü bu yükseklikte protein sentezini kontrol eden hormonlar değişime uğramaktadır. Ayrıca üst ekstremitelerde egzersizlerinin tırmanış sırasında azalması kas kaybına sebep olmaktadır. Beslenme aksatılmadığı sürece kilo kaybı minimuma indirilebilir. Fakat bu yükseklikte bile iyi beslenebilmek problemidir (Kechijian, 2011).

5000 m ve daha üstündeki yüksekliklerde ise kilo kaybı kaçınılmazdır. Bunun temel sebebi ise yemek yeme isteksizliği, genel metabolizma değişimi ve vücudun yemekleri sindirmedeki yetersizliğidir. Yükseltide yapılacak egzersiz seansları durumu daha kötüye ulaştırabilir. Bunun için yapılması gereken çıkılacak yükseltiye aklimatizasyon sürecini biraz daha uzun tutmak ve bu süreçte normalden daha iyi beslenmek kilo kaybında hızlı düşüş olmasını engelleyebilir (Edwards vd., 1998). Buna rağmen 5000 m ve daha üstündeki yüksekliklerde yağ ve kas kaybının önüne geçilemez. İyi beslenmek sadece bu durumu yavaşlatır ve performansta olumlu değişimlere yol açar. Yeterli beslenmek en önemli problemidir ve bunun engellenmesinin tek faktörü yüksekliktir. Bu Dağcılar yoğun aktiviteler sırasında saatte yaklaşık olarak 800 kalori yakmaktadır. Bu yüzden günlük 6000 kalorilik bir beslenme planı hazırlamalıyız. Kalorilerin %60-70'lik kısmı ise yeterli glikojenin sağlanması için karbonhidratlardan gelmelidir. %10-15 arası ise protein olmalıdır. Böylece kilogram başına günlük alınması gereken 0.8 g proteinin, yaklaşık olarak ikiye katlanması kas kaybının önüne geçebilecektir. %20-30'luk kısmın ise yağlardan alınması tavsiye edilmektedir. Genellikle dağcılar yağ oranından zengin yiyecekler yiyerek gerekli olan kalori ve enerji ihtiyaçlarını karşılarlar. Fakat fazla yağın da olumsuz yanları vardır. Kaslar karbonhidratlardan gelen glikojenle depolarını doldururlar. Fakat fındık, peynir ya da daha yağlı yiyecekler karbonhidrat depolarının yerine geçer ve bu da kronik kas

yorgunluğuna sebep olur. Ayrıca fazla yağlı beslenmek metabolik süreçlerde daha fazla oksijene ihtiyaç duyar ve aklimatizasyon sürecinde aksamalara neden olmaktadır. (Stacie ve Gaia, 2014; Leonard, 1989; Poos vd., 1999).

Görüldüğü gibi yükselti egzersizlerinde kilo kaybı, özellikle de kas kaybı kaçınılmazdır. Fakat bu genellikle 5000 m ve üzeri aşırı yükseltilerde görülür. Ayrıca bunların saha çalışması olduğu unutulmamalıdır. Saha çalışmaları tartışmasız olarak bizlere gerçek olanı gösterir ve vücut çok yönlü baskılarla mücadele etmek zorundadır. Hipoksi, egzersiz, soğuk, rüzgar, stres, endişe, korku, potansiyel besin eksikliği, potansiyel uyku düzeni bozukluğu, sakatlıklarla başa çıkabilme, hastalıklar vs. Tabi ki bu kadar zorluklarla çıkabilmenin; başarıma hissi, arkadaşlık bağlarının sağlamlaşması ve dağ manzarasının tadını çıkarabilme gibi artıları vardır (Wagner, 2010).

Laboratuvar çalışmalarında ise sadece hipoksik ortam simüle edilir. Genellikle yoğun bir egzersiz programı bu süreçte uygulanır. Tırmanıştan farklı olarak sıkışık bir ortamda bisiklet, koşu bandı ya da kürek gibi ergometreler egzersiz aleti olarak kullanılır. Kişinin üzerinde saha koşullarına göre daha farklı stresler oluşur. Araştırmacıların kan örnekleri alması ya da araştırmacıların katılımcıları gözlüyor hissi, test prosedürünün potansiyel riskleri, sıkıntı, diğerkatılımcılarla yakın temasta bulunmak ve bunların hepsinin dağ manzarası olamayan kilitli bir odada gerçekleşmesi katılımcılara ekstra strese yol açmaktadır. Fakat bunun yanında laboratuvar ortamında yatak, tuvalet, yeterli beslenme, hastalık riskinin çok az olması, kilitli kapının bir tuşla açılarak normal ortama hemen geri dönebilmek bu artıların bazılarıdır (Richalet, 2010).

Laboratuvar ortamındaki bu artılardan yararlanabilmek adına hipoksiye maruz kalma yöntemleri, normobarik ya da hipobarik olarak uygulanmaktadır (Millet vd., 2013).

Bu çalışmada yükseltinin, antropometrik, fizyolojik ve performans parametreleri üzerindeki kronik etkilerinin incelenmesi için, normobarik aralıklı hipoksiye maruz kalma protokolünün verimlilik düzeyleri araştırılacaktır.

## **1.2. Amaç**

Bu araştırmanın amacı, 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma sürecinin bazı antropometrik, fizyolojik ve performans parametreleri üzerine kronik etkilerinin incelenmesidir.

### **1.3. Problem**

8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma sürecinin bazı antropometrik, fizyolojik ve performans parametrelerini kronik olarak etkilemekte midir?

### **1.4. Alt Problemler**

Yukarıda belirtilen probleme bağlı olarak çözümlenmek istenen alt problemler ise şunlardır.

1. 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci, dansitometri parametrelerini kronik olarak etkilemekte midir?
2. 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci, core bölgesi tarama parametrelerini kronik olarak etkilemekte midir?
3. 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci, vücut kompozisyonu parametrelerini kronik olarak etkilemekte midir?
4. 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci, vücut metabolizma parametrelerini kronik olarak etkilemekte midir?
5. 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci, hemogram parametrelerini kronik olarak etkilemekte midir?
6. 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci, maksimal oksijen tüketimi değerini kronik olarak etkilemekte midir?
7. 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci, izokinetik diz yorgunluk indeksi değerini kronik olarak etkilemekte midir?
8. 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci, spirometri parametrelerini kronik olarak etkilemekte midir?
9. 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci arttırılmalı bisiklet protokolü ve laktat parametrelerini kronik olarak etkilemekte midir?

### **1.5. Hipotezler**

1. 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci, dansitometri parametrelerini kronik olarak etkilemektedir.
2. 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci, core bölgesi tarama parametrelerini kronik olarak etkilemektedir.
3. 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci, vücut kompozisyonu parametrelerini kronik olarak etkilemektedir.

4. 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci, vücut metabolizma parametrelerini kronik olarak etkilemektedir.
5. 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci, hemogram parametrelerini kronik olarak etkilemektedir.
6. 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci, maksimal oksijen tüketimi değerini kronik olarak etkilemektedir.
7. 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci, izokinetik diz yorgunluk indeksi değerini kronik olarak etkilemektedir.
8. 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci, spirometri parametrelerini kronik olarak etkilemektedir.

### **1.6. Önem**

Literatür araştırıldığında özellikle ülkemizde simüle edilmiş yükselti odası kullanılarak 8 haftalık bir çalışma gerçekleştirilmediği görülmektedir. Araştırma sonunda antropometrik, fizyolojik ve performans değişkenleri açısından değerlendirmeler raporlanarak yükseltinin insan vücut yapısı, fizyolojisi ve performansı üzerindeki etkileri belirlenebilecektir. Böylece araştırmadan elde edilecek veriler sayesinde ideal aralıklı hipoksiye maruz kalma süresi ve bu süreçte gözlemlenen değişikliklerin, bu alanda çalışan antrenörler, sporcular ve yaşam kalitesini arttırmaya yönelik egzersiz yapan kişilere yol göstermesi açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

### **1.7. Varsayımlar**

- Bütün gönüllü katılımcıların, anlatılan araştırma protokollerine sadık kaldığı ve ölçüm kurallarına uyduğu varsayılmıştır.
- Bütün gönüllü katılımcıların, ön-son testlerde maksimum efor sergilediği varsayılmıştır.

### **1.8. Sınırlılıklar**

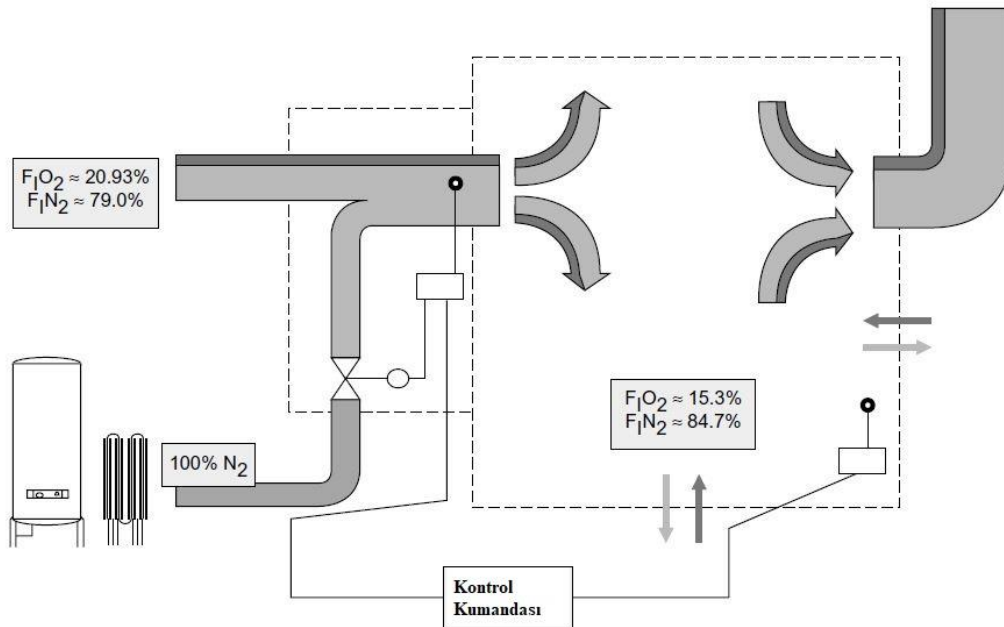
- Hipoksi odasının simüle edeceği yükselti 3000 metre ile sınırlıdır.
- Aralıklı hipoksiye maruz kalma süresi 8 hafta toplam 24 seans ve her seansta 60 dakika ile sınırlıdır.

## 2. KAYNAK BİLGİSİ

### 2.1. Azot Seyreltme Yöntemiyle Yapılan Normobarik Hipoksi

Normobarik hipoksik oda aslında bir yükselti ortamını simüle etmek amacıyla 1990'ların başında Finlandiyalı spor bilimciler tarafından geliştirilmiştir. İlk olarak Finlandiya'da, ortaya çıkan "azot evi" aslında yüksek düzeyde konfor ve mahremiyet sağlayan bir dizi iyi döşenmiş otel odası şeklinde dizayn edilmiştir.

Normobarik hipoksik odalar hedeflenen yükselti seviyesini sağlarken barometrik basınç (BP) değişmemektedir (yaklaşık 760 mmHg). Değişen alınan havadaki oksijen miktarının ( $F_{iO_2}$ ) yüzdesidir. Deniz seviyesinde yaklaşık  $F_{iO_2}$  %20,93 iken, 3000 metre simüle edilmiş yükselti odasında bu oran yaklaşık %15,3 kadardır. Bu odaların çalışması şu şekilde olmaktadır. Öncelikle havalandırma sistemi ortamda bulunan %20,93'lük  $O_2$  ile %79 oranında bulunan  $N_2$ 'yi çeker. Bu sırada eş zamanlı olarak çekilen bu havaya %100'lük  $N_2$  karıştırılır ve bu da yaklaşık %15,3  $O_2$  ve yaklaşık %84,7  $N_2$ 'lik bir iç gaz bileşimi ile sonuçlanır. Oluşturulan bu normobarik hipoksik ortam yaklaşık 2500 metreyi simüle eder. Alınan havadaki kısmi oksijen basıncı ise yaklaşık olarak 116 mmHg'dir (Wilber, 2001).



Şekil 2.1. Hipoksi odasının şematik gösterimi (Wilber, 2001)

## 2.2. Eşdeğer Yükselti Modeli

Eşdeğer yükselti modeli (Conkin ve Wessel, 2008), doğal yükselti ile simüle edilmiş yükseltinin, birbirinin yerine kullanılabilmesini önermektedir. O<sub>2</sub>'deki alveolar basınç (mmHg cinsinden PAO<sub>2</sub>) aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$PaO_2 = FiO_2 \times (BP - 47)$$

FiO<sub>2</sub> alınan havadaki oksijen yüzdesini belirtirken, BP barometrik basıncı belirtmektedir. Deniz seviyesinde, (normoksi) O<sub>2</sub>'deki basınç ~ 150 mmHg, FiO<sub>2</sub> =%20,93, normoksida ise BP = 760 mmHg'dir. PaO<sub>2</sub> barometrik basınç düşmesiyle (yükseltiye çıkmak, ya da hipobarik yükselti odasına girmek, FiO<sub>2</sub>=%20,9 ve BP <760 mmHg) veya O<sub>2</sub> kullanım oranını azaltarak (FiO<sub>2</sub> < %20,9 ve BP=760 mmHg) düşürülebilir (Conkin ve Wessel, 2008).

3500 metre yüksekliğindeki bir dağa çıkıldığı zaman FiO<sub>2</sub> normal değer olan %20,93'de olmasına rağmen, BP 420-430 mmHg'ye, PaO<sub>2</sub> ise deniz seviyesinde 150 mmHg iken 91-92 mmHg' ye düşmektedir. (Gerçek yükselti). Bu yükseltiyi deniz seviyesinde simüle edebilmek için, FiO<sub>2</sub>'nin yaklaşık %13 oranında olması gerekecektir. Eğer yükselti odası deniz seviyesinden biraz daha yükseğe kurulursa, BP düşecek ve FiO<sub>2</sub> oranındaki azalma daha az olacaktır. Örneğin 1150 metrede kurulmuş olan bir hipoksi odası 3500 metreyi simüle edebilmek için FiO<sub>2</sub> oranını yaklaşık %15'de tutacaktır. Eğer bu tesis 1650 metrede olursa 3500 metreyi simüle edebilmek için gerekli olan FiO<sub>2</sub> %16 oranına yükselecektir. İrtifa antrenmanının temel etkisi olan O<sub>2</sub> taşıma kapasitesindeki iyileşme göz önüne alındığında, aynı FiO<sub>2</sub> için hem O<sub>2</sub> akışının dokulara olan azalması hem de hemogloblin kütlesindeki artışa neden olan eritropoetik tepkilerin benzer olduğu görülmektedir (Saugy vd., 2014).

Soluk alıp verme, sıvı dengesi, akut dağ hastalığı (AMS), nitrik oksit (NO) metabolizması (Faiss vd., 2013) ve spor performansı gibi çeşitli biyolojik belirteçler, hipobarik hipoksinin farklı fizyolojik cevaplara neden olduğu fikrini desteklemektedir. Millet vd. (2012)'nin yaptıkları çalışmada da benzer sonuçlarla karşılaşılmıştır.

## 2.3. Hipoksi Modelleri

Literatürde yer alan araştırmalar incelendiğinde birçok farklı modele rastlamak mümkündür. Normobarik hipoksida klasik olarak uygulanan yöntem barometrik basınç değişmeden, alınan havadaki oksijen yoğunluğunun azaltılıp alçaltılmasına dayanmaktadır. Bu uygulamadan yararlanılarak farklı egzersiz protokolleri tek ya da

kombine şekilde hayata geçirilebilmektedir. Bu bölümde yüksekte yaşa – yüksekte antrenman yap (LHTH), yüksekte yaşa – alçakta antrenman yap (LHTL), Yüksek yüksek düşük modeli, aralıklı hipoksiye maruz kalma (IHE) ve aralıklı hipoksik antrenman (IHT) modellerinden bahsedilecektir.

### 2.3.1. Yüksekte yaşa yüksekte antrenman yap modeli

Geleneksel olarak ve muhtemelen en yaygın olarak kullanılan hipoksi yöntemidir. Hipoksik ortama maruz kalan sporcular egzersiz periyodlarını ve geri kalan süreci (uyuma, beslenme vb.) sadece tek bir yerde yaşayarak geçirirler. Bu süreç için uygun görülen optimal doz 3-4 hafta için yaklaşık 2000-2500 metre yükseklikte kalmaktır. Çok yüksek olan yerlerde bu süreci geçirmek beklenen performans artışından ziyade vücutta aşırı stres oluşturarak yan etkilerin görülmesine neden olabilmektedir. Fazla yükseltiye çıkmak arteriyel oksihemoglobin yoğunluğunun düşmesiyle sonuçlanacağından, MaxVo2 değerinde büyük düşüşlere yol açacaktır. Bunu takip eden süreçte antrenman yoğunluğu düşecek ve detraining etkisi görülecektir. Bununla beraber yükseltinin fazla olması akut dağ hastalığı, mide bulantısı, letarji gibi sorunlara yol açabilmektedir. 5000 metre yüksekliği kısa süreli olarak tolere edilebilirken, 7500 metre ve üstü sağlık için tehlikeli olmaktadır. Çoğu sporcu orta yükselti olarak tabir edilen 2000 – 3000 metre aralığını kullanmaktadır (Levine ve Gundarsen, 2006).

**Tablo 2.1.** Yükselti sınıflandırması (Sinex ve Chapman, 2015)

| Yükselti Sınıfı | Yükselti     | Oksijen Seviyesi |
|-----------------|--------------|------------------|
| Ölüm Bölgesi    | 7500m +      | < 8,2            |
| Aşırı Yükselti  | 5000 – 7500m | 10,9 – 8,2       |
| Yüksek Yükselti | 3000 – 5000m | 10,9 – 14,8      |
| Orta Yükselti   | 2000 – 3000m | 14,8 -16,7       |
| Düşük Yükselti  | 1000 – 2000m | 16,7 – 19,8      |
| Deniz Seviyesi  | <1000m       | 19,8 – 20,9      |

### 2.3.2. Yüksekte yaşa alçakta antrenman yap modeli

Yükseltide hem yaşayıp hem de antrenman yapma ile ilgili problemlerin üstesinden gelmek için, Benjamin Levine ve James Stray-Gunderson, yükseltide yaşamının etkilerini araştırdılar, ancak deniz seviyesine daha yakın bir alanda antrenmanları gerçekleştirdiler. Kapsamlı bir çalışmada, 3 koşucu grubunu karşılaştırdılar; Bir grup alçakta yaşayıp alçakta antrenman yaparken (San Diego,

California, 150 m), başka bir grup yüksekte yaşayıp (2500 metre) alçakta antrenman yapmış (1250 metre), son grup ise yüksekte yaşayıp yüksekte antrenman yapmışlardır (Deer Valley, Utah). Deniz seviyesine döndüklerinde ilk anda yüksekte yaşayıp – alçakta antrenman yapmış olan grup 5 km koşu performanslarını %1,3 oranında arttırmışlardı. Yüksekte yaşayıp – yüksekte antrenman yapan grupta çok az bir değişim bulunurken (-%0,3). Alçakta yaşayıp – alçakta antrenman yapan grupta bu oran çok daha fazlaydı (-%2,7). 4 hafta sonra bütün grupların performansı iyileşirken, LHTL grubu ile LHTH grubunun gelişim hızı alçakta yaşayıp – alçakta antrenman yapan gruba oranla daha fazla olmuştur. Teorik olarak LHTL modelinin LHTH modeline göre performans çıktıları açısından daha yararlı olabileceği söylenebilir. Bunun temel nedeni yüksek yoğunluklu antrenmanların deniz seviyesinde yapılabilir olmasından kaynaklanmaktadır. Sporcuların periferik ve nöromusküler branş bazlı adaptasyonları yükseltide kaybolmaktadır (Hamlin vd., 2013).

### **2.3.3. Aralıklı hipoksiye maruz kalma modeli**

Aralıklı hipoksiye maruz kalma (IHE) performansı geliştirmek için dinlenme durumlarında, kısa süreli hipoksik dozlar şeklinde kullanılır. IHE modellemesi uygulama açısından ikiye ayrılır. 1. uygulamada kısa süreli (3 – 6 dk) hipoksik dozlar sonrası, normoksik hava hipoksik dozla aynı süre solunur. Bu süreç setler halinde belirlenen toplam dakikaya kadar devam eder (Serebrovskaya, 2002). Normobarik hipoksinin bu şekilde kullanımı,  $PO_2$ 'nin kalıcı değişimlerine izin vermez. 2. uygulama da amaç ise aralıklı hipoksi sürecini kronik hale getirmektir. Bu tür uygulamada hipoksik dozlar 30 dakika ile 5 saat arasında bir sürede gerçekleşir. Kronik aralıklı hipoksi süreci hem yüksek dağlara çıkılmadan önce aklimatizasyon sağlarken, hem de performans geliştirmek için kullanılır (Richalet, vd., 2002). Her iki IHE protokolü hem normobarik hem de hipobarik ortamda kullanılabilir (Bartsch vd., 2008).

Respiratuvar sistemdeki duyarlılığın artması, nöral ekti ve mitekondriyal aktivite artışıyla sonuçlanır (Serebrovskaya, 2002). İlk safhada gözlemlenen adaptasyonların hiçbirisi hematolojik değildir. İlk değişim görülen artan soluk hacmi ve substrat kullanımıdır (Muza vd., 2010). Hipoksik dozun başlamasıyla beraber ilk olarak artan soluk alıp verme görülür (Muza, 2007). Düşen arteriyel oksijen saturasyonu, aortta yer alan arteriyel kemoreseptörler (karotid cisimciği) tarafından sezilir (Vizek, 1995). Özellikle, hipoksik solunum cevabının artışı (upregulation), hipoksik solunum



adaptasyonunu sağlamak için gereklidir. Bu aşamaların gerçekleşmesi karotid cisimciğinin hipoksi sürecindeki artan hassasiyeti sayesinde gerçekleşmektedir (Serebrovskaya, 2002). Soluk alıp vermedeki dramatik değişim 2500 metreden itibaren egzersiz yapılmasa bile akut olarak değişmektedir. Soluk alıp vermedeki bu değişime hipoksik solunum cevabı (HVR) denilmektedir (Powell, 2006). HVR'nin artması CO<sub>2</sub> salınımının fazlalaşmasıyla sonuçlanır ve böylece respiratuvar alkaloz oluşur (pH > 7,4). Bunun sonucunda böbrekler bikarbonat emilim faaliyetlerini arttırarak pH seviyesini normalize eder (Muza, 2007). Hipoksik sürecin başlangıcında artan HVR aktivitesi, yaklaşık 20 dakika sonra düşüşe geçer. Soluk alıp vermedeki değişimler, farklı hipoksi uygulamalarına gösterilen akut yanıt olsa da, farklı hipoksi modelleri adaptasyon süreçlerini daha fazla geliştirebilir (Powell, 2006). Daha uzun kronik hipoksi süreci, yüksekte yaşa – alçakta antrenman yap sürecinin takiben IHE gibi protokollerin, kemosenivitede daha fazla artış sağladığı söylenmiştir (Katayama vd., 2001). Hipoksiye adaptasyonu takiben daha yüksek soluk alıp verme seviyeleri elde edilebilir. Bunun temel nedeni SpO<sub>2</sub> artışıyla ilişkilidir. Yüksek HVR cevabının irtifada performans açısından yararları olmasına rağmen, artmış hipoksi kaynaklı soluk alıp verme kemosenitivitesinin etkilerini araştıran çalışmalarda, HVR'nin belirgin olarak artmış göstermesine rağmen, deniz seviyesinde soluk alıp verme hacimleri üzerinde herhangi bir etkisi bulunmamıştır (Ricart vd., 2000).

Hipoksik egzersiz sırasında sıklıkla ortaya çıkan yüksek soluk alıp verme seviyelerinde, akciğerlerin difüzyon kapasitesi O<sub>2</sub> tüketimine sınırlama getirebilir. Özellikle, kırmızı kan hücrelerinin (RBC) pulmoner damarlar boyunca kısa geçiş süresi alveolar gaz ve kılcal kan arasında tam kan basıncı eşitlenmesine izin vermeyebilir (Calbet ve Lundby, 2009). Ancak, yükselti aklimatizasyonundan sonra, bu etki, en azından dinlenme durumunda, difüzyon sınırlamalarının düşürülmesi ve kardiyak çıktıdaki eşzamanlı azalmalar ile düşüşe geçmektedir (Wagner vd., 1987).

Olası hipoksi kaynaklı polisitemi (eritrosit kitle artışı) özellikle yüksek irtifada egzersiz sırasında difüzyonla ilişkili problemleri uzatabilir. Bu nedenle solunum sisteminin tepkisi, alveollere ortam havasının daha yüksek bir şekilde verilmesini sağlar ve yeterli difüzyon koşulları altında, daha yüksek miktarlarda O<sub>2</sub>'nin plazmaya girmesini ve ardından hemoglobine bağlanmasını mümkün kılar (Wagner vd., 1987).. Toplam hemoglobin kütlesi ve diğer ilgili hematolojik parametreler, akabinde,

akciğerlerden çalışan kaslara doğru kan birimi başına aktarılabilecek O<sub>2</sub> miktarını belirler.

#### **2.3.4. Aralıklı hipoksi antrenmanı modeli**

Aralıklı hipoksi antrenmanı, hipoksik havayı soluduktan sonra, normoksik havaya maruz kalmadan oluşmaktadır. IHE'den farklı olarak sporcular hipoksik havayı solurken egzersiz yapmaktadırlar. Performansı geliştirmek için hipoksik koşulların yarattığı ekstra stresten yararlanılır. Aralıklı hipoksinin deniz seviyesi performansı geliştirdiği söylene de buna karşı olan görüşler literatürde mevcuttur. Bazı çalışmalar aralıklı hipoksi antrenmanından sonra atletik performansın geliştiğini söylese bile (Dufour vd., 2006; Ponsot vd., 2006), bunun tam tersini söyleyen çalışmalarla karşılaşılmaktadır (Morton ve Cable, 2005., Roels vd., 2007).

#### **2.4. Yükseltinin fizyolojik etkileri**

Yükseltideki düşük oksijen kullanımı, 1500 metre üzerindeki her 100 metrede MaxVo<sub>2</sub> değerini yaklaşık %1 oranında azaltmaktadır (Buskirk vd., 1967). Yükseltiye uyum sürecinde görülen fizyolojik adaptasyonlar, oksijen kullanım yeteneğini arttırmayı hedefleyen egzersizlerle benzer yapıdadır (Wolski vd., 1996). Aslında yükseltiye uyum sürecinde oluşan oksijen taşıma kapasitesindeki değişimlerin, aerobik antrenmanlardan daha fazla olduğu söylenmiştir (Rusko vd., 2004).

Hipoksiye aklimatizasyon kardiyopulmoner, hematolojik ve iskelet kaslarının da adaptasyonunu içeren karmaşık bir süreçtir. Bu yüzden bilim adamları yükseltiye maruz kalındıktan sonra artan performansın nedenlerini araştırmaktadırlar. Bunun potansiyel nedenleri oksijen taşıma kapasitesiyle ya da hematolojik nedenlerden dolayı olabilir.

Yükselti antrenmanının popülerliği temel olarak, yükseltide yaşayanların deniz seviyesinde yaşayanlara göre daha fazla hemoglobin konsantrasyonuna sahip olmalarından kaynaklanmaktadır. Yükseltiye aklimatizasyonla beraber eritropoetin ve kırmızı kan hücrelerinde artış görülmektedir (Ekblom ve Berglund, 1991). Oluşan bu hematolojik adaptasyonların, deniz seviyesi performansına daha fazla oksijen taşıyarak katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Ancak artan bu hemoglobin değerleri evrensel değildir. Himalaya yerlileri, Andean yerlileriyle aynı yükseltide yaşamalarına rağmen daha düşük Hemoglobin değerlerine sahiptirler (Beall vd., 1998). Etiyopya yerlileri ise aklimatizasyon sürecini geçiren turistlerle aynı hemoglobin değerlerindedirler (Beall vd., 2002). Aralıklı hipoksiye maruz kalmanın ya da hipoksi antrenmanlarının,

eritropoetin, kırmızı kan hücresi ya da hemoglobin konsantrasyonuna olumlu etkisinin olup olmadığı sürekli olarak tartışma konusu olmaya devam etmektedir (Ashenden vd., 2000). Fakat temelde yükseltiyle birlikte plazma hacminin azalması hemoglobin ve hematokritin artmasıyla sonuçlanır. Bu hemokonsantrasyon oksijen taşıma kapasitesinin artmasına neden olur. Kardiyak çıktıdaki artış, kan birimi başına düşen hemoglobin miktarını artırır. Fakat kırmızı kan hücreleri bu artıştan hemen etkilenmez. Bu adaptasyon, istirahatte ve düşük egzersiz seviyelerinde faydalı olsa da, düşük kan hacminden dolayı gerçekleşen kardiyak çıktıdaki azalma, maksimum ve sub maksimum seviyesindeki dayanıklılık kapasitesini azaltacaktır. Hemokonsantrasyon her bir kan ünitesine karşılık hemoglobin oranını arttırsa da, 1800 – 3000 m seviyesinde yapılan önceki çalışmalarda oluşan gerçek artışın 1 haftada yaklaşık %1 olduğu söylenmiştir (Berglund, 1992).

Artan yükseltiyle beraber değişen bir diğer hematolojik parametre ise serum eritropoetin (EPO) konsantrasyonudur. Yükselti seviyesi ne kadar artarsa oluşan EPO doğru orantıda olmaktadır. EPO salınımının artması için gerekli eşik eğer ortalama 2100 – 2500 metredir (Ge vd., 2002). Yükseltiye maruz kalındıktan birkaç gün sonra EPO konsantrasyonundaki artış, başlangıç değerlerine doğru kademeli bir düşüş izlemektedir. Serum EPO konsantrasyonu EPO üretimi ve EPO tüketimi arasındaki dengeyi yansıtmaktadır. Yükseltiye gelindikten ya da aralıklı hipoksiye maruz kalındıktan sonraki günlerde düşen EPO'nun nedeni kemik iliği tarafından EPO tüketiminin artmasıdır (Litch, 2002). Zirve EPO artışı hem doğal hem de simüle edilmiş LHTL modelinde görülmektedir. Aynı EPO artış oranı aralıklı hipoksizde de (yaklaşık 2650 metre) görülmüştür. Yeterli hipoksiye maruz kalma ile EPO konsantrasyonundaki artış, retikülosit ve kırmızı kan hücrelerini 4-7 gün sonra arttırabilmektedir (Klausen vd., 1991).

Yükseltiyle beraber değişen fizyolojik parametreler şu şekildedir;

- Doğal yollardan eritropoetinin (EPO) artması. Böylece kırmızı kan hücrelerinin kitlesi artarak kaslara daha fazla enerji sağlanması mümkün kılınmıştır.
- Toplam kan hacminin artarak, daha fazla oksijen verimliliğinin sağlanması artar.
- Maksimum oksijen tüketimi artarak, uzun süreli yapılan iş miktarının artması sağlanır.
- Hematokrit seviyesi artarak, oksijen taşıyan hücrelerin yüzdesi gelişir.

- Kapiller hacmin artması sayesinde, kas hücrelerine daha fazla kan akışı sağlanır. Bu da kas oksijenizasyonunu artırır.
- Artan mitokondri sayısı ile vücudun enerji elde etmek için kullandığı oksijen miktarı da artar.
- Akciğerdeki gaz değişim kapasitesi artar. Böylece alınan her nefes ile kan dolaşımına daha fazla oksijen girebilir (http2).

## **2.5. Hipoksinin Terapötik Kullanımı**

Son yıllarda giderek artan bir şekilde hipoksinin tedavi edici etkisinden yararlanmak adına yapılan çalışmalar artmaktadır. Millet vd. (2016) yaşlı, obez veya hipertansif hastalarda hipoksiye maruz kalmanın terapötik olarak kullanılmasının potansiyel faydalarını yakın zamanda önermiştir. Obes hastaların hipoksik ortamda yapacağı yürüyüş sayesinde, düşük yürüyüş hızının daha az biyomekanik yüklenme oluşturacağını söylemişlerdir. Yine bu düşünceyle Promshler vd. (2017) geriatric hastaların kalp atım yanıtlarının normoksik ve hipoksik (3000 m) ortamda değerlendirildiği çalışmalarında, normoksik ortama nazaran, hipoksi ortamında benzer fizyolojik yük, lokomotor sistemin daha az stres altına girdiğini söylemişlerdir.

### **3. YÖNTEM ve GEREÇLER**

Araştırmanın bu bölümünde; araştırma gruplarından, protokollerin uygulanması için gerekli olan veri toplama araçlarından, araştırma dizaynından, veri toplama yöntemlerinden ve elde edilen verilerin analizlerinden bahsedilecektir.

#### **3.1. Araştırma Grubu**

Araştırmaya Anadolu Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesinde öğrenim gören, 18-26 yaş aralığında, araştırmaya katılmayı engelleyebilecek sağlık problemi olmayan ve test protokolüne etki edebilecek aktif egzersiz yapmayan, toplam 20 erkek gönüllü katılımcı dahil edilmiştir. Araştırma için Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurul Başkanlığından Etik Kurul onayı alınmıştır (. Gönüllü katılımcılara araştırmanın bütün safhaları ilk önce konuşarak anlatılmış, daha sonra yazılı bir şekilde gönüllü onam formu tebliğ edilmiştir. Gönüllü katılımcılar ön testler sonrası rastgele olarak, Kontrol Grubu (K.G, n=10, vücut ağırlığı:  $69,844 \pm 7,50$  kg; boy uzunluğu:  $1,73 \pm 0,7$  m; yaş:  $22,4 \pm 2,8$  yıl) ve Aralıklı Hipoksi Grubu (A.H.G, n=10, vücut ağırlığı:  $72,738 \pm 8,930$  kg; boy uzunluğu:  $1,70 \pm 0,14$  m; yaş:  $21,2 \pm 1,4$  yıl) olmak üzere ikiye ayrılarak araştırma gruplarını oluşturmuşlardır.

#### **3.2. Veri Toplama Araçları**

Bu bölümde boy uzunluğu, vücut ağırlığı, kemik yoğunluğu, izokinetik diz yorgunluğu, hemogram, solunum fonksiyon testi, laktik asit, kompüterize bisiklet ergometresi, oksijen analizörü ve aralıklı hipoksiye maruz kalma sürecinin gerçekleşmesini sağlayan veri toplama araçlarından bahsedilecektir.

##### **3.2.1. Boy uzunluğu**

Gönüllü katılımcıların boy uzunlukları hassasiyeti  $\pm 0.1$  mm olan stadiometre (Holtain Ltd, UK) aracılığıyla ölçülmüştür.

##### **3.2.2. Vücut ağırlığı**

Gönüllü katılımcıların vücut ağırlıkları, ölçüm hassasiyeti  $\pm 0.1$  kg olan elektronik laboratuvar baskülü (Seca, Vogel & Halke, Hamburg) aracılığıyla ölçülmüştür.



**Görsel 3.1.** *Laboratuvar baskülü ve sabit stadiometre*

### 3.2.3. Kemik yoğunluğu

Kemik yoğunluğu ölçümleri dual energy x-ray absorptiometry (DXA) vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir (General Electric Healthcare Lunar Prodigy, Illinois, ABD).



**Görsel 3.2.** *Kemik yoğunluğu ölçüm cihazı ve kalibrasyon bloğu*

### 3.2.4. İzokinetik diz yorgunluğu

Katılımcıların izokinetik diz yorgunluğu indeksi ise izokinetik dinamometre (Isomed2000 D&R Ferstl GmbH, Hemau, Almanya) vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir.



**Görsel 3.3.** İzokinetik diz yorgunluk indeksi protokolü

### 3.2.5. Hemogram testi

Gönüllü katılımcıların hemogram ölçümleri, tam kan sayım cihazı (Norma Icon-3, Budapeşte, Macaristan) ile gerçekleştirilmiştir.



**Görsel 3.4.** Antekübital venden kan alma ve hemogram analizörü

# Diacon 3

## HEMATOLOGY CONTROLS

MANUFACTURER

:Diatron

LOT NO.

:B0217

EXPIRY DATE

:2017-05-05

INSTRUMENT

:Norma Icon 3

### ASSAY VALUES AND EXPECTED RANGES:

| Lot no    |                     | B0217L     | B0217N     | B0217H     |
|-----------|---------------------|------------|------------|------------|
| Parameter | Unit                | Low        | Normal     | High       |
| WBC       | 10 <sup>3</sup> /μL | 1,9 ±0,4   | 8,1 ±0,8   | 21,5 ±2,0  |
| RBC       | 10 <sup>3</sup> /μL | 2,34 ±0,12 | 4,63 ±0,18 | 5,91 ±0,18 |
| HGB       | g/dl                | 6,4 ±0,4   | 13,4 ±0,6  | 19,1 ±0,6  |
| HCT       | %                   | 17,5 ±1,5  | 39,2 ±1,8  | 56,5 ±3,0  |
| MCV       | fl                  | 76 ±0,4    | 86,0 ±3    | 95 ±3,0    |
| MCH       | pg                  | 26,2 ±3    | 28,4 ±3,4  | 31,8 ±2,8  |
| MCHC      | g/dl                | 34,6 ±2,4  | 33,0 ±3,5  | 33,5 ±3,0  |
| RDW-CV    | %                   | 18,9 ±3,0  | 19,4 ±3,0  | 18,5 ±2,0  |
| RDW-SD    | fl                  | 51,1 ±2,0  | 46,3 ±4,0  | 70,9 ±2,0  |
| PLT       | 10 <sup>3</sup> /μL | 58 ±15     | 256 ±40    | 503 ±55    |
| MPV       | fl                  | 8,8 ±2,0   | 10,5 ±2,4  | 9,8 ±1,5   |
| PCT       | %                   | 0,05 ±0,03 | 0,25 ±0,07 | 0,44 ±0,08 |
| PDW-CV    | %                   | 37,0 ±2,0  | 42,4 ±4,0  | 39,2 ±2,0  |
| PDW-SD    | fl                  | 11,3 ±2,0  | 12,8 ±3,0  | 13,5 ±2,0  |

Şekil 3.1. Kontrol ölçümü referans değerleri

### 3.2.6. Solunum fonksiyon testi

Solunum fonksiyon testleri, spirometre kullanılarak değerlendirilmiştir (Spirolab 3, Medical International Research, Roma, İtalya).



Görsel 3.5. Spirometre cihazı



### 3.2.7. Laktik asit testi

Analizler laktat analizörüyle gerçekleştirilmiştir (EKF Biosen C Line, Almanya).



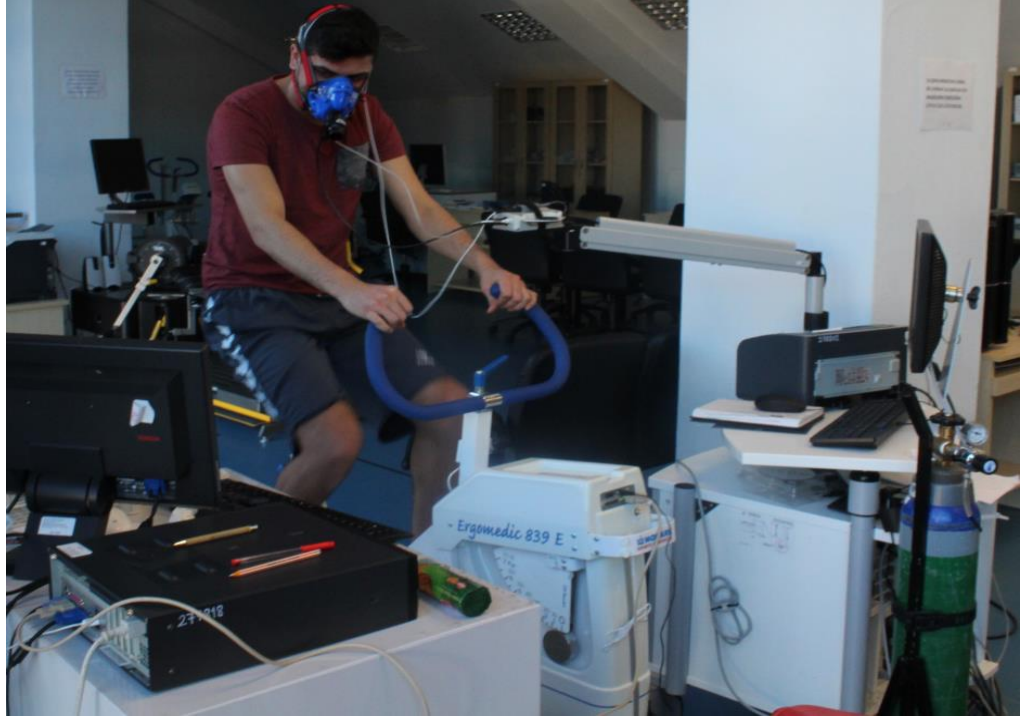
*Görsel 3.6. Laktat analizörü ve kulak lobundan kan alma*

### 3.2.8. Kompüterize bisiklet ergometre sistemi

Gönüllü katılımcıların maksimum oksijen tüketimi ve laktat değerleri kompüterize bisiklet ergometre sistemi yardımıyla belirlenmiştir (Monark, 839 E, İsveç). Cihaz her açıldığında kalibrasyonu yapılmıştır. Kalibrasyon tamamlanınca kişi bilgileri girilmiş ve daha önceden yazılmış olan giderek arttırmalı test protokolü uygulanmıştır.

### 3.2.9. Oksijen analizörü

Kişilerin maksimum oksijen tüketimlerini belirlemek için oksijen analizörü kullanılmıştır (Masterscreen Cardiopulmonary Exercise Testing, ABD).



**Görsel 3.7.** *Kompüterize Bisiklet Ergometre Sistemi ve oksijen analizörü*

Veri akışında anormallikle karşılaşılması ihtimaline karşı, ölçüm sırasında solunum değişim oranı (RER), maksimum oksijen tüketimi ( $\text{MaxVo}_2$ ), kalp atım hızı ve iş yükü sürekli izlenmiştir. Görsel 3.8’de bu parametreler görülmektedir.



**Görsel 3.8.** *Test gerçekleştirirken alınan bir görüntü*

### 3.2.10. Aralıklı hipoksiye maruz kalma

Katılımcılar aralıklı hipoksi sürecini hipoksi laboratuvarında geçirmiştir. Dış ortamdan izole edilmiş 23,56m<sup>2</sup>'lik hipoksi odasının (Colorado Altitude Training, Louisville ABD) sürekli olarak 3000 metre yükseltideki oksijen ve karbondioksit oranını sabit şekilde sağlayabilmesi için 4 adet hava ünitesinden elde edilen solunabilir hava sürekli olarak izole edilmiş hipoksi odasına verilmiştir. 3000 m seviyesinin sürekli kontrol edilebilmesi için hipoksi kontrol paneli hipoksi odasının iç kısmına yerleştirilmiştir. Sıcaklık ve nem de yine duvara monte edilen sıcaklık ve nem ölçebilen cihazla (Testo 175H1, Almanya) süreç boyunca gözlemlenmiştir. Gönüllü katılımcıların oksijen saturasyonlarına ise pulse oksimetre (Oxi Go) yardımıyla bakılmıştır.



**Görsel 3.9.** *Hipoksi Odası*



**Görsel 3.10.** *Hipoksi kontrol ünitesi*



**Görsel 3.11.** *Sıcaklık, nem ve oksijen saturasyonu cihazları*

### **3.3. Verilerin Toplanması**

#### **3.3.1. Boy uzunluğu ölçümü**

Gönüllü katılımcılar boy uzunluğu için çıplak ayakla skapula, kalça ve topukları duvara değecek şekilde pozisyon almışlardır. Baş ve boyun doğal pozisyonlarında iken topuklar birbirine değmekte ve baş parmaklar 45°'lik bir açı yapmaktadır. Kafanın üst kısmı (inferial orbital sınır) ile kulak hizası (external auditory conduct) aynı seviyeye getirilmiş şekilde ölçüm alınmıştır (Garcia vd., 2007).

#### **3.3.2. Vücut ağırlığı ölçümü**

Ölçüm sırasında gönüllü katılımcılar bütün ağır kıyafetlerini çıkarmış, çıplak ayak ve hafif şort ile ölçümü gerçekleştirmişlerdir (Garcia vd., 2007).

#### **3.3.3. Kemik yoğunluğu ölçümü**

Çift x-ışını farklı enerji seviyeleriyle kişilerin kemik yoğunluğunu hesaplamada kullanılmıştır. Gönüllü katılımcılar cihazın masa kısmına sırt üstü yatmışlardır. Masa kısmında işaretli olan üst taraf kafa, sağ ve sol taraflar: omuz, kollar ve eller için, alt taraf ise ayaklar için, ölçüm sırasında uzuvların taşmamasını sağlayan çizgileri oluşturmuştur. Gönüllü katılımcılar bu sınır çizgilerine uyarak, x-ışını tarama kolunun bütün vücudunu taramasını beklerken olabildiğince sessiz ve hareketsiz kalmaya çalışmışlardır. DXA cihazı her yeniden açıldığında önce kalibrasyon bloğu ile cihazın kalibrasyonu test edilmiştir (Shepher vd., 2017).

#### **3.3.4. İzokinetik diz yorgunluğu ölçümü**

180°sn<sup>-1</sup> açısal hızla 50 tekrarlı diz ekstansiyon-fleksiyon testiyle bulunmuş ve yorgunluk indeksi hesaplaması yapılmıştır.

#### **3.3.5. Hemogram ölçümü**

Katılımcıların hemogram ölçümleri antekübital fossadaki venin medial kısmından kan numunesi alınarak gerçekleştirilmiştir. Kolun dirsek kısmının 5-6 cm kadar yukarısına turnike bağlanmıştır. Kanı alınacak kişi elini yumruk şeklinde sıkmıştır. İğneli vacutainer yaklaşık 45 derecelik açı yaparak deriye girmiş ve 15 dereceye küçültülerek vene doğru 1cm kadar ilerletilmiştir. Vacutainer yardımıyla kan 2ml K2 edtalı tüpe vakum yardımıyla dolmuştur. Kan dolmaya başlayınca turnike gevşetilmiştir. İğneli vacutainer venden çıkartılmış ve bu noktaya basınç uygulanmıştır (http1). Elde

edilen numune hemogram analizörüne (Norma Icon-3, Budapeşte, Macaristan) koyulmuş ve 60 sn sonra WBC, LYM, MID, GRA, LYM%, MID%, GRA%, HGB, RBC, HCT, MCV, RDWcv, RDWsd, MCH, MCHC, PLT, MPV, PCT, PDWcv, PDWsd, P-LCR%, P- LCC parametreleri analiz edilmiştir. Cihaz açıldıktan sonra örnek numune ile referans değerler kontrol edilmiştir (Şekil 3.1). Cihazın bütün kalibrasyon işlemleri her sabah ve ölçümler bittikten sonra tekrar edilmiştir.

### **3.3.6. Solunum fonksiyon ölçümü**

Ölçüm sırasında gönüllü katılımcılar bir sandalyeye oturtulmuştur. Burun delikleri bir kısıkaç yardımıyla kapatılmıştır. Maksimum eforla nefes alıp verme ve maksimum eforla zorlayarak nefes verme protokolleri uygulanmıştır (Ouslati, Boone, Ahmaidi, 2016).

### **3.3.7. Laktik asit ölçümü**

Laktik asit örnekleri kulak lobundan alınmış ve 1,5 mL'lik, içinde 50 µL %1 NaF içeren mikro sentrifüj tüplere yerleştirilmiştir (Santos vd., 2006). Cihazın glukoz ve laktat sensörleri ölçümlere başlamadan değiştirilmiştir. Cihaz her açıldığında ve açık kaldığı her 60 dk'da kalibrasyonu tekrar edilmiştir.

### **3.3.8. Maksimum oksijen tüketimi ölçümü**

Her ölçüm öncesinde cihaz ve bilgisayarı açılmıştır. Programın ısınması için 15 dk beklenmiştir. Isınma süreci tamamlanınca cihaza bağlanan ve içerisinde % 16 O<sub>2</sub>, % 4 CO<sub>2</sub> ve balans nitrojen gazları olan tüp açılmıştır ve cihazda kalibrasyonu yapılmıştır. Sonrasında dijital TripleV sensörü ve sample tube cihazdaki yerlerine takılarak gaz analiz kalibrasyonu da yapılmıştır. İki kalibrasyon onayını aldıktan sonra cihaz ölçüme hazır hale gelmiştir. Gönüllü katılımcıların yüzlerine uygun maske seçilmiş ve kişi, kompüterize bisiklet ergometresine oturtularak, uygun sele ve gidon ayarlamaları yapılmıştır. Daha sonra önceden hazırlanmış uygun protokol seçilerek ölçümlere başlanmıştır.

## **3.4. Araştırma Dizaynı**

Ölçümler her iki gruba da ön test ve son test şeklinde uygulanmıştır. Bu ölçümler: boy uzunluğu, vücut ağırlığı, kemik yoğunluğu ve vücut metabolizması belirleme, arttırımlı bisiklet protokolüyle elde edilen maksimum oksijen tüketimi ve laktat, 180°sn<sup>-1</sup> açısal hızla 50 tekrarlı diz ekstansiyon-fleksiyonu ve hemogramdan oluşmaktadır. Bütün testler 21±2 °C sıcaklıkta ve %45±%5 nem seviyelerinde, ortam

barometrik basıncında ve yükseltisinde yapılmıştır (Eskişehir 792 m, ~760 mm Hg), (Beidleman vd., 2009).

**Tablo 3.1.** *Ön test – son test ölçüm programlaması*

| Ölçüm Günleri                         |          |                                    |                              |
|---------------------------------------|----------|------------------------------------|------------------------------|
| Pazartesi                             | Salı     | Çarşamba                           | Cuma                         |
| Boy Uzunluğu<br>Vücut Ağırlığı<br>DXA | Hemogram | Arttırılmalı Bisiklet<br>Protokolü | İzokinetik Diz<br>Yorgunluğu |

#### **3.4.1. Aralıklı hipoksiye maruz kalma protokolü**

Araştırma gruplarından K.G sadece ön test ve son testlere katılmıştır. Araştırma süresince bu grupta yer alan gönüllü katılımcılar aktif olarak hiçbir egzersiz yapmamışlardır. A.H.G ise 6 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalmanın gerçekleşeceği 3000 metrede simüle edilmiş yükselti seanslarından önce 2 haftalık aklimatizasyon seanslarına tabi tutulmuşlardır. A.H.G toplam 8 haftalık süreçte 24 seans aralıklı hipoksiye maruz kalmıştır. Aralıklı hipoksiye maruz kalma süreleri için literatürde çok çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Her bir farklı yöntemin (süre, oksijen miktarı, hipoksi seansları) farklı fizyolojik ve performans çıktıları olabilmektedir. Literatürde genellikle uzun süreli araştırmalar için seanslar ardışık günlerde yapılmaktadır (Opazo ve Mitchell., 2014). Araştırmamızda da aralıklı hipoksiye maruz kalma seansları Cuma, cumartesi ve pazar günleri olarak seçilmiştir. Yüksek dağlara çıkılmadan önce simüle edilmiş yükselti odalarında aklimatizasyon sürecini geçirmenin akut yükselti hastalıklarına yakalanmamak için önemli olduğu bildirilmiştir (Küpper ve Schoeffl, 2012). Yine literatürde yüksek dağlara çıkılmadan günde 1 saatlik ve 4 haftaya kadar uzayabilen aklimatizasyon çalışmaları yapılabileceğinden bahsedilmiştir (Burtscher, Brandstatter ve Gatterer, 2008). Buradan hareketle A.H.G'nin ilk 6 seansı aklimatizasyon olarak belirlenmiş ve yükselti her seansta arttırılmıştır. Aklimatizasyon dönemi bittikten sonra kalan 18 seans 3000m olarak uygulanmıştır (~ %14.3 O<sub>2</sub>).

**Tablo 3.2.** *Yükseltiye aklimatizasyon aşamaları*

| Seanslar | Yükselti |
|----------|----------|
| 1.       | 1000m    |
| 2.       | 1500m    |
| 3.       | 2000m    |
| 4.       | 2300m    |
| 5.       | 2700m    |
| 6.       | 3000m    |

### **3.4.2. Arttırılmalı bisiklet protokolü**

Arttırılmalı bisiklet protokolü için gönüllü katılımcılara 20 watt.dk<sup>-1</sup> egzersiz testi uygulanmıştır (Hug vd., 2004). Bu test aracılığıyla kişilerin maksimal oksijen tüketimi ve laktat değerleri elde edilmiştir.

Teste alınacak kişinin dinlenik olması doğru bir ölçüm yapmak için ön koşuldur. Kişinin dinlenik olduğunu gösteren aşağıdaki fizyolojik parametreler teste başlama kriterleri olarak belirlenmiştir.

1. Dinlenim RER oranı 0.7-0.85 aralığında olmalıdır.
2. Dinlenim laktat değeri 1 mmol.L<sup>-1</sup> değerinin altında olmalıdır.

Gönüllü katılımcılar tükendikleri zaman test sonlandırılmıştır. Her bireyin tükenme zamanı farklı olduğu için testin tamamlanma süresi bireye özeldir. Testi sonlandırma kriteri olarak da kişilerin 50 devir.dk<sup>-1</sup> pedal devrinin altına düşmesi ve yorgunluk sonucu pedal çevirememesi durumu olarak belirlenmiştir.

Arttırılmalı bisiklet protokolü sırasında maksimal oksijen tüketimi ve laktat değerleri belirlenmiştir.

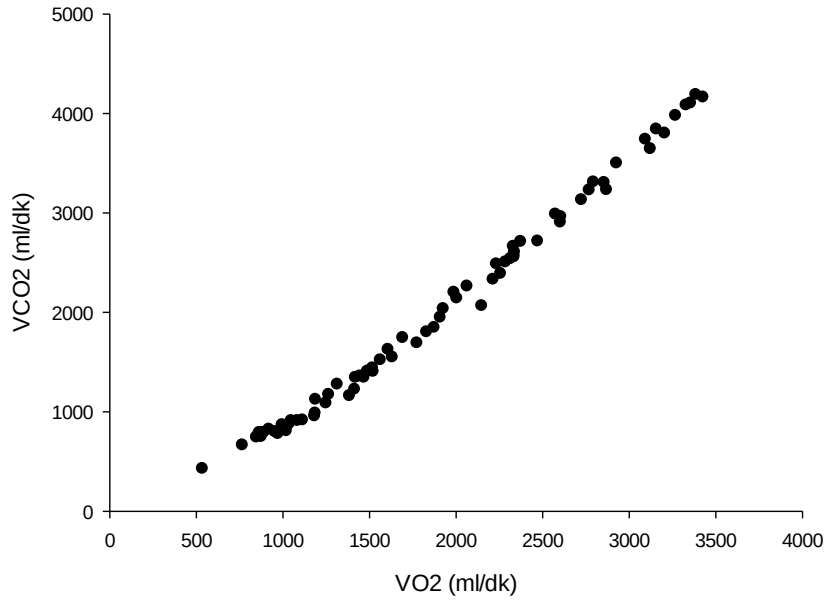
### **3.5. Verilerin Analizi**

Bu bölümde verilerin analizi sırasında kullanılan anaerobik eşik, laktik asit, izokinetik diz yorgunluğu ve istatistiksel verilerin analiz yöntemlerinden bahsedilmiştir.

#### **3.5.1. Anaerobik eşik analizi**

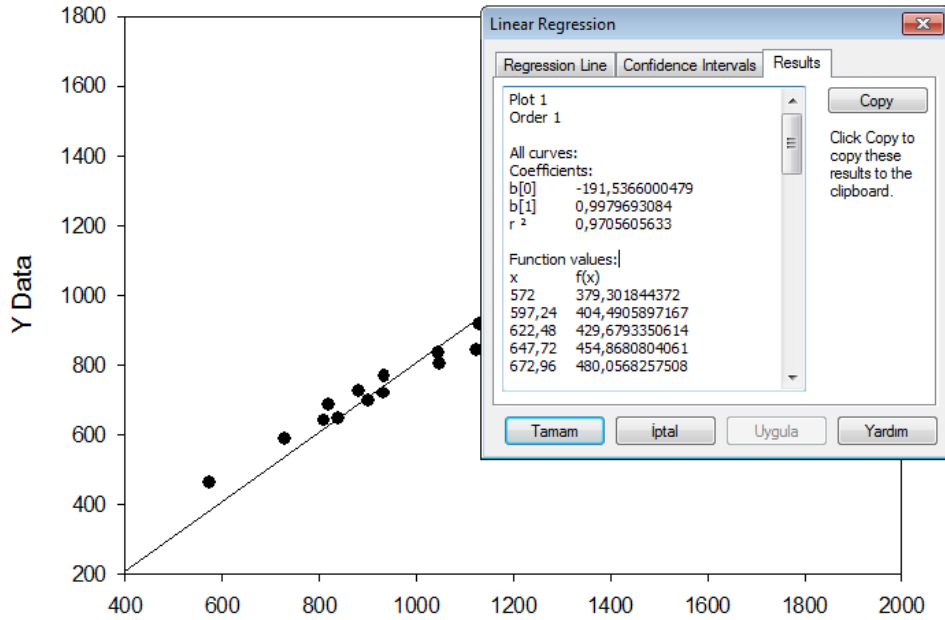
CO<sub>2</sub> tüketiminin O<sub>2</sub> tüketiminden daha fazla olduğu nokta, anaerobik metabolizmaya geçiş olarak belirlenmiştir (Murias vd., 2011). Bu noktadaki iş yükü (watt), kalp atım hızı ve laktat değerleri (4mmol) ayrı ayrı kaydedilmiştir. Testin son 30 saniyesinde el edilen ortalama oksijen tüketimi, maksimal oksijen tüketimi olarak ele alınmıştır. Gönüllü katılımcıların RER değeri 1.10 ve üzerinde, maksimum kalp atım hızı  $\pm 5$  atım.dk<sup>-1</sup> atım hızında ise maksimal oksijen tüketimi değerine ulaşılmış kabul edilmiştir (Carter vd., 2000).





Şekil 3.2. Bir kişiye ait artırmalı maksimal egzersize  $vo_2$  ve  $vco_2$  yanıtının serpmeye diyagramı

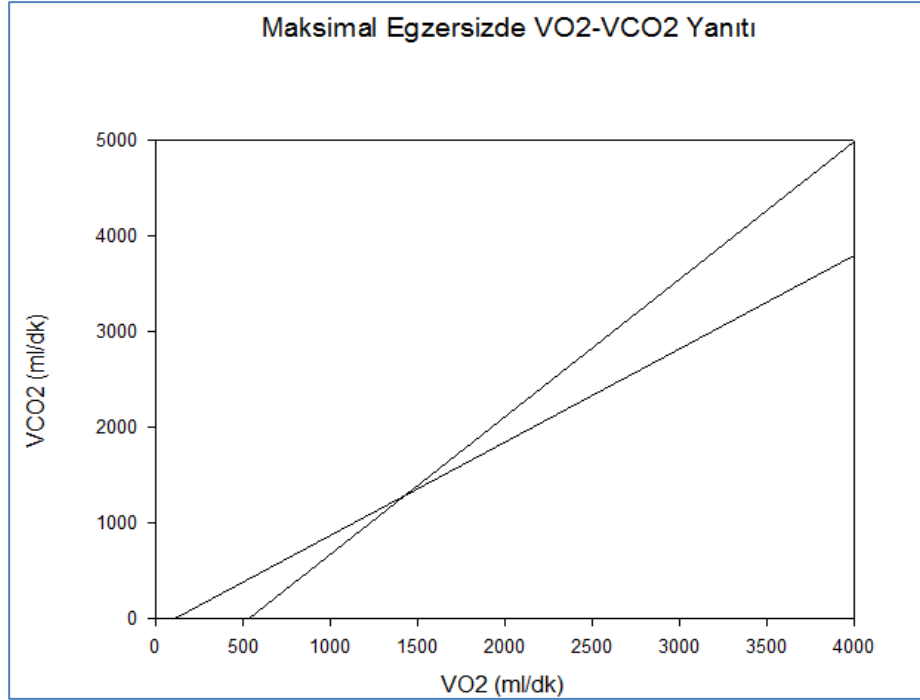
Şekil 3.2. incelendiğinde bir kişiye ait artırmalı egzersiz sonucu elde edilen  $VO_2$  ve  $VCO_2$  verilerinin serpmeye diyagramının (scatter plot) çizildiği görülmektedir.



Şekil 3.3. Bir kişiye ait  $vo_2$  ve  $vco_2$  verilerinin lineer regresyon sonucu

Lineer regresyon analizi sonucu  $b[1]$  değeri işleme alınmıştır. Anaerobik metabolizma eşiğini belirlemek için, RER değerini yansıtan  $b[1]$  değeri belirlenmiştir.

Lineer regresyon sonuçlarından  $b[1] = 0,99$  sonucu bulununcaya kadar veriler alttan kesilip 3 ve 4. sütunlara yapıştırılmıştır ve kesişim noktasının grafiği çizdirilmiştir.



**Şekil 3.4.**  $VO_2$  ve  $VCO_2$  verilerinin lineer regresyon sonucu belirlenen anaerobik eşik noktası

Çoklu regresyon analizi ile  $VCO_2$  verisinin artışının  $VO_2$  verisinin artışına göre daha fazla olduğu nokta tespit edilmiştir. Bu nokta kişinin anaerobik metabolizmaya geçtiği noktadır. X eksenini  $VCO_2$  y eksenini ise  $VO_2$  değerlerini göstermektedir. Bu noktada elde edilen değerler anaerobik eşiğe girilen noktadaki değerlerdir. Kesişim noktasına denk gelen  $VCO_2$  ve  $VO_2$  kaydedilmiştir. Kesişim noktaları excel dosyasında açılmış ve aşağıda örnek olarak verilen veriler kayıt altına alınmıştır.

**Tablo 3.3.** Anaerobik eşik noktasına denk gelen parametre değerlerinin bir kişi üzerinden örnek tablosu

| KAH | İş yükü (Watt) | $VO_2$ (ml.kg <sup>-1</sup> .dk <sup>-1</sup> ) | % $VO_{2MAKS}$ | Süre  | %KAH maks |
|-----|----------------|-------------------------------------------------|----------------|-------|-----------|
| 124 | 100            | 16,5                                            | 42             | 07:30 | 63        |

|      |       |       |       |       |        |      |
|------|-------|-------|-------|-------|--------|------|
| P113 |       |       |       |       |        |      |
|      | A     | B     | C     | D     | E      | F    |
| 94   | 13:20 | 167   | 107   | 51    | 34,5   | 0,92 |
| 95   | 13:30 | 169   | 103   | 48    | 34,9   | 1,01 |
| 96   | 13:40 | 169   | 101   | 44    | 36,5   | 0,99 |
| 97   | 13:50 | 172   | 113   | 49    | 37,1   | 1,01 |
| 98   | 14:00 | 173   | 105   | 47    | 35,8   | 1,03 |
| 99   | 14:10 | 174   | 115   | 52    | 37,4   | 1    |
| 100  | 14:20 | 176   | 124   | 53    | 38,5   | 0,99 |
| 101  |       | HR    | V'E   | BF    | VO2/kg | RER  |
| 102  |       | 1/min | L/min | 1/min | ml/    |      |
| 103  |       |       |       |       | min/kg |      |
| 104  | 14:30 | 175   | 131   | 55    | 38,2   | 1,03 |
| 105  | 14:40 | 176   | 128   | 58    | 38,2   | 1,04 |
| 106  | 14:50 | 176   | 133   | 55    | 39,3   | 1,05 |
| 107  | 15:00 | 178   | 130   | 54    | 37,8   | 1,01 |
| 108  | 15:10 | 177   | 91    | 40    | 28,8   | 0,98 |
| 109  | 15:20 | 173   | 87    | 43    | 27,2   | 0,98 |
| 110  | 15:30 | 168   | 74    | 40    | 21,4   | 0,99 |
| 111  | 15:40 | 165   | 74    | 43    | 18,8   | 1,01 |
| 112  | 15:50 | 161   | 67    | 38    | 16,3   | 0,94 |
| 113  | 16:00 | 159   | 70    | 38    | 14,6   | 0,83 |
| 114  | 16:10 | 157   | 65    | 40    | 13,1   | 0,86 |
| 115  | 16:20 | 151   | 61    | 41    | 12     | 0,94 |
| 116  | 16:30 | 149   | 52    | 37    | 11     | 0,9  |
| 117  | 16:40 | 149   | 47    | 36    | 11     | 0,9  |
| 118  | 16:50 | 141   | 48    | 38    | 11,2   | 0,89 |
| 119  | 17:00 | 139   | 53    | 40    | 10,7   | 0,94 |
| 120  | 17:10 | 134   | 48    | 38    | 10,2   | 0,97 |
| 121  | 17:20 | 132   | 45    | 34    | 10,2   | 0,93 |
| 122  | 17:30 | 131   | 44    | 34    | 10,4   | 0,92 |
| 123  | 17:40 | 125   | 45    | 42    | 9,3    | 0,92 |
| 124  | 17:50 | 124   | 48    | 41    | 9,8    | 1,01 |
| 125  |       |       |       |       |        |      |
| 126  |       |       |       |       |        |      |
| 127  |       |       |       |       |        |      |
| 128  |       |       |       |       |        |      |
| 129  |       |       |       |       |        |      |
| 130  |       |       |       |       |        |      |
| 131  |       |       |       |       |        |      |
| 132  |       |       |       |       |        |      |

Şekil 3.5. MaxVo<sub>2</sub> değerinin belirlenmesi

Şekil 3.5. incelendiğinde A sütunu testin süresini, B sütunu kalp atım hızını, C sütunu VE değerini (L.dk-1), D sütunu dakikadaki solunum frekansını, E sütunu VO<sub>2</sub> (ml.kg<sup>-1</sup>.dk<sup>-1</sup>) değerini F sütunu ise RER değerini vermektedir. VO<sub>2</sub> değerlerinin son 30 sn ortalaması alınarak hesaplanmış ve VO<sub>2</sub> maksimal bulunmuştur (Bailey ve vd., 2009).

### 3.5.2. Laktik asit analizi

Gönüllü katılımcıların 1mmol ve 4mmol laktat seviyelerinde sergiledikleri watt ve kalp atım hızı verilerini elde edebilmek için, Newell vd. (2007)'nin geliştirdikleri laktat analiz programından yararlanılmıştır.

Öncelikle her bir gönüllü katılımcının ön-son testine ait verileri (watt, laktat, kalp atım hızı) csv. formatında şekil 3.6'da görüldüğü gibi girilmiştir. Daha sonra oluşturulan csv. formatlı dosya programa yüklenmiştir. X eksenini için (x axis) power (watts) sekmesi aktif hale getirilmiştir (şekil 3,7). Sonraki adım olarak fixed blood lactate concentration (FBLC) için mmol kısmı 4 mmol olarak, rise in mmol ise 1mmol olarak seçilmiştir (şekil 3.8). Bütün bu ayarlamalardan sonra elde etmek istediğimiz 1mmol değeri için sağ tarafta yer alan LT (lactate threshold) kısmı tıklanmış (şekil 3,9). 4mmol değeri için ise FBLC sekmesi tıklanmıştır (şekil 3.10).

| F9 |                                    | f <sub>x</sub> |
|----|------------------------------------|----------------|
|    | A                                  |                |
| 1  | Power (watt),Laktat,Kalp Atım Hızı |                |
| 2  | 10,0.6,121                         |                |
| 3  | 10.5,0.44,126                      |                |
| 4  | 11,0.52,131                        |                |
| 5  | 11.5,0.6,130                       |                |
| 6  | 12,0.61,141                        |                |
| 7  | 12.5,0.8,143                       |                |
| 8  | 13,1.1,155                         |                |
| 9  | 13.5,1.4,161                       |                |
| 10 | 14,1.73,163                        |                |
| 11 | 14.5,2.11,166                      |                |
| 12 | 15,2.9,173                         |                |
| 13 | 15.5,3.95,178                      |                |
| 14 | 16,6.2,180                         |                |

Şekil 3.6. Bir kişiye ait örnek csv. dosyası oluşturma örneği

# Lactate-OR

**Type of data:**

Athlete (single test with heart rate) ▼

**Input file (CSV\*)**

Browse... Athlete\_Example.csv

Upload complete

Example CSV file

☒ First row is header

**Label for x-axis:**

Power (watts) ▼

Şekil 3.7. Örnek csv. dosyasının programa yüklenmesi

**Fixed Blood Lactate Concentration (FBLC) in mmol**

1 4 6

1 1.6 2.2 2.8 3.4 4 4.6 5.2 5.8 6

**Rise in mmol**

0 1 4

0 0.4 0.8 1.2 1.6 2 2.4 2.8 3.2 3.6 4

☒ from first data point

☐ from lowest data point

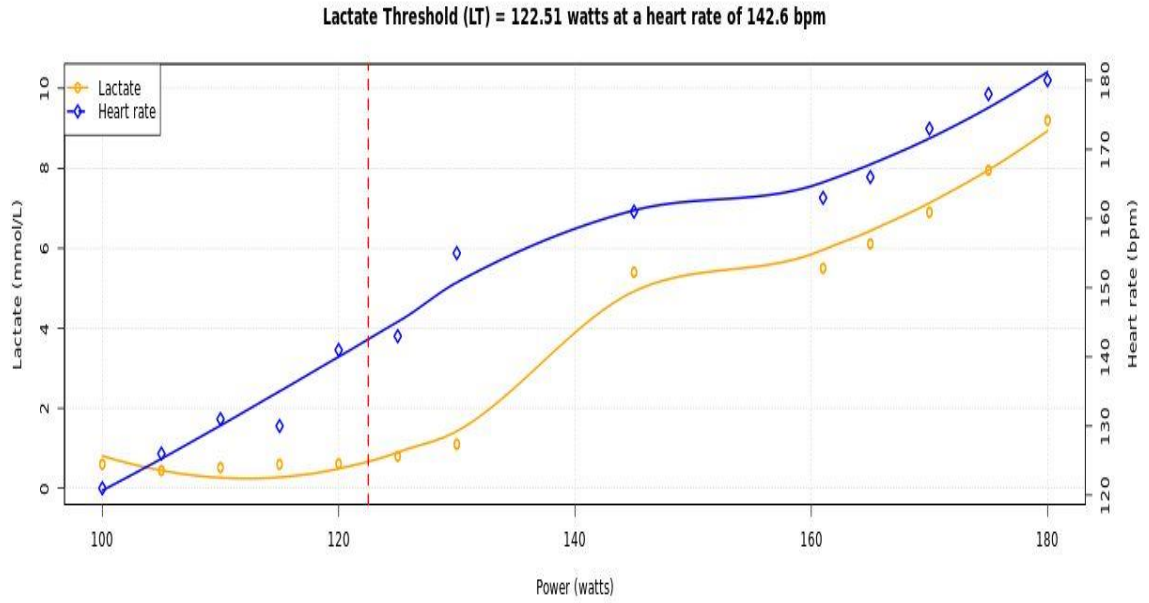
☐ from custom point

Şekil 3.8. Uygun değerlerin programa girilmesi

## Athlete

Summary Athlete Graphs Help

LT LT (log-log) Rise 1mmol FBLC DMax D2LMax

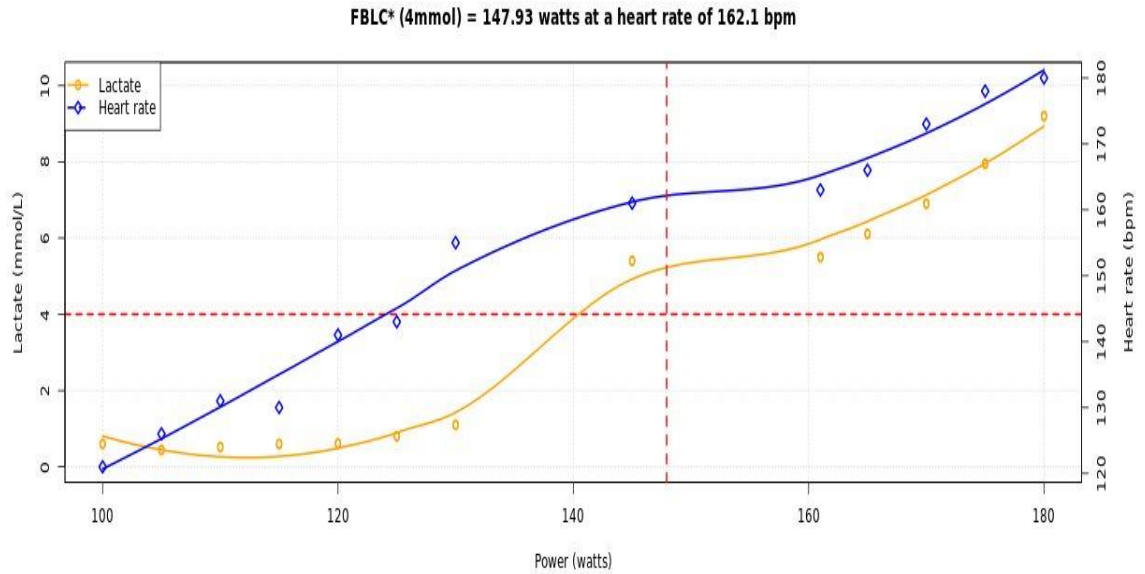


Şekil 3.9. 1 mmol değeri için elde edilen örnek watt ve kalp atım hızı grafiği

## Athlete

Summary Athlete Graphs Help

LT LT (log-log) Rise 1mmol FBLC DMax D2LMax



Şekil 3.10. 4 mmol değeri için elde edilen örnek watt ve kalp atım hızı grafiği

### 3.5.3. İzokinetik diz yorgunluğu indeksi analizi

İzokinetik yorgunluk indeksi izokinetik dinamometre vasıtasıyla  $180^{\circ}\text{sn}^{-1}$  açısal hızla 50 tekrarlı diz ekstansiyon-fleksiyon testiyle bulunmuş ve yorgunluk indeksi “*Yorgunluk İndeksi = 100-[(son 3 tekrarın ortalaması /ilk 3 tekrarın ortalaması) x100]*” formülüyle hesaplanmıştır (Şimsek, 2016; Seo vd., 2015; Pincivero vd., 1997).

### 3.5.4. İstatistiksel analiz

Araştırmalarda veri çözümlemede, örneklemelerin gözlem sayılarının 30 ya da 30’un üzerinde olması istenirken, öncelikli kriterler olan örneklemelerin ya da örneklemelerin çekildiği evrenlerin normal dağılım göstermesi, varyansların homojen olması ve veri tipinin sayısal veri olması söz konusu olduğunda parametrik testler uygulanabilir (Alpar, 2010; Özdamar, 1999).

Literatür doğrultusunda çalışmada planlanan örneklem gruplarına ait sayıların 30’un (kontrol grubu (n=10), aralıklı hipoksi grubu (n=10), altında olmasına rağmen, Levene test sonuçlarına göre varyansların homojen, Kolmogorov-Smirnov test sonuçlarına göre ise grupların normal dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Yapılan power analizi sonrası primer kabul edilen  $\text{MaxVo}_2$  değeri için  $d=1,95$  bulunmuştur. %80 power sağlanması için her bir grup için gerekli katılımcı sayısı en az 9 olarak belirlenmiştir.

Grup içi ön test ve son testleri değerlendirmek için eşleştirilmiş örneklem T testi kullanılmıştır. Gruplararası ön test-son test farkları için bağımsız örneklem T testi kullanılmıştır. Zaman x grup etkişim farklarını gözlemlemek için ise karışık dizayn Anova kullanılmıştır. Anlamlılık düzeyi  $p<0,05$  olarak ele alınmıştır.

#### 4. BULGULAR

Çalışmanın bu bölümünde istatistik analizinden sonra elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

**Tablo 4.1.** Kontrol grubu eşleştirilmiş örneklem t testi dansitometri tablosu

| Parametreler                  | Ön Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | t      | p     |
|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------|-------|
| Kafa (g/cm <sup>2</sup> )     | 2,149±0,170                     | 2,166±0,187                      | -0,720 | 0,492 |
| Kollar (g/cm <sup>2</sup> )   | 0,815±0,110                     | 0,780±0,060                      | ,934   | 0,378 |
| Bacaklar (g/cm <sup>2</sup> ) | 1,351±0,110                     | 1,366±0,096                      | -1,942 | 0,088 |
| Gövde (g/cm <sup>2</sup> )    | 1,025±0,080                     | 1,027±0,075                      | -0,383 | 0,712 |
| Kostalar (g/cm <sup>2</sup> ) | 0,832±0,076                     | 0,845±0,077                      | -1,682 | 0,131 |
| Spine (g/cm <sup>2</sup> )    | 1,086±0,104                     | 1,097±0,100                      | -1,249 | 0,247 |
| Pelvis (g/cm <sup>2</sup> )   | 1,164±0,110                     | 1,153±0,107                      | 1,645  | 0,139 |
| Toplam                        | 1,205±0,087                     | 1,201±0,069                      | 0,259  | 0,802 |
| T-Skoru                       | 0,166±0,78                      | 0,155±0,62                       | 0,081  | 0,937 |
| Z-Skoru                       | 0,711±0,58                      | 0,711±0,40                       | 0,000  | 1,000 |

Tablo 4.1.'de K.G'nin grup içi ön test ve son test dansitometri verileri yer almaktadır. Hiçbir değişkende istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır (p>0,05).

**Tablo 4.2.** Aralıklı hipoksi grubu eşleştirilmiş örneklem t testi dansitometri tablosu

| Parametreler                  | Ön Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | t      | p     |
|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------|-------|
| Kafa (g/cm <sup>2</sup> )     | 2,113±0,190                     | 2,109±0,210                      | -0,292 | 0,778 |
| Kollar (g/cm <sup>2</sup> )   | 0,816±0,085                     | 0,813±0,077                      | -0,245 | 0,813 |
| Bacaklar (g/cm <sup>2</sup> ) | 1,400±0,053                     | 1,412±0,065                      | 1,232  | 0,253 |
| Gövde (g/cm <sup>2</sup> )    | 1,085±0,077                     | 1,085±0,080                      | -0,018 | 0,986 |
| Kostalar (g/cm <sup>2</sup> ) | 0,885±0,087                     | 0,890±0,085                      | 0,643  | 0,538 |
| Spine (g/cm <sup>2</sup> )    | 1,159±0,095                     | 1,141±0,087                      | -1,088 | 0,308 |
| Pelvis (g/cm <sup>2</sup> )   | 1,232±0,077                     | 1,233±0,091                      | 0,169  | 0,870 |
| Toplam                        | 1,240±0,066                     | 1,242±0,069                      | 0,342  | 0,741 |
| T-Skoru                       | 0,377±0,66                      | 0,400±0,69                       | 0,555  | 0,594 |
| Z-Skoru                       | 0,611±0,45                      | 0,622±0,48                       | 0,206  | 0,842 |

Tablo 4.2'de A.H.G'nin grup içi ön test ve son test dansitometri verileri yer almaktadır. Hiçbir değişkende istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır (p>0,05).

**Tablo 4.3.** Bağımsız Örneklem T Testi Dansitometri Tablosu

| Parametreler                  | Ön Test(n=10) |       | Son Test (n=10) |       |
|-------------------------------|---------------|-------|-----------------|-------|
|                               | t             | p     | t               | p     |
| Kafa (g/cm <sup>2</sup> )     | 0,446         | 0,662 | 0,591           | 0,563 |
| Kollar (g/cm <sup>2</sup> )   | 0,027         | 0,979 | -1,031          | 0,320 |
| Bacaklar (g/cm <sup>2</sup> ) | -1,439        | 0,174 | -0,913          | 0,378 |
| Gövde (g/cm <sup>2</sup> )    | -1,572        | 0,135 | -1,600          | 0,129 |
| Kostalar (g/cm <sup>2</sup> ) | -1,505        | 0,152 | -1,011          | 0,327 |
| Spine (g/cm <sup>2</sup> )    | -1,214        | 0,243 | -1,339          | 0,199 |
| Pelvis (g/cm <sup>2</sup> )   | -1,440        | 0,170 | -1,777          | 0,097 |
| Toplam                        | -1,009        | 0,329 | -1,217          | 0,241 |



**Tablo 4.3.(devam) Bağımsız Örneklem T Testi Dansitometri Tablosu**

|         |        |       |        |       |
|---------|--------|-------|--------|-------|
| T-Skoru | -0,666 | 0,515 | -0,731 | 0,476 |
| Z-Skoru | -0,352 | 0,729 | 0,493  | 0,629 |

Tablo 4.3.'de K.G ve A.H.G'nin dansitometri istatistiksel sonuçları yer almaktadır. Grupların ön test-son test ortalama ve standart sapma verileri Tablo 4.2. ve Tablo 4.3.'de verilmiştir. Hiçbir değişkende istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ( $p>0,05$ ).

**Tablo 4.4. Kontrol grubu eşleştirilmiş örneklem t testi core bölgesi tarama tablosu**

| Parametreler             | Ön Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | t      | p     |
|--------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------|-------|
| Toplam Kitle (kg)        | 69,577 $\pm$ 7,559              | 69,844 $\pm$ 7,50                | -0,716 | 0,495 |
| Yağsız Kitle (kg)        | 49,274 $\pm$ 5,122              | 49,481 $\pm$ 4,881               | -0,475 | 0,647 |
| Yağ Kitlesi (kg)         | 12,517 $\pm$ 3,583              | 12,555 $\pm$ 3,621               | -0,158 | 0,879 |
| Android Kitle (kg)       | 4,300 $\pm$ 0,800               | 4,266 $\pm$ 0,739                | 0,371  | 0,720 |
| Android Yağsız Kitle     | 3,464 $\pm$ 0,470               | 3,432 $\pm$ 0,344                | 0,353  | 0,734 |
| Android Yağ (g)          | 482,862 $\pm$ 324,784           | 473,205 $\pm$ 306,885            | 0,317  | 0,759 |
| Gynoid Kitle (kg)        | 17,811 $\pm$ 6,147              | 17,811 $\pm$ 6,177               | 0,000  | 1,000 |
| Gynoid Yağsız Kitle (kg) | 10,511 $\pm$ 1,367              | 10,577 $\pm$ 1,402               | -0,676 | 0,518 |
| Gynoid Yağ (kg)          | 7,989 $\pm$ 0,881               | 8,019 $\pm$ 0,893                | -0,318 | 0,758 |
| Gynoid Yağ Yüzdesi (%)   | 2,237 $\pm$ 0,812               | 2,259 $\pm$ 0,789                | -0,488 | 0,639 |
| Android/Gynoid Oranı     | 21,477 $\pm$ 6,240              | 21,611 $\pm$ 5,730               | -0,281 | 0,786 |
| Yağ Kitlesi Gram         | 0,845 $\pm$ 0,225               | 0,836 $\pm$ 0,239                | 0,365  | 0,725 |
| Hacim                    | 237,666 $\pm$ 220,490           | 255,666 $\pm$ 266,744            | -0,742 | 0,479 |

Tablo 4.4'de K.G'nin core bölgesi tarama verileri yer almaktadır. Hiçbir değişkende istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ( $p>0,05$ ).

**Tablo 4.5. Aralıklı hipoksi grubu eşleştirilmiş örneklem t testi core bölgesi tarama tablosu**

| Parametreler             | Ön Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | t       | p      |
|--------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------|--------|
| Toplam Kitle (kg)        | 72,738 $\pm$ 8,930              | 73,445 $\pm$ 9,846               | -1,050  | 0,171  |
| Yağsız Kitle (kg)        | 55,770 $\pm$ 5,462              | 56,724 $\pm$ 6,084               | -2,050  | 0,037* |
| Yağ Kitlesi (kg)         | 13,960 $\pm$ 4,156              | 13,706 $\pm$ 4,382               | 1,003   | 0,332  |
| Android Kitle (kg)       | 4,728 $\pm$ 0,608               | 4,803 $\pm$ 0,707                | -0,0780 | 0,458  |
| Android Yağsız Kitle     | 3,785 $\pm$ 0,425               | 3,869 $\pm$ 0,479                | -1,008  | 0,311  |
| Android Yağ (g)          | 498,820 $\pm$ 409,514           | 469,074 $\pm$ 378,091            | 0,199   | 0,848  |
| Gynoid Kitle (kg)        | 18,522 $\pm$ 4,241              | 18,155 $\pm$ 4,594               | 0,573   | 0,582  |
| Gynoid Yağsız Kitle (kg) | 11,902 $\pm$ 1,869              | 11,948 $\pm$ 2,095               | -0,431  | 0,678  |
| Gynoid Yağ (kg)          | 9,307 $\pm$ 1,137               | 9,409 $\pm$ 1,196                | -1,040  | 0,197  |
| Gynoid Yağ Yüzdesi (%)   | 2,287 $\pm$ 0,928               | 2,228 $\pm$ 1,037                | 1,008   | 0,312  |
| Android/Gynoid Oranı     | 19,255 $\pm$ 5,211              | 18,511 $\pm$ 5,577               | 2,013   | 0,065  |
| Yağ Kitlesi Gram         | 0,977 $\pm$ 0,131               | 0,997 $\pm$ 0,117                | -0,467  | 0,653  |
| Hacim                    | 271,777 $\pm$ 152,987           | 316,555 $\pm$ 154,699            | -1,051  | 0,169  |

\* $p<0,05$

Tablo 4.5'de A.H.G'nin core bölgesi tarama verileri yer almaktadır. Ön test ve son test sonuçlarına göre yağsız kitle değişkeni 55,770 $\pm$ 5,462'den 56,724 $\pm$ 6,084 kg'ye çıkmıştır. Bu sonuç istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,05$ ). Diğer değişkenlerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p>0,05$ ).

**Tablo 4.6.** Bağımsız örneklem t testi core bölgesi tarama tablosu

| Parametreler             | Ön Test (n=10) |        | Son Test (n=10) |        |
|--------------------------|----------------|--------|-----------------|--------|
|                          | t              | p      | t               | p      |
| Toplam Kitle (kg)        | -2,093         | 0,053  | -2,084          | 0,055  |
| Yağsız Kitle (kg)        | -2,603         | 0,019* | -2,785          | 0,014* |
| Yağ Kitle (kg)           | -0,788         | 0,442  | -0,607          | 0,552  |
| Android Kitle (kg)       | -1,280         | 0,220  | -1,573          | 0,135  |
| Android Yağsız Kitle     | -1,517         | 0,149  | -2,221          | 0,043* |
| Android Yağ (g)          | -0,092         | 0,928  | 0,025           | 0,895  |
| Gynoid Kitle (kg)        | -1,802         | 0,092  | -0,134          | 0,122  |
| Gynoid Yağsız Kitle (kg) | -2,148         | 0,015* | -2,068          | 0,014* |
| Gynoid Yağ (kg)          | -0,123         | 0,904  | -2,793          | 0,943  |
| Gynoid Yağ Yüzdesi (%)   | 0,820          | 0,425  | 0,072           | 0,262  |
| Android/Gynoid Oranı     | -1,521         | 0,152  | 1,163           | 0,096  |
| Yağ Kitle Gram           | 0,981          | 0,709  | -1,811          | 0,564  |
| Hacim                    | 0,984          | 0,709  | -0,592          | 0,563  |

\*p&lt;0,05

Tablo 4.6’da K.G ve A.H.G’nin core bölgesi istatistiksel sonuçları yer almaktadır. Grupların ön test- son test ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.5. ve Tablo 4.6.’da verilmiştir. Ön test sonuçlarına göre yağsız kitle değişkeni (K.G=49,274±5,122; A.H.G=55,770±5,462, t:-2,603, p:0,019) ve gynoid yağsız kitle değişkenlerinde (K.G=10,511±1,367; A.H.G=11,902±1,869, t:-2,148, p:0,015) istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. (p<0,05). Son test sonuçlarına göre yağsız kitle (K.G=49,481±4,881; A.H.G=56,724±6,084, t:-2,785, p:0,014), android yağsız kitle (K.G=3,432±0,344; A.H.G=3,869±0,479, t:-2,221, p:0,043) ve gynoid yağsız kitle (K.G.=10,577±1,402; A.H.G=11,948±2,095, t:-2,068, p:0,014) değişkenlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur.

**Tablo 4.7.** Kontrol grubu eşleştirilmiş örneklem t testi vücut kompozisyonu tablosu

| Parametreler          | Ön Test              | Son Test             | t       | p     |
|-----------------------|----------------------|----------------------|---------|-------|
|                       | $\bar{x} \pm (n=10)$ | $\bar{x} \pm (n=10)$ |         |       |
| Kollar Yağ (%)        | 18,47±4,66           | 18,76±4,83           | -0,396  | 0,703 |
| Kollar Toplam Kitle   | 7,85±1,12            | 7,88±0,97            | -0,302  | 0,771 |
| Kollar Yağ            | 1,37±0,33            | 1,39±0,33            | -0,416  | 0,689 |
| Kollar Yağsız Kitle   | 6,11±0,96            | 6,09±0,85            | 0,204   | 0,844 |
| Bacaklar Yağ (%)      | 20,93±5,45           | 21,05±5,85           | -0,231  | 0,823 |
| Bacaklar Toplam Kitle | 22,21±2,4            | 30,33±4,41           | -10,511 | 0,000 |
| Bacaklar Yağ          | 4,45±1,36            | 4,3±1,55             | 0,415   | 0,689 |
| Bacaklar Yağsız Kitle | 16,63±1,77           | 16,66±1,78           | -0,148  | 0,886 |
| Gövde Yağ (%)         | 19,63±5,05           | 19,33±4,98           | 0,565   | 0,587 |
| Gövde Toplam Kitle    | 30,18±4,2            | 30,33±4,41           | -0,498  | 0,632 |
| Gövde Yağ             | 5,89±2,29            | 5,87±2,41            | 0,158   | 0,878 |
| Gövde Yağsız Kitle    | 23,47±2,49           | 23,65±2,26           | -0,556  | 0,593 |

**Tablo 4.7. (devam) Kontrol grubu eşleştirilmiş örneklem t testi vücut kompozisyonu tablosu**

|                     |            |            |        |       |
|---------------------|------------|------------|--------|-------|
| Toplam Yağ (%)      | 20,05±4,18 | 20,01±4,24 | 0,109  | 0,916 |
| Toplam Kitle        | 64,57±7,55 | 64,84±7,5  | -0,716 | 0,495 |
| Toplam Yağ          | 12,51±3,58 | 12,55±3,62 | -0,158 | 0,879 |
| Toplam Yağsız Kitle | 49,27±5,12 | 49,48±4,88 | -0,475 | 0,647 |

Tablo 4.7’de K.G’nin vücut kompozisyonu verileri yer almaktadır. Hiçbir değişkende istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ( $p>0,05$ ).

**Tablo 4.8. Aralıklı hipoksi grubu eşleştirilmiş örneklem t testi vücut kompozisyonu tablosu**

| Parametreler          | Ön Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | t      | p     |
|-----------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------|-------|
| Kollar Yağ (%)        | 18,27±4,33                      | 18,33±4,54                       | -0,104 | 0,920 |
| Kollar Toplam Kitle   | 8,94±1,51                       | 8,82±1,43                        | 1,135  | 0,289 |
| Kollar Yağ            | 1,57±0,56                       | 1,55±0,53                        | 0,437  | 0,674 |
| Kollar Yağsız Kitle   | 6,93±1,08                       | 6,83±1,04                        | 1,143  | 0,286 |
| Bacaklar Yağ (%)      | 20,58±4,75                      | 19,68±4,87                       | 2,176  | 0,061 |
| Bacaklar Toplam Kitle | 24,87±3,43                      | 25,23±3,84                       | -1,276 | 0,238 |
| Bacaklar Yağ          | 4,98±1,79                       | 4,85±1,84                        | 1,059  | 0,320 |
| Bacaklar Yağsız Kitle | 18,69±1,92                      | 19,52±2,77                       | -1,840 | 0,103 |
| Gövde Yağ (%)         | 19,31±4,07                      | 18,86±4,19                       | 1,175  | 0,274 |
| Gövde Toplam Kitle    | 34,08±4,08                      | 38,24±9,82                       | -1,094 | 0,306 |
| Gövde Yağ             | 6,50±1,91                       | 7,22±2,94                        | -0,878 | 0,405 |
| Gövde Yağsız Kitle    | 26,71±2,61                      | 27,13±2,93                       | -1,082 | 0,311 |
| Toplam Yağ (%)        | 19,72±3,88                      | 19,22±3,91                       | 1,541  | 0,162 |
| Toplam Kitle          | 72,73±8,93                      | 73,36±9,86                       | -1,280 | 0,236 |
| Toplam Yağ            | 13,96±4,15                      | 13,74±4,36                       | 0,826  | 0,433 |
| Toplam Yağsız Kitle   | 55,77±5,46                      | 56,59±6,1                        | -1,889 | 0,096 |

Tablo 4.8’de A.H.G’nin vücut kompozisyonu verileri yer almaktadır. Hiçbir değişkende istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ( $p>0,05$ ).

**Tablo 4.9. Bağımsız örneklem t testi vücut kompozisyonu tablosu**

| Parametreler               | Ön Test (n=10) |        | Son Test (n=10) |        |
|----------------------------|----------------|--------|-----------------|--------|
|                            | t              | p      | t               | p      |
| Kollar Yağ (%)             | 0,094          | 0,927  | 0,196           | 0,847  |
| Kollar Toplam Kitle (kg)   | -1,734         | 0,102  | -1,623          | 0,124  |
| Kollar Yağ (kg)            | -0,944         | 0,359  | -0,756          | 0,461  |
| Kollar Yağsız Kitle (kg)   | -1,706         | 0,107  | -1,657          | 0,117  |
| Bacaklar Yağ (%)           | 0,143          | 0,888  | 0,538           | 0,598  |
| Bacaklar Toplam Kitle (kg) | -1,909         | 0,074  | -1,999          | 0,063  |
| Bacaklar Yağ (kg)          | -0,707         | 0,49   | -0,59           | 0,563  |
| Bacaklar Yağsız Kitle (kg) | -2,358         | 0,031* | -2,597          | 0,019* |
| Gövde Yağ (%)              | 0,149          | 0,883  | 0,215           | 0,832  |
| Gövde Toplam Kitle (kg)    | -1,992         | 0,064  | -2,204          | 0,043* |
| Gövde Yağ (kg)             | -0,612         | 0,549  | -1,065          | 0,303  |
| Gövde Yağsız Kitle (kg)    | -2,686         | 0,016* | -2,823          | 0,012* |
| Toplam Yağ (%)             | 0,175          | 0,863  | 0,41            | 0,688  |
| Toplam Kitle (kg)          | -2,093         | 0,053  | -2,062          | 0,056  |
| Toplam Yağ (kg)            | -0,788         | 0,442  | -0,632          | 0,537  |
| Toplam Yağsız Kitle (kg)   | -2,603         | 0,019* | -2,731          | 0,015* |

\* $p<0,05$

Tablo 4.9’da K.G ve A.H.G’nin vücut kompozisyonu istatistiksel sonuçları yer almaktadır. Grupların ön test- son test ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.8.

ve Tablo 4.9.'da verilmiştir. Ön test sonuçlarına göre bacaklar yağsız kitle (K.G=16,63±1,77; A.H.G=18,69±1,92, t:-2,358, p:0,031), gövde yağsız kitle (K.G=23,47±2,49; A.H.G=26,71±2,61, t:-2,686, p:0,016) ve toplam yağsız kitle (K.G=49,27±5,12; A.H.G=55,77±5,46, t:-2,603, p:0,019) değişkenlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Son test sonuçlarına göre bacaklar yağsız kitle (K.G=16,66±1,78; A.H.G=19,52±2,77, t:-2,597, p:0,019), gövde toplam kitle (K.G=30,33±4,41, A.H.G=38,24±9,82, t:-2,204, p:0,043), gövde yağsız kitle (K.G=23,65±2,26; A.H.G=27,13±2,93, t:-2,823, p:0,012), ve toplam yağsız kitle (K.G=49,48±4,88; A.H.G=56,59±6,1, t:-2,731, p:0,015) değişkenlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur.

**Tablo 4.10.** Kontrol grubu eşleştirilmiş örneklem t testi vücut metabolizma tablosu

| Parametreler              | Ön Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | t      | p     |
|---------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------|-------|
| BMI (kg/m <sup>2</sup> )  | 21,488±1,883                    | 21,422±1,787                     | 1,000  | 0,347 |
| RMR (kal)                 | 1644,55±138,178                 | 1640,33±135,161                  | 1,360  | 0,211 |
| RSMI (kg/m <sup>2</sup> ) | 7,605±0,780                     | 7,611±0,753                      | -0,093 | 0,929 |

Tablo 4.10.'da K.G'nin vücut metabolizma verileri yer almaktadır. Hiçbir değişkende istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır (p>0,05).

**Tablo 4.11.** Aralıklı hipoksi grubu eşleştirilmiş örneklem t testi vücut metabolizma tablosu

| Parametreler              | Ön Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | t      | p     |
|---------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------|-------|
| BMI (kg/m <sup>2</sup> )  | 23,932±3,006                    | 23,933±3,006                     | -1,000 | 0,347 |
| RMR (kal)                 | 1783,77±127,069                 | 1782,66±126,941                  | 1,000  | 0,358 |
| RSMI (kg/m <sup>2</sup> ) | 8,465±1,017                     | 8,597±1,109                      | -1,910 | 0,092 |

Tablo 4.11.'de A.H.G'nin vücut metabolizma verileri yer almaktadır. Hiçbir değişkende istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır (p>0,05).

**Tablo 4.12.** Bağımsız örneklem t testi vücut metabolizma tablosu

| Parametreler              | Ön Test (n=10) |        | Son Test (n=10) |        |
|---------------------------|----------------|--------|-----------------|--------|
|                           | t              | p      | t               | p      |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> )  | -2,066         | 0,059  | -2,154          | 0,151  |
| RMR (kal)                 | -2,225         | 0,041* | -2,303          | 0,135  |
| RSMI (kg/m <sup>2</sup> ) | -2,012         | 0,063  | -2,207          | 0,044* |

\*p<0,05

Tablo 4.12'de K.G ve A.H.G'nin vücut metabolizma verilerinin, istatistiksel sonuçları yer almaktadır. Grupların ön test-son test ortalama ve standart sapma değerleri Tablo Tablo 4.10 ve 4.11.'de verilmiştir. Ön test sonuçlarına göre RMR (KG=1644,55±138,178; A.H.G=.1783,77±127,069, t:-2,225, p:0,041) değişkeninde

istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Son test sonuçlarına göre RSMI (K.G=7,611±0,753; A.H.G=8,597±1,109, t:-2,207, p:0,044) değerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur.

**Tablo 4.13.** Kontrol grubu eşleştirilmiş örneklem t testi hemogram tablosu

| Parametreler                | Ön Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | t      | p     |
|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------|-------|
| WBC 10 <sup>3</sup> /μL     | 6,73±1,48                       | 6,72±1,55                        | 0,027  | 0,979 |
| LYM 10 <sup>3</sup> /μL     | 2,52±1,10                       | 2,11±0,81                        | 1,216  | 0,259 |
| LYM%                        | 37,67±15,22                     | 32,83±14,42                      | 0,896  | 0,396 |
| MID 10 <sup>3</sup> /μL     | 0,94±0,80                       | 0,78±0,48                        | 0,802  | 0,445 |
| MID %                       | 13,61±11,12                     | 11,67±7,2                        | 0,621  | 0,552 |
| GRA 10 <sup>3</sup> /μL     | 3,27±1,97                       | 3,83±1,94                        | -0,677 | 0,518 |
| GRA %                       | 48,71±25,99                     | 55,48±20,97                      | -0,800 | 0,447 |
| RBC 10/μL                   | 4,67±0,51                       | 4,6±0,59                         | 0,057  | 0,956 |
| HGB g/dL                    | 14,16±1,27                      | 14,4±1,31                        | -1,576 | 0,154 |
| MCV fL                      | 87,66±8,56                      | 85,64±7,6                        | 1,178  | 0,273 |
| MCHC g/dl                   | 34,38±3,20                      | 35,9±2,99                        | -1,993 | 0,081 |
| HCT %                       | 41,55±5,39                      | 41,58±5,8                        | -0,036 | 0,972 |
| RDWsd fL                    | 38,36±4,33                      | 36,74±2,94                       | 1,410  | 0,196 |
| MCH pg                      | 30,00±2,54                      | 30,65±2,82                       | -1,459 | 0,183 |
| RDWcv %                     | 14,02±0,81                      | 13,7±0,91                        | 1,344  | 0,216 |
| PLT 10 <sup>3</sup> /μL     | 216,2±39,07                     | 218,7±55,05                      | -0,190 | 0,854 |
| MPV fL                      | 10,35±1,03                      | 9,82±1,49                        | 1,820  | 0,106 |
| PDWsd fL                    | 4,84±0,63                       | 4,66±0,75                        | 1,032  | 0,332 |
| PCT %                       | 0,22±0,034                      | 0,21±0,05                        | 1,029  | 0,334 |
| PDWcv %                     | 46,96±1,98                      | 47,35±1,88                       | -0,375 | 0,717 |
| PLC - R %                   | 47,88±8,41                      | 42,5±11,82                       | 2,110  | 0,068 |
| PLC - C 10 <sup>3</sup> /μL | 101,77±17,51                    | 90,4±26,9                        | 2,247  | 0,055 |

Tablo 4.13.'de K.G'nin hemogram verileri yer almaktadır. Hiçbir değişkende istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır (p>0,05).

**Tablo 4.14.** Aralıklı hipoksi grubu eşleştirilmiş örneklem t testi hemogram tablosu

| Parametreler            | Ön Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | t      | p       |
|-------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------|---------|
| WBC 10 <sup>3</sup> /μL | 6,67±1,56                       | 7,08±1,57                        | -1,571 | 0,155   |
| LYM 10 <sup>3</sup> /μL | 2,15±0,53                       | 2,15±0,47                        | 0,056  | 0,957   |
| LYM%                    | 33,13±8,59                      | 29,34±4,27                       | 2,009  | 0,079   |
| MID 10 <sup>3</sup> /μL | 0,55±0,14                       | 0,53±0,09                        | 0,586  | 0,574   |
| MID %                   | 8,52±2,43                       | 7,64±1,65                        | 1,150  | 0,283   |
| GRA 10 <sup>3</sup> /μL | 4,03±1,36                       | 4,4±1,05                         | -2,113 | 0,068   |
| GRA %                   | 58,95±7,47                      | 62,13±5,47                       | -1,829 | 0,105   |
| RBC 10/μL               | 5,11±0,43                       | 5,58±0,502                       | -2,483 | 0,038*  |
| HGB g/dL                | 15,08±0,86                      | 15,72±0,85                       | -5,220 | 0,001** |
| MCV fL                  | 86,16±4,6                       | 86,57±2,71                       | -0,447 | 0,667   |
| MCHC g/dl               | 36,11±0,84                      | 36,3±1,61                        | -0,266 | 0,797   |
| HCT %                   | 42,87±3,71                      | 45,92±3,49                       | -2,447 | 0,040*  |
| RDWsd fL                | 36,62±3,02                      | 37,3±1,32                        | -0,677 | 0,518   |

**Tablo 4.14. (devam)** Aralıklı hipoksi grubu eşleştirilmiş örneklem t testi hemogram tablosu

|                             |             |             |        |       |
|-----------------------------|-------------|-------------|--------|-------|
| MCH pg                      | 31,1±1,21   | 31,4±2,3    | -0,771 | 0,463 |
| RDWcv %                     | 13,31±0,78  | 13,71±0,78  | -1,469 | 0,180 |
| PLT 10 <sup>3</sup> /μL     | 199,8±52,64 | 206±44,71   | -0,750 | 0,475 |
| MPV fL                      | 10,3±1,09   | 10,54±1,06  | -0,605 | 0,562 |
| PDWsd fL                    | 4,93±0,36   | 4,86±0,54   | 1,458  | 0,340 |
| PCT %                       | 0,204±0,053 | 0,214±0,049 | -0,762 | 0,468 |
| PDWcv %                     | 47,05±1,92  | 45,41±1,89  | 2,042  | 0,075 |
| PLC - R %                   | 54,5±11,19  | 55,1±9,51   | -0,108 | 0,917 |
| PLC - C 10 <sup>3</sup> /μL | 100,1±18,94 | 110±20,18   | -1,347 | 0,215 |

\*p&lt;0,05; \*\*p&lt;0,01

Tablo 4.14.'de A.H.G'nin hemogram verileri yer almaktadır. Ön test-son test sonuçlarına göre RBC, HGB ve HCT değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Sırasıyla; RBC=5,11±0,43 10<sup>3</sup>/μL'den 5,58±0,502 10<sup>3</sup>/μL'ye (t:-2,483, p:0,038), HGB=15,08±0,86 g/dL'den 15,72±0,85' g/dL'ye (t:-5,220, p:0,001) ve HCT=%42,87±3,71'den %45,92±3,49'e (t:-2,447, p:0,040) yükselmiştir.

**Tablo 4.15.** Bağımsız örneklem t testi hemogram tablosu

| Parametreler                | Ön Test (n=10) |       | Son Test (n=10) |         |
|-----------------------------|----------------|-------|-----------------|---------|
|                             | t              | p     | t               | p       |
| WBC 10 <sup>3</sup> /μL     | 0,077          | 0,939 | -0,497          | 0,626   |
| LYM 10 <sup>3</sup> /μL     | 0,899          | 0,387 | -0,115          | 0,910   |
| LYM%                        | 0,780          | 0,450 | 0,696           | 0,503   |
| MID 10 <sup>3</sup> /μL     | 1,403          | 0,196 | 1,516           | 0,165   |
| MID %                       | 1,340          | 0,214 | 1,637           | 0,137   |
| GRA 10 <sup>3</sup> /μL     | -0,953         | 0,356 | -0,830          | 0,422   |
| GRA %                       | -1,136         | 0,284 | -0,920          | 0,381   |
| RBC 10 <sup>3</sup> /μL     | -1,925         | 0,073 | -3,523          | 0,003** |
| HGB g/dL                    | -1,790         | 0,095 | -2,440          | 0,029*  |
| MCV fL                      | 0,463          | 0,652 | -0,347          | 0,736   |
| MCHC g/dl                   | -1,561         | 0,153 | -0,352          | 0,730   |
| HCT %                       | -0,606         | 0,554 | -1,583          | 0,042*  |
| RDWsd fL                    | 0,989          | 0,339 | -0,547          | 0,595   |
| MCH pg                      | -1,171         | 0,265 | -0,649          | 0,526   |
| RDWcv %                     | 1,889          | 0,077 | 0,165           | 0,871   |
| PLT 10 <sup>3</sup> /μL     | 0,747          | 0,467 | 0,540           | 0,597   |
| MPV fL                      | 0,111          | 0,913 | -1,180          | 0,257   |
| PDWsd fL                    | -0,366         | 0,720 | -0,643          | 0,530   |
| PCT %                       | 0,836          | 0,418 | -0,100          | 0,921   |
| PDWcv %                     | -0,096         | 0,924 | 2,182           | 0,044   |
| PLC - R %                   | -1,428         | 0,174 | -2,482          | 0,025   |
| PLC - C 10 <sup>3</sup> /μL | 0,194          | 0,849 | -1,744          | 0,102   |

\*p&lt;0,05; \*\*p&lt;0,01

Tablo 4.15'de K.G ve A.H.G'nin vücut metabolizma, istatistiksel sonuçları yer almaktadır. Grupların ön test- son test ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.13. ve Tablo 4.14'de verilmiştir. Ön test sonuçlarına göre hiçbir değişkende istatistiksel

olarak anlamlı fark bulunamamıştır ( $p>0,05$ ). Son test sonuçlarına göre RBC (K.G= $4,6\pm0,59$ ; A.H.G= $5,58\pm0,502$ ,  $t$ :-3,523,  $p$ :0,003), HGB (K.G= $14,4\pm1,31$ ; A.H.G= $15,72\pm0,85$ ,  $t$ :-2,440,  $p$ :0,029) ve HCT değişkenlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur.

**Tablo 4.16.** Kontrol grubu eşleştirilmiş örneklem  $t$  testi maksimum oksijen tüketimi tablosu

| Parametreler                                 | Ön Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | t     | p     |
|----------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------|-------|
| MaxVo <sub>2</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .dk) | 34,78 $\pm$ 3,43                | 34,61 $\pm$ 3,34                 | 1,235 | 0,248 |

Tablo 4.16.'da K.G'nin maksimum oksijen tüketimi verileri yer almaktadır. MaxVo<sub>2</sub> değişkeninde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ( $p>0,05$ ).

**Tablo 4.17.** Aralıklı hipoksi grubu eşleştirilmiş örneklem  $t$  testi maksimum oksijen tüketimi tablosu

| Parametreler                                 | Ön Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | t     | p       |
|----------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------|---------|
| MaxVo <sub>2</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .dk) | 37,84 $\pm$ 5,18                | 40,10 $\pm$ 4,99                 | -4,44 | 0,002** |

\* $p<0,05$ ; \*\* $p<0,01$

Tablo 4.17.'de A.H.G'nin maksimum oksijen tüketimi verileri yer almaktadır. Ön test ve son test sonucuna göre MaxVo<sub>2</sub> değişkeninde istatistiksel olarak ileri düzeyde anlamlı fark bulunmuştur ( $p<0,01$ ).

**Tablo 4.18.** Bağımsız örneklem  $t$  testi maksimal oksijen tüketimi tablosu

| Parametreler                                 | Ön Test (n=10) |       | Son Test (n=10) |        |
|----------------------------------------------|----------------|-------|-----------------|--------|
|                                              | t              | p     | t               | p      |
| MaxVo <sub>2</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .dk) | -1,555         | 0,140 | -2,887          | 0,011* |

\* $p<0,05$

Tablo 4.18'de K.G ve A.H.G'nin maksimum oksijen tüketimi, istatistiksel sonuçları yer almaktadır. Grupların ön test- son test ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.16. ve Tablo 4.17'de verilmiştir. Ön test sonuçlarına göre hiçbir değişkende istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ( $p>0,05$ ). Son test sonuçlarına göre MaxVo<sub>2</sub> (K.G= 34,61 $\pm$ 3,34; A.H.G=40,10 $\pm$ 4,99,  $t$ :-2,887,  $p$ :0,011) değişkeninde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur.

**Tablo 4.19.** Kontrol grubu eşleştirilmiş örneklem  $t$  testi izokinetik dizyorgunluk indeksi tablosu

| Parametreler | Ön Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | t      | p     |
|--------------|---------------------------------|----------------------------------|--------|-------|
| Sağ-fle      | 23,56 $\pm$ 9,31                | 23,77 $\pm$ 9,52                 | -0,179 | 0,865 |
| Sağ-eks      | 40,50 $\pm$ 6,82                | 40,53 $\pm$ 6,62                 | -1,855 | 0,123 |
| Sol-fle      | 40,84 $\pm$ 18,28               | 41,08 $\pm$ 18,26                | 0,259  | 0,806 |
| Sol-eks      | 55,65 $\pm$ 8,41                | 54,76 $\pm$ 7,26                 | 0,291  | 0,783 |

Tablo 4.19.'da K.G'nin izokinetik diz yorgunluk indeksi verileri yer almaktadır. Hiçbir değişkende istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ( $p>0,05$ ).

**Tablo 4.20.** Aralıklı hipoksi grubu eşleştirilmiş örneklem t testi izokinetik diz yorgunluk indeksi tablosu

| Parametreler | Ön Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | t      | p     |
|--------------|---------------------------------|----------------------------------|--------|-------|
| Sağ-fle      | 32,66±21,01                     | 40,22±21,90                      | -0,870 | 0,418 |
| Sağ-eks      | 51,57±14,15                     | 55,93±11,91                      | -0,090 | 0,931 |
| Sol-fle      | 35,20±20,76                     | 34,82±18,49                      | -1,733 | 0,134 |
| Sol-eks      | 41,58±11,80                     | 42,25±12,24                      | 0,908  | 0,399 |

Tablo 4.20.'de A.H.G'nin izokinetik yorgunluk indeksi verileri yer almaktadır. Hiçbir değişkende istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ( $p>0,05$ ).

**Tablo 4.21.** Bağımsız örneklem t testi izokinetik diz yorgunluk indeksi tablosu

| Parametreler | Ön Test (n=10) |       | Son Test (n=10) |       |
|--------------|----------------|-------|-----------------|-------|
|              | t              | p     | t               | p     |
| Sağ-fle      | -0,982         | 0,360 | -1,805          | 0,098 |
| Sağ-eks      | -1,750         | 0,124 | -1,704          | 0,103 |
| Sol-fle      | 0,516          | 0,617 | -1,943          | 0,553 |
| Sol-eks      | 2,436          | 0,380 | -2,815          | 0,061 |

Tablo 4.21'de K.G ve A.H.G'nin izokinetik yorgunluk indeksi, istatistiksel sonuçları yer almaktadır. Grupların ön test-son test ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.19. ve Tablo 4.20'de verilmiştir. Ön test-son test sonuçlarına göre hiçbir değişkende istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ( $p>0,05$ ).

**Tablo 4.22.** Kontrol grubu eşleştirilmiş örneklem t testi spirometri tablosu

| Parametreler   | Ön Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | t      | p     |
|----------------|---------------------------------|----------------------------------|--------|-------|
| FVC (L)        | 4,66±0,92                       | 4,59±0,98                        | 0,804  | 0,442 |
| FEV1 (L)       | 4,25±0,67                       | 4,26±0,82                        | -0,088 | 0,932 |
| FEV1/FVC (%)   | 90,63±8,16                      | 90,45±6,08                       | 0,156  | 0,879 |
| PEF (L/s)      | 8,38±2,09                       | 7,98±1,68                        | 1,167  | 0,273 |
| FEF25-75 (L/s) | 5,39±1,31                       | 5,28±1,12                        | 0,699  | 0,502 |
| FEF25% (L/s)   | 7,35±1,23                       | 7,15±1,09                        | 1,086  | 0,306 |
| FEF50% (L/s)   | 5,65±1,25                       | 5,71±1,39                        | -0,262 | 0,799 |
| FEF75% (L/s)   | 2,815±0,96                      | 3,39±1,53                        | -1,745 | 0,115 |
| MVV (L/dk)     | 148,26±24,99                    | 145,63±23,37                     | 1,176  | 0,270 |

Tablo 4.22.'de K.G'nin spirometri verileri yer almaktadır. Hiçbir değişkende istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ( $p>0,05$ ).



**Tablo 4.23. Aralıklı hipoksi grubu eşleştirilmiş örneklem t testi spirometri tablosu**

| Parametreler   | Ön Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | t      | p        |
|----------------|---------------------------------|----------------------------------|--------|----------|
| FVC (L)        | 4,73±0,49                       | 4,95±0,60                        | -3,189 | 0,011 *  |
| FEV1 (L)       | 4,23±0,63                       | 4,38±0,73                        | -2,257 | 0,050 *  |
| FEV1/FVC (%)   | 88,66±10                        | 89,34±7,05                       | -0,447 | 0,666    |
| PEF (/L/s)     | 7,46±2,02                       | 8,33±2,12                        | -4,138 | 0,003 ** |
| FEF25-75 (L/s) | 4,90±1,45                       | 5,24±1,45                        | -2,878 | 0,018 *  |
| FEF25% (L/s)   | 6,71±1,86                       | 7,50±1,81                        | -3,609 | 0,006 ** |
| FEF50% (L/s)   | 5,35±1,65                       | 5,61±1,50                        | -2,959 | 0,016 *  |
| FEF75% (L/s)   | 3,10±1,43                       | 3,19±1,49                        | -0,587 | 0,571    |
| MVV (L/dk)     | 151,31±27,41                    | 164,14±26,65                     | -3,58  | 0,006 ** |

\*p&lt;0,05; \*\*p&lt;0,01

Tablo 4.23.'de A.H.G'nin spirometri verileri yer almaktadır. Ön test ve son test sonuçlarına göre FVC: 4,73±0,49 L'den 4,95±0,60 L'ye (t:-3189, p:0,011), FEV1: 4,23±0,63 L'den 4,38±0,73 L'ye (t:-2,257, p:0,050), PEF: 7,46±2,02 L/s den 8,33±2,12 L/s'ye (t:-4,138, p:0,003), FEF25-75: 4,90±1,45L/sn'den 5,24±1,45 L/s'ye (t:-2,878, p:0,018), FEF25%: 6,71±1,86 L/s'den 7,50±1,81 L/s'ye (t:-3,609, p:0,006), FEF50%: 5,35±1,65 L/s'den 5,61±1,50 L/s'ye (t:-2,959, p:0,016), MVV ise: 151,31±27,41 L/dk'den 164,14±26,65 L/dk'ya (t:-3,58, p:0,006) yükselmiştir.

**Tablo 4.24. Bağımsız örneklem t testi spirometri tablosu**

| Parametreler   | Ön Test (n=10) |       | Son Test (n=10) |       |
|----------------|----------------|-------|-----------------|-------|
|                | t              | p     | t               | p     |
| FVC (L)        | -0,208         | 0,838 | -0,973          | 0,344 |
| FEV1 (L)       | 0,093          | 0,927 | -0,328          | 0,747 |
| FEV1/FVC (%)   | 0,483          | 0,635 | 0,377           | 0,711 |
| PEF (/L/sn)    | 1,004          | 0,329 | -0,402          | 0,692 |
| FEF25-75 (L/s) | 0,797          | 0,436 | 0,058           | 0,954 |
| FEF25% (L/s)   | 0,907          | 0,376 | -0,525          | 0,606 |
| FEF50% (L/s)   | 0,461          | 0,65  | 0,151           | 0,882 |
| FEF75% (L/s)   | -0,522         | 0,608 | 0,334           | 0,742 |
| MVV (L/dk)     | -0,26          | 0,798 | -1,651          | 0,116 |

Tablo 4.24'de K.G ve A.H.G'nin spirometri istatistiksel sonuçları yer almaktadır. Grupların ön test-son test ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.22. ve Tablo 4.23'de verilmiştir. Ön test-son test sonuçlarına göre hiçbir değişikende istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır (p>0,05).

**Tablo 4.25.** Kontrol grubu eşleştirilmiş örneklem t testi arttırmalı bisiklet protokolü ve laktat tablosu

| Parametreler               | Ön Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | t      | p        |
|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------|----------|
| Test Süresi (s)            | 815,18±107,70                   | 811,75±100,48                    | 0,332  | 0,745    |
| Maksimum Watt              | 262,5±34,92                     | 260±30,98                        | 0,808  | 0,432    |
| Zirve Laktat (mmol)        | 8,91±1,69                       | 8,55±1,41                        | 3,926  | 0,001 ** |
| Son Nabız (kah)            | 183±5,93                        | 183,06±4,37                      | -0,072 | 0,943    |
| 1 mmol Laktat Eşiği (watt) | 109,08±10,29                    | 108,01±10,23                     | 3,985  | 0,001 ** |
| 1 mmol Laktat Eşiği (kah)  | 121,78±8,45                     | 121±8,19                         | 2,751  | 0,015 *  |
| 4 mmol Laktat Eşiği (watt) | 163,61±11,29                    | 162,09±10,46                     | 3,577  | 0,003 ** |
| 4 mmol Laktat Eşiği (kah)  | 164,35±8,14                     | 164,09±8,51                      | 0,794  | 0,439    |

Tablo 4.25.'de K.G'nin arttırmalı bisiklet protokolü ve laktat verileri yer almaktadır. Ön test-son test sonucuna göre zirve laktat: 8,91±1,69 mmol'den 8,55±1,41 mmol'e (t:3,926, p:0,001), 1 mmol laktat eşiği: 109,08±10,29 watt'dan 108,01±10,23 watt'a (t:3,985, p:0,001), 1 mmol laktat eşiği 121,78±8,45 kah'dan 121±8,19 kah'a (t:2,751, p:0,015), 4 mmol laktat eşiği 163,61±11,29 watt'tan 162,09±10,46 watt'a (t:3,577, p:0,003) gerilemiştir.

**Tablo 4.26.** Aralıklı hipoksi grubu eşleştirilmiş örneklem t testi arttırmalı bisiklet protokolü ve laktat tablosu

| Parametreler               | Ön Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | t      | p        |
|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------|----------|
| Test Süresi (s)            | 865,7±153,46                    | 889,6±157,76                     | -2,895 | 0,018 *  |
| Maksimum Watt              | 282±49,39                       | 288±48,25                        | -1,964 | 0,081    |
| Zirve Laktat (mmol)        | 10,05±1,97                      | 10,30±1,98                       | -5,488 | 0,000 ** |
| Son Nabız (kah)            | 184,8±4,63                      | 186,1±5,19                       | -3,074 | 0,013 *  |
| 1 mmol Laktat Eşiği (watt) | 111,42±10,01                    | 116,30±8,04                      | -4,312 | 0,002 ** |
| 1 mmol Laktat Eşiği (kah)  | 124,12±5,47                     | 122,62±6,39                      | 1,875  | 0,094    |
| 4 mmol Laktat Eşiği (watt) | 172,41±8,5                      | 177,01±8,6                       | -6,727 | 0,000 ** |
| 4 mmol Laktat Eşiği (kah)  | 167,03±6,59                     | 168,42±6,39                      | -1,425 | 0,188    |

Tablo 4.26.'da A.H.G'nin arttırmalı bisiklet protokolü ve laktat verileri yer almaktadır. Ön test-son test sonucuna göre test süresi: 865,7±153,46 s'den 889,6±157,76 s'ye (t:-2,895, p:0,018), zirve laktat: 10,05±1,97 mmol'den 10,30±1,98 mmol'e (t:-5,488, p:0,000), son nabız: 184,8±4,63 kah'dan 186,1±5,19 kah'a (t:-3,074, p:0,013), 1 mmol laktat eşiği: 111,42±10,01 watt'dan 116,30±8,04 watt'a (t:-4,312, p:0,002), 4 mmol laktat eşiği: 172,41±8,5 watt'dan 177,01±8,6 watt'a (t:-6,727, p:0,000) yükselmiştir.

**Tablo 4.27.** Bağımsız örneklem t testi arttırmalı bisiklet protokolü ve laktat tablosu

| Parametreler              | Ön Test (n=10) |        | Son Test(n=10) |         |
|---------------------------|----------------|--------|----------------|---------|
|                           | t              | p      | t              | p       |
| Test Süresi (s)           | -0,91          | 0,378  | -1,394         | 0,136   |
| Maksimum Watt             | -1,09          | 0,293  | -1,636         | 0,083   |
| Zirve Laktat (mmol)       | -1,515         | 0,148  | -2,435         | 0,015*  |
| Son Nabız (kah)           | -0,863         | 0,397  | -1,539         | 0,122   |
| 1mmol Laktat Eşiği (watt) | -0,575         | 0,572  | -2,299         | 0,040*  |
| 1mmol Laktat Eşiği (kah)  | -0,858         | 0,400  | -0,564         | 0,600   |
| 4mmol Laktat Eşiği (watt) | -2,258         | 0,034* | -3,952         | 0,001** |
| 4mmol Laktat Eşiği (kah)  | -0,922         | 0,366  | -1,475         | 0,18    |

Tablo 4.27’de K.G ve A.H.G’nin arttırmalı bisiklet protokolü ve laktat verilerinin istatistiksel sonuçları yer almaktadır. Grupların ön test-son test ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.25. ve Tablo 4.26.’da verilmiştir. Ön test-son test sonuçlarına göre 4mmol laktat eşiği değişkeninde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur (K.G=163,61±11,29; A.H.G=172,41±8,5, t:-2,258, p:0,034). Son test sonuçlarına göre son laktat (K.G=8,55±1,41; A.H.G=10,30±1,98, t:-2,435, p:0,015), 1mmol laktat eşiği-watt (K.G=108,01±10,23; A.H.G=116,30±8,04, t:-2,299, p:0,040) ve 4mmol laktat eşiği-watt (K.G.= 162,09±10,46; A.H.G=177,01±8,6, t:-3,952, p:0,001) değişkenlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur.

**Tablo 4.28.** Karışık dizayn anova dansiyometri grup x zaman etkileşim tablosu

| Parametreler                  | Kontrol Grubu        |                      | Aralıklı Hipoksi Grubu |                      | p     |
|-------------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|-------|
|                               | Ön Test              | Son Test             | Ön Test                | Son Test             |       |
|                               | $\bar{x} \pm (n=10)$ | $\bar{x} \pm (n=10)$ | $\bar{x} \pm (n=10)$   | $\bar{x} \pm (n=10)$ |       |
| Kafa (g/cm <sup>2</sup> )     | 2,149±0,170          | 2,166±0,187          | 2,113±0,190            | 2,109±0,210          | 0,651 |
| Kollar (g/cm <sup>2</sup> )   | 0,815±0,110          | 0,780±0,060          | 0,816±0,085            | 0,813±0,077          | 0,350 |
| Bacaklar (g/cm <sup>2</sup> ) | 1,351±0,110          | 1,366±0,096          | 1,400±0,053            | 1,412±0,065          | 0,144 |
| Gövde (g/cm <sup>2</sup> )    | 1,025±0,080          | 1,027±0,075          | 1,085±0,077            | 1,085±0,080          | 0,822 |
| Kostalar (g/cm <sup>2</sup> ) | 0,832±0,076          | 0,845±0,077          | 0,885±0,087            | 0,890±0,085          | 0,121 |
| Spine (g/cm <sup>2</sup> )    | 1,086±0,104          | 1,097±0,100          | 1,159±0,095            | 1,141±0,087          | 0,717 |
| Pelvis (g/cm <sup>2</sup> )   | 1,164±0,110          | 1,153±0,107          | 1,232±0,077            | 1,233±0,091          | 0,349 |
| Toplam                        | 1,205±0,087          | 1,201±0,069          | 1,240±0,066            | 1,242±0,069          | 0,929 |
| T-Skoru                       | 0,166±0,078          | 0,155±0,062          | 0,377±0,066            | 0,400±0,069          | 0,939 |
| Z-Skoru                       | 0,711±0,054          | 0,711±0,040          | 0,611±0,045            | 0,622±0,048          | 0,941 |

Tablo 4.28. İncelendiğinde grupların zamana bağlı etkileşimlerinde istatistiksel olarak fark bulunamamıştır (p>0,05).

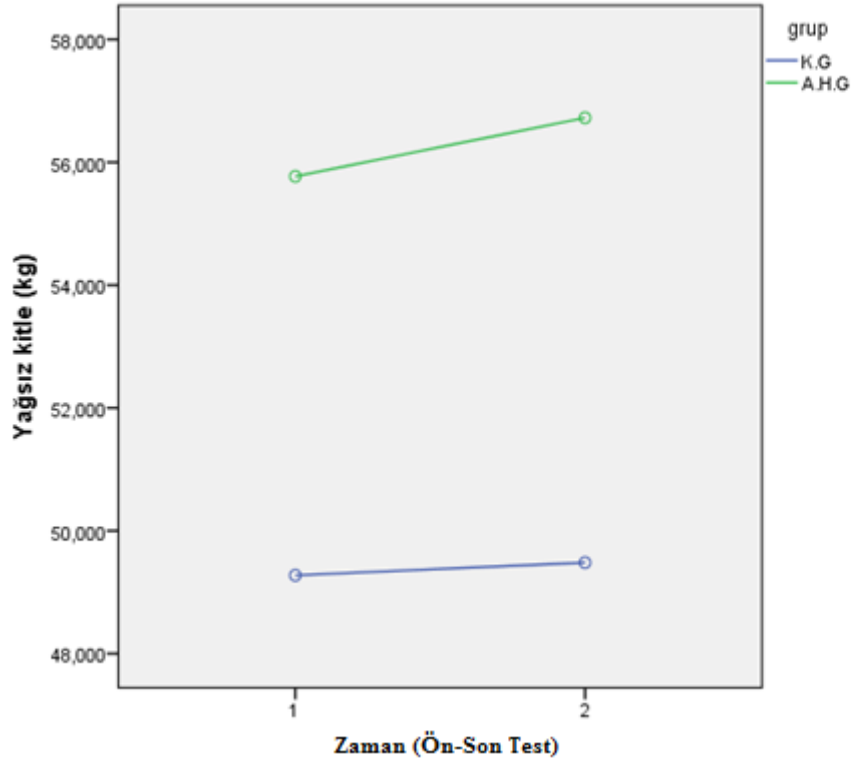
**Tablo 4.29. Karışık dizayn anova core bölgesi tarama tablosu**

| Parametreler              | Kontrol Grubu                   |                                  | Aralıklı Hipoksi Grubu          |                                  | p      |
|---------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------|
|                           | Ön Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | Ön Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ |        |
| Toplam Kitle (kg)         | 64,577±7,559                    | 64,844±7,50                      | 72,738±8,930                    | 73,445±9,846                     | 0,473  |
| Yağsız Kitle (kg)         | 49,274±5,122                    | 49,481±4,881                     | 55,770±5,462                    | 56,724±6,084                     | 0,015* |
| Yağ Kitle (kg)            | 12,517±3,583                    | 12,555±3,621                     | 13,960±4,156                    | 13,706±4,382                     | 0,409  |
| Android Kitle (kg)        | 4,300±0,800                     | 4,266±0,739                      | 4,728±0,608                     | 4,803±0,707                      | 0,165  |
| Android Yağsız Kitle (kg) | 3,464±0,470                     | 3,432±0,344                      | 3,785±0,425                     | 3,869±0,479                      | 0,044* |
| Android Yağ (g)           | 482,862±324,784                 | 473,205±306,885                  | 498,820±409,514                 | 469,074±378,091                  | 0,897  |
| Gynoid Kitle (kg)         | 17,811±6,147                    | 17,811±6,177                     | 18,522±4,241                    | 18,155±4,594                     | 0,993  |
| Gynoid Yağsız Kitle (kg)  | 10,511±1,367                    | 10,577±1,402                     | 11,902±1,869                    | 11,948±2,095                     | 0,013* |
| Gynoid Yağ (kg)           | 7,989±0,881                     | 8,019±0,893                      | 9,307±1,137                     | 9,409±1,196                      | 0,272  |
| Gynoid Yağ Yüzdesi (%)    | 2,237±0,812                     | 2,259±0,789                      | 2,287±0,928                     | 2,228±1,037                      | 0,334  |
| A/G Oranı                 | 21,477±6,240                    | 21,611±5,730                     | 19,255±5,211                    | 18,511±5,577                     | 0,102  |
| Yağ Kitle (Gram)          | 0,845±0,225                     | 0,836±0,239                      | 0,977±0,131                     | 0,997±0,117                      | 0,489  |
| Hacim                     | 237,666±220,490                 | 255,666±266,744                  | 271,777±152,987                 | 316,555±154,699                  | 0,622  |

\*p&lt;0,05

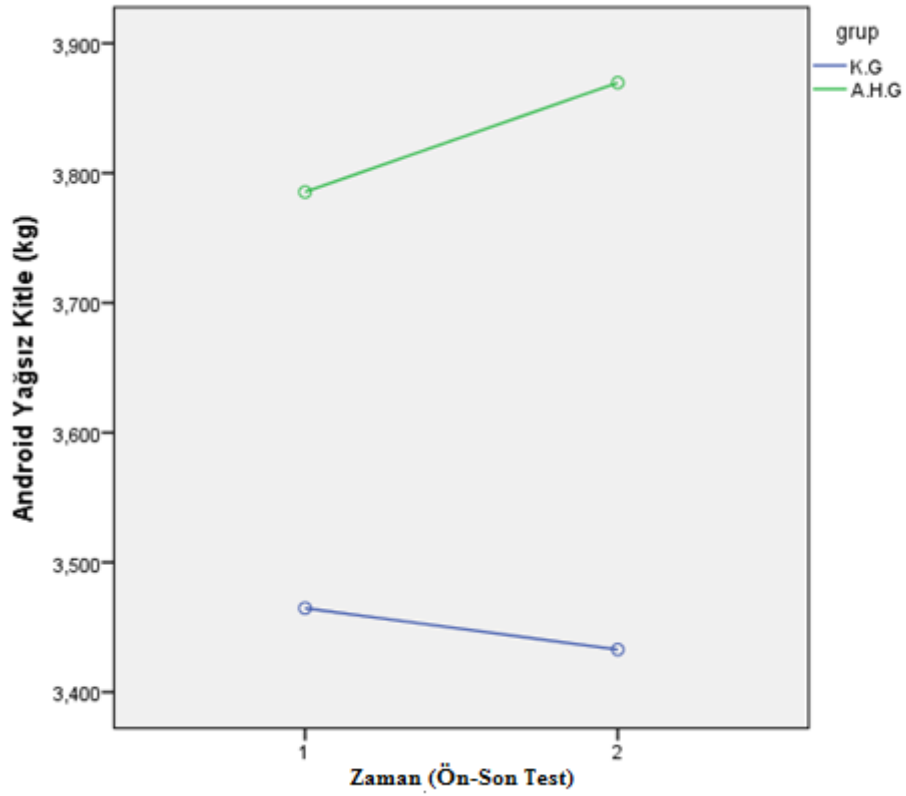
Tablo 4.29. İncelendiğinde grupların zamana bağlı olarak yağsız kitle, android yağsız kitle ve gynoid yağsız kitle değişkenlerinde istatistiksel olarak fark bulunmuştur (Sırasıyla; p:0,015, p: 0,044, p:0,013). K.G'nin ve A.H.G'nin yağsız kitle ile gynoid yağsız kitle ortalamaları zamana bağlı olarak artmıştır. Android kitle değişkeni K.G için zaman bağlı olarak azalırken, A.H.G için artmıştır.

Bu sonuçlar doğrultusunda 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci, vücut kompozisyonu parametrelerini kronik olarak etkilemektedir, hipotezi kabul edilmiştir.



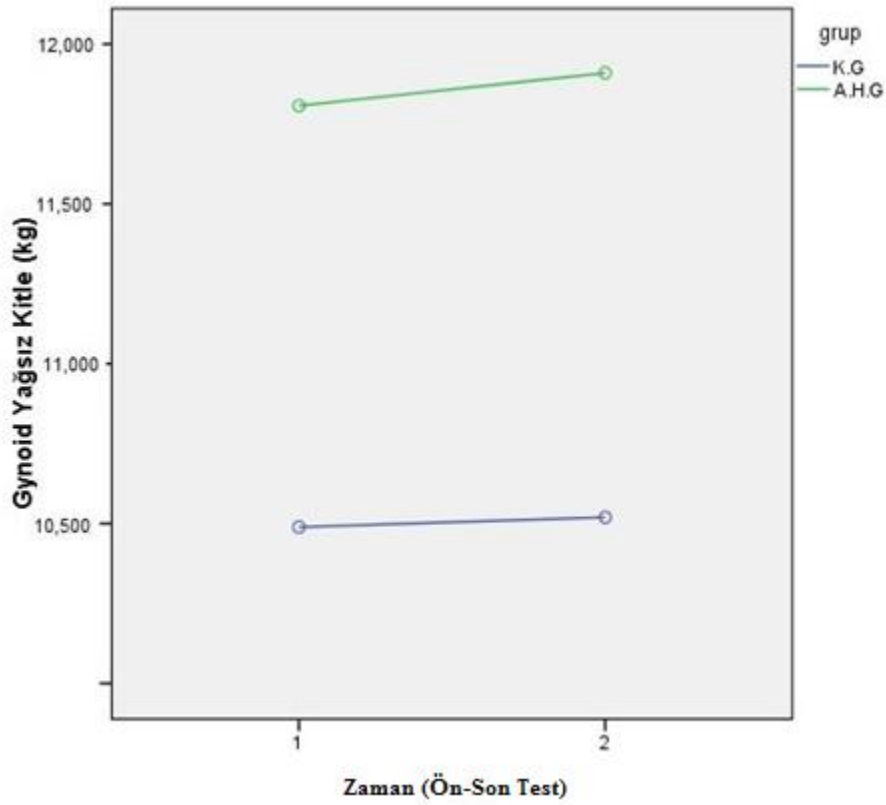
**Şekil 4.1.** Yağsız kitle değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği

Şekil 4.1. incelendiğinde her iki grup için yağsız kitle değişkeninin arttığı görülmüştür. A.H.G'nin zamana bağlı yağsız kitle değişim ortalaması K.G'den daha fazla gerçekleşmiştir (K.G-ön test=49,274±5,122, son test=49,481±4,881; A.H.G-ön test=55,770±5,462, son test=56,724±6,084, p:0,015).



Şekil 4.2. Android yağsız kitle değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği

Şekil 4.2. incelendiğinde A.H.G'nin zamana bağlı android yağsız kitle değişim ortalamasının K.G'den daha fazla olduğu görülmektedir. K.G'nin zamana bağlı olarak android yağsız kitesinde azalma görülürken. A.H.G için tam tersi durum söz konusudur (K.G-ön test=3,464±0,470, son test=3,432±0,344, A.H.G-ön test=3,785±0,425, son test=3,869±0,479, p:0,044).



**Şekil 4.3.** Gynoid yağsız kitle değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği

Şekil 4.3. incelendiğinde gynoid yağsız kitle değişkeninde her iki grup için zamana bağlı olarak gözlemlenen ortalama artışı söz konusudur (KG-ön test=10,511±1,367, son test=10,577±1,402; A.H.G-ön test=11,902±1,869, son test=11,948±2,095, p:0,013) .

**Tablo 4.30.** Karışık dizayn anova vücut kompozisyonu tablosu

| Parametreler               | Kontrol Grubu                   |                                  | Aralıklı Hipoksi Grubu          |                                  | p     |
|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------|
|                            | Ön Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | Ön Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm (n=10)$ |       |
| Kollar Yağ (%)             | 18,47±4,66                      | 18,76±4,83                       | 18,27±4,33                      | 18,33±4,54                       | 0,067 |
| Kollar Toplam Kitle (kg)   | 7,85±1,12                       | 7,88±0,97                        | 8,94±1,51                       | 8,82±1,43                        | 0,329 |
| Kollar Yağ (kg)            | 1,37±0,33                       | 1,39±0,33                        | 1,57±0,56                       | 1,55±0,53                        | 0,559 |
| Kollar Yağsız Kitle (kg)   | 6,11±0,96                       | 6,09±0,85                        | 6,93±1,08                       | 6,83±1,04                        | 0,520 |
| Bacaklar Yağ (%)           | 20,93±5,45                      | 21,05±5,85                       | 20,58±4,75                      | 19,68±4,87                       | 0,148 |
| Bacaklar Toplam Kitle (kg) | 22,21±2,4                       | 30,33±4,41                       | 24,87±3,43                      | 25,23±3,84                       | 0,352 |
| Bacaklar Yağ (kg)          | 4,45±1,36                       | 4,3±1,55                         | 4,98±1,79                       | 4,85±1,84                        | 0,795 |
| Bacaklar Yağsız Kitle (kg) | 16,63±1,77                      | 16,66±1,78                       | 18,69±1,92                      | 19,52±2,77                       | 0,119 |
| Gövde Yağ (%)              | 19,63±5,05                      | 19,33±4,98                       | 19,31±4,07                      | 18,86±4,19                       | 0,827 |
| Gövde Toplam Kitle (kg)    | 30,18±4,2                       | 30,33±4,41                       | 34,08±4,08                      | 38,24±9,82                       | 0,071 |
| Gövde Yağ (kg)             | 5,89±2,29                       | 5,87±2,41                        | 6,50±1,91                       | 7,22±2,94                        | 0,385 |
| Gövde Yağsız Kitle (kg)    | 23,47±2,49                      | 23,65±2,26                       | 26,71±2,61                      | 27,13±2,93                       | 0,637 |
| Toplam Yağ (%)             | 20,05±4,18                      | 20,01±4,24                       | 19,72±3,88                      | 19,22±3,91                       | 0,394 |
| Toplam Kitle (kg)          | 64,57±7,55                      | 64,84±7,5                        | 72,73±8,93                      | 73,36±9,86                       | 0,566 |

**Tablo 4.30. (devam)** Karışık dizayn anova vücut kompozisyonu tablosu

|                          |            |            |            |            |       |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|-------|
| Toplam Yağ (kg)          | 12,51±3,58 | 12,55±3,62 | 13,96±4,15 | 13,74±4,36 | 0,489 |
| Toplam Yağsız Kitle (kg) | 49,27±5,12 | 49,48±4,88 | 55,77±5,46 | 56,59±6,1  | 0,331 |

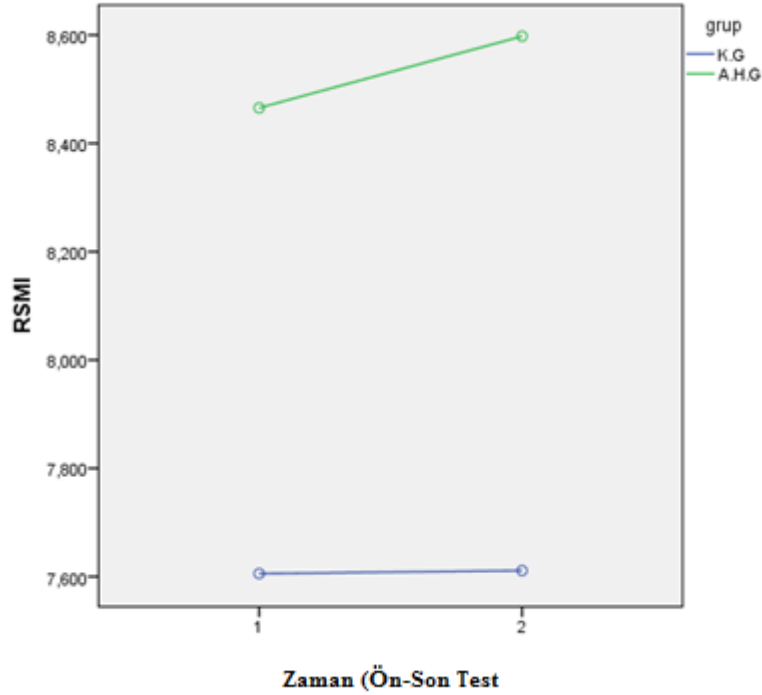
Tablo 4.30. incelendiğinde grupların zamana bağlı etkileşimlerinde istatistiksel olarak fark bulunamamıştır ( $p>0,05$ ).

**Tablo 4.31.** Karışık dizayn anova vücut metabolizma tablosu

| Parametreler                 | Kontrol Grubu            |                           | Aralıklı Hipoksi Grubu   |                           | p      |
|------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------|
|                              | Ön Test<br>$\bar{x} \pm$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm$ | Ön Test<br>$\bar{x} \pm$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm$ |        |
| BMI<br>(kg/m <sup>2</sup> )  | 21,488±1,883             | 21,422±1,787              | 23,932±3,006             | 23,933±3,006              | 0,325  |
| RMR (kal)                    | 1644,55±138,178          | 1640,33±135,161           | 1783,77±127,069          | 1782,66±126,941           | 0,331  |
| RSMI<br>(kg/m <sup>2</sup> ) | 7,605±0,780              | 7,611±0,753               | 8,465±1,017              | 8,597±1,109               | 0,050* |

\* $p<0,05$

Tablo 4.31. incelendiğinde grupların zamana bağlı olarak sadece RSMI değişkeninde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ( $p:0,050$ ). Bu sonuçlar doğrultusunda 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci, vücut metabolizma parametrelerini kronik olarak etkilemektedir, hipotezi kabul edilmiştir.



**Şekil 4.4.** RSMI değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği

Şekil 4.4 incelendiğinde RSMI değişkeni zamana bağlı olarak K.G için çok az artış göstermişken, A.H.G'nin ortalama artışı 0,126 daha fazladır (KG-ön test=7,605±0,780, son test=7,611±0,753; A.H.G-ön test=8,465±1,017, son test: 8,597±1,109,  $p:0,050$ )

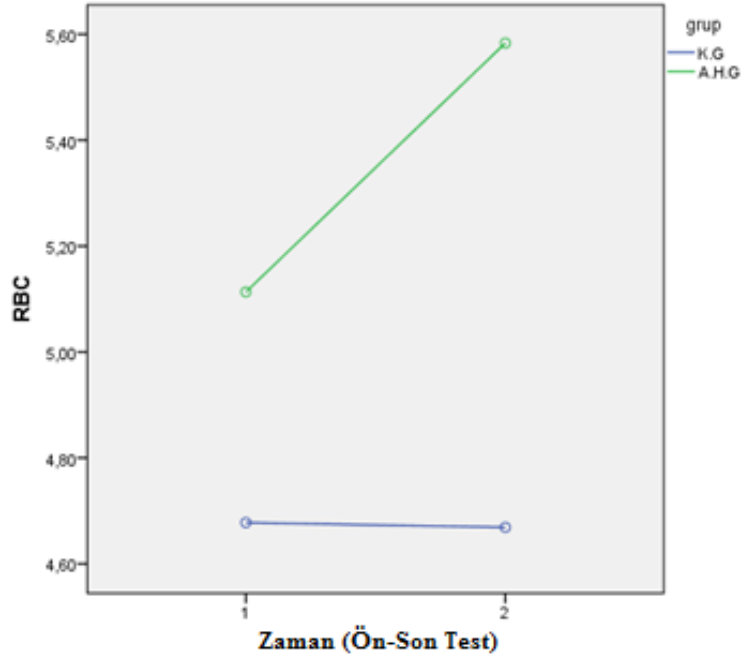


**Tablo 4.32. Karışık dizayn anova hemogram tablosu**

| Parametreler                | Kontrol Grubu |               | Aralıklı Hipoksi Grubu |               | P      |
|-----------------------------|---------------|---------------|------------------------|---------------|--------|
|                             | Ön Test       | Son Test      | Ön Test                | Son Test      |        |
|                             | $\bar{x} \pm$ | $\bar{x} \pm$ | $\bar{x} \pm$          | $\bar{x} \pm$ |        |
| WBC 10 <sup>3</sup> /μL     | 6,73±1,48     | 6,72±1,55     | 6,67±1,56              | 7,08±1,57     | 0,398  |
| LYM 10 <sup>3</sup> /μL     | 2,52±1,10     | 2,11±0,81     | 2,15±0,53              | 2,15±0,47     | 0,276  |
| LYM%                        | 37,67±15,22   | 32,83±14,42   | 33,13±8,59             | 29,34±4,27    | 0,856  |
| MID 10 <sup>3</sup> /μL     | 0,94±0,80     | 0,78±0,48     | 0,55±0,14              | 0,53±0,09     | 0,520  |
| MID %                       | 13,61±11,12   | 11,67±7,2     | 8,52±2,43              | 7,64±1,65     | 0,746  |
| GRA 10 <sup>3</sup> /μL     | 3,27±1,97     | 3,83±1,94     | 4,03±1,36              | 4,4±1,05      | 0,863  |
| GRA %                       | 48,71±25,99   | 55,48±20,97   | 58,95±7,47             | 62,13±5,47    | 0,683  |
| RBC 10 <sup>6</sup> /μL     | 4,67±0,51     | 4,6±0,59      | 5,11±0,43              | 5,58±0,502    | 0,050* |
| HGB g/dL                    | 14,16±1,27    | 14,04±1,31    | 15,08±0,86             | 15,72±0,85    | 0,046* |
| MCV fL                      | 87,66±8,56    | 85,64±7,6     | 86,16±4,6              | 86,57±2,71    | 0,230  |
| MCHC g/dl                   | 34,38±3,20    | 35,9±2,99     | 36,11±0,84             | 36,3±1,61     | 0,221  |
| HCT %                       | 41,55±5,39    | 41,58±5,8     | 42,87±3,71             | 45,92±3,49    | 0,126  |
| RDWsd fL                    | 38,36±4,33    | 36,74±2,94    | 36,62±3,02             | 37,3±1,32     | 0,154  |
| MCH pg                      | 30,00±2,54    | 30,65±2,82    | 31,1±1,21              | 31,4±2,3      | 0,630  |
| RDWcv %                     | 14,02±0,81    | 13,7±0,91     | 13,31±0,78             | 13,71±0,78    | 0,289  |
| PLT 10 <sup>3</sup> /μL     | 216,2±39,07   | 218,7±55,05   | 199,8±52,64            | 206±44,71     | 0,505  |
| MPV fL                      | 10,35±1,03    | 9,82±1,49     | 10,3±1,09              | 10,54±1,06    | 0,515  |
| PDWsd fL                    | 4,84±0,63     | 4,66±0,75     | 4,93±0,36              | 4,86±0,54     | 0,661  |
| PCT %                       | 0,22±0,034    | 0,21±0,05     | 0,204±0,053            | 0,214±0,049   | 0,704  |
| PDWcv %                     | 46,96±1,98    | 47,35±1,88    | 47,05±1,92             | 45,41±1,89    | 0,157  |
| PLC - R %                   | 47,88±8,41    | 42,5±11,82    | 54,5±11,19             | 55,1±9,51     | 0,321  |
| PLC - C 10 <sup>3</sup> /μL | 101,77±17,51  | 90,4±26,9     | 100,1±18,94            | 110±20,18     | 0,030* |

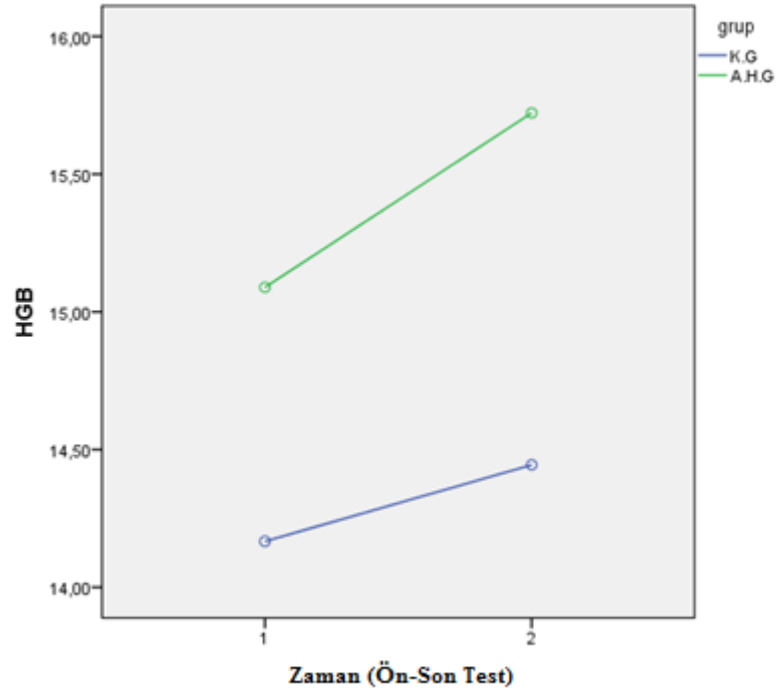
\*p&lt;0,05

Tablo 4.32. İncelendiğinde, grupların zamana bağlı olarak etkileşimleri RBC, HGB ve PLC-C değişkenlerinde istatistiksel olarak anlamlı sonuç bulunmuştur (Sırasıyla; p:0,050, p:0,046, p:0,030). K.G için RBC, HGB ve PLC-C değişkenleri zamana bağlı olarak azalırken, A.H.G için artmıştır. Sonuçlar doğrultusunda 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci, hemogram parametrelerini kronik olarak etkilemektedir, hipotezi kabul edilmiştir.



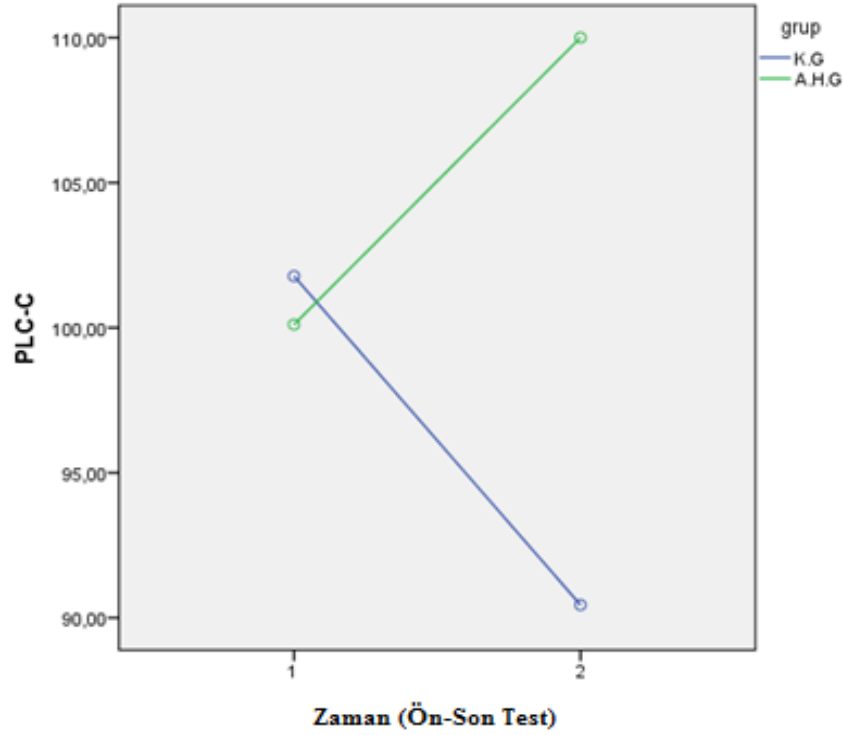
Şekil 4.5. RBC değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği

Şekil 4.5. incelendiğinde zamana bağlı olarak RBC değişkeni K.G için azalırken, A.H.G için artmıştır (K.G-ön test=4,67±0,51, son test=4,6±0,59; A.H.G-ön test=5,11±0,43, son test=5,58±0,502, p:0,050).



Şekil 4.6. HGB değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği

Şekil 4.6 incelendiğinde zamana bağlı olarak HGB değişkeni K.G için azalırken, A.H.G için artmıştır (K.G-ön test=14,16±1,27, son test=14,04±1,31; A.H.G-ön test=15,08±0,86, son test=15,72±0,85, p:0,046).



Şekil 4.7. PLC-C değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği

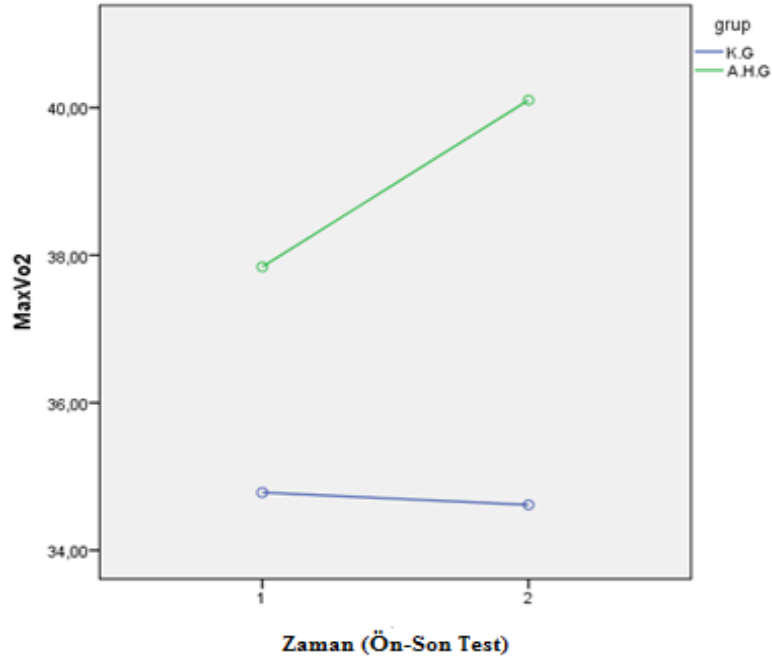
Şekil 4.7. incelendiğinde zamana bağlı olarak HGB değişkeni K.G için azalırken, A.H.G için artmıştır (K.G-ön test=101,77±17,51, son test=90,4±26,9; A.H.G-ön test=100,1±18,94, son test=110±20,18, p:0,030).

Tablo 4.33. Karışık dizayn anova maxvo<sub>2</sub> tablosu

| Parametreler                                 | Kontrol Grubu            |                           | Aralıklı Hipoksi Grubu   |                           | p       |
|----------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------|
|                                              | Ön Test<br>$\bar{x} \pm$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm$ | Ön Test<br>$\bar{x} \pm$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm$ |         |
| MaxVo <sub>2</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .dk) | 34,78±3,43               | 34,61±3,34                | 37,84±5,18               | 40,10±4,99                | 0,000** |

\*p<0,05; \*\*p<0,01

Tablo 4.33 incelendiğinde MaxVo<sub>2</sub> değişkeni, K.G için zamana bağlı olarak azalırken A.H.G için artmıştır (p:0,000). Bu sonuç doğrultusunda 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci, maksimal oksijen tüketimi değerini kronik olarak etkilemektedir, hipotezi kabul edilmiştir.



Şekil 4.8 MaxVo<sub>2</sub> değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği

Şekil 4.8. incelendiğinde A.H.G için MaxVo<sub>2</sub> değişkeninin zamana bağlı olarak 2,26 ml.kg<sup>-1</sup>.dk arttığı görülmektedir. K.G'nin MaxVo<sub>2</sub> kullanımı ise 0,17 ml.kg<sup>-1</sup>.dk azalmıştır (p:0,000).

Tablo 4.34. Karışık dizayn anova izokinetik yorgunluk tablosu

| Parametreler | Kontrol Grubu |               | Aralıklı Hipoksi Grubu |               | p     |
|--------------|---------------|---------------|------------------------|---------------|-------|
|              | Ön Test       | Son Test      | Ön Test                | Son Test      |       |
|              | $\bar{x} \pm$ | $\bar{x} \pm$ | $\bar{x} \pm$          | $\bar{x} \pm$ |       |
| Sağ-fle      | 23,56±9,31    | 23,77±9,52    | 32,66±21,01            | 40,22±21,90   | 0,596 |
| Sağ-eks      | 40,50±6,82    | 40,53±6,62    | 51,57±14,15            | 55,93±11,91   | 0,610 |
| Sol-fle      | 40,84±18,28   | 41,08±18,26   | 35,20±20,76            | 34,82±18,49   | 0,603 |
| Sol-eks      | 55,65±8,41    | 54,76±7,26    | 41,58±11,80            | 42,25±12,24   | 0,189 |

Tablo 4.34. incelendiğinde grupların zamana bağlı etkileşimlerinde istatistiksel olarak fark bulunamamıştır (p>0,05). Bu sonuçlar doğrultusunda 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci, izokinetik diz yorgunluk indeksi değerini kronik olarak etkilemektedir, hipotezi reddedilmiştir.

Tablo 4.35. Karışık dizayn anova spirometri tablosu

| Parametreler   | Kontrol Grubu |               | Aralıklı Hipoksi Grubu |               | p       |
|----------------|---------------|---------------|------------------------|---------------|---------|
|                | Ön Test       | Son Test      | Ön Test                | Son Test      |         |
|                | $\bar{x} \pm$ | $\bar{x} \pm$ | $\bar{x} \pm$          | $\bar{x} \pm$ |         |
| FVC (L)        | 4,66±0,92     | 4,59±0,98     | 4,73±0,49              | 4,95±0,60     | 0,015*  |
| FEV1 (L)       | 4,25±0,67     | 4,26±0,82     | 4,23±0,63              | 4,38±0,73     | 0,223   |
| FEV1/FVC (%)   | 90,63±8,16    | 90,45±6,08    | 88,66±10               | 89,34±7,05    | 0,658   |
| PEF (L/s)      | 8,38±2,09     | 7,98±1,68     | 7,46±2,02              | 8,33±2,12     | 0,006** |
| FEF25-75 (L/s) | 5,39±1,31     | 5,28±1,12     | 4,90±1,45              | 5,24±1,45     | 0,036   |

**Tablo 4.35.** (devam) *Karışık dizayn anova spirometri tablosu*

|              |              |              |              |              |         |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------|
| FEF25% (L/s) | 7,35±1,23    | 7,15±1,09    | 6,71±1,86    | 7,50±1,81    | 0,003** |
| FEF50% (L/s) | 5,65±1,25    | 5,71±1,39    | 5,35±1,65    | 5,61±1,50    | 0,410   |
| FEF75% (L/s) | 2,815±0,96   | 3,39±1,53    | 3,10±1,43    | 3,19±1,49    | 0,204   |
| MVV (L/dk)   | 148,26±24,99 | 145,63±23,37 | 151,31±27,41 | 164,14±26,65 | 0,002** |

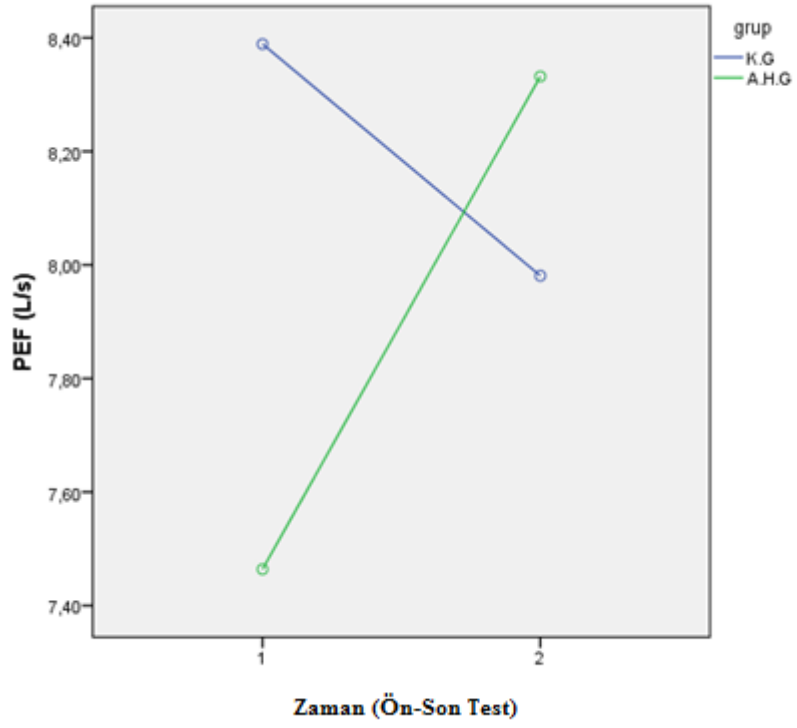
\*p<0,05; \*\*p<0,01

Tablo 4.35. İncelendiğinde grupların zamana bağlı etkileşimlerinde, FVC, PEF, FEF25% ve MVV değişkenlerinde istatistiksel olarak anlamlı (Sırasıyla; p:0,015, p:0,006, p:0,003, p:0,002) sonuç bulunmuştur. K.G için FVC, PEF, FEF25% ve MVV değişkenleri zamana bağlı olarak azalırken, A.H.G için bu değişkenler artmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda, 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci, spirometri parametrelerini kronik olarak etkilemektedir, hipotezi kabul edilmiştir.



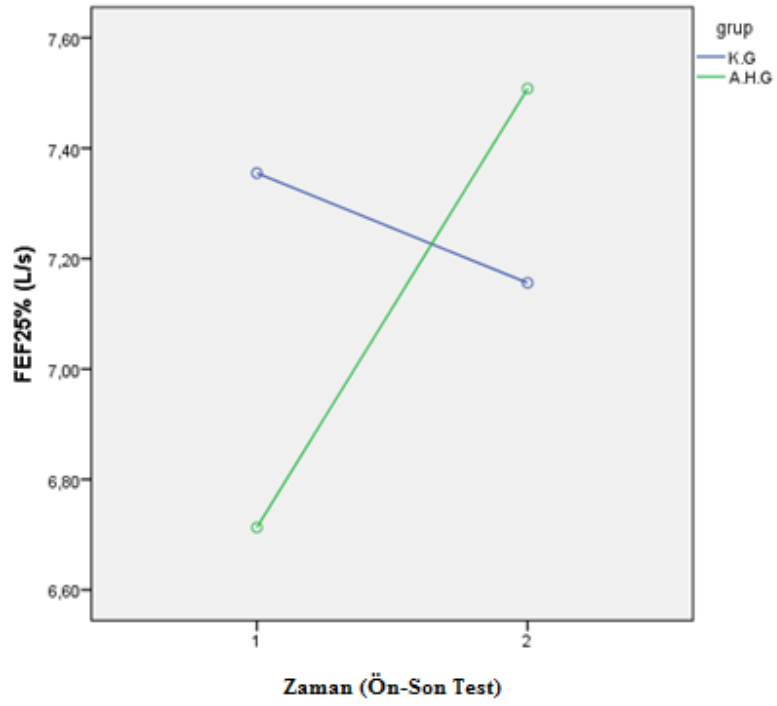
**Şekil 4.9.** FVC değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği

Şekil 4.9. incelendiğinde FVC değişkeninin zamana bağlı olarak K.G için 0,07 L azaldığı, A.H.G için ise 0,22 L oranında arttığı görülmektedir (p:0,015).



Şekil 4.10. PEF değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği

Şekil 4.10. incelendiğinde PEF değişkeni K.G için 0,40 L/s azalırken, A.H.G için 0,87 L/s oranında artış göstermiştir (p:0,006).



Şekil 4.11. FEF25% değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği

Şekil 4.11. incelendiğinde FEF25% değişkeni K.G için 0,20 L/s azalırken, A.H.G için 0,79 L/s oranında artmıştır (p:0,003).



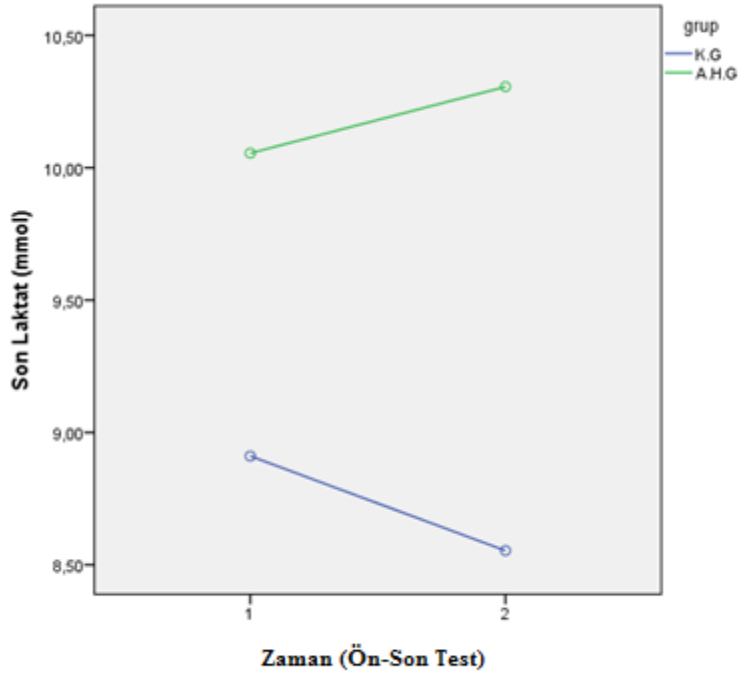
Şekil 4.12. MVV değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği

Şekil 4.12. incelendiğinde MVV değişkeni K.G için 2,6 L/dk azalırken, A.H.G için 12,83 L/dk oranında artmıştır (p:0,002).

**Tablo 4.36.** Karışık dizayn anova arttırılmalı bisiklet protokolü ve laktat tablosu

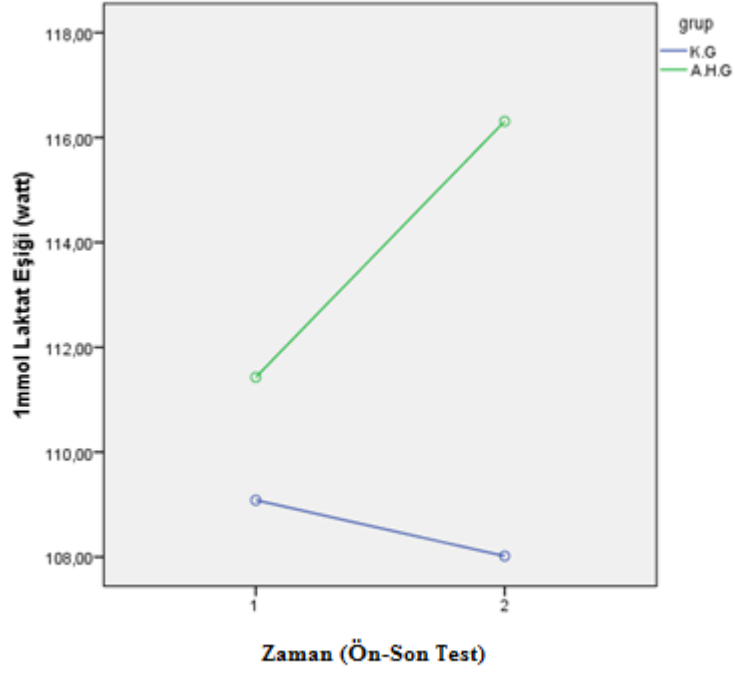
| Parametreler               | Kontrol Grubu            |                           | Aralıklı Hipoksi Grubu   |                           | p       |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------|
|                            | Ön Test<br>$\bar{x} \pm$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm$ | Ön Test<br>$\bar{x} \pm$ | Son Test<br>$\bar{x} \pm$ |         |
| Test Süresi (sn)           | 815,18±107,70            | 811,75±100,48             | 865,7±153,46             | 889,6±157,76              | 0,075   |
| Maksimum Watt              | 262,5±34,92              | 260±30,98                 | 282±49,39                | 288±48,25                 | 0,078   |
| Zirve Laktat (mmol)        | 8,91±1,69                | 8,55±1,41                 | 10,05±1,97               | 10,30±1,98                | 0,000** |
| Son Nabız (kah)            | 183±5,93                 | 183,06±4,37               | 184,8±4,63               | 186,1±5,19                | 0,292   |
| 1 mmol Laktat Eşiği (watt) | 109,08±10,29             | 108,01±10,23              | 111,42±10,01             | 116,30±8,04               | 0,000** |
| 1 mmol Laktat Eşiği (kah)  | 121,78±8,45              | 121±8,19                  | 124,12±5,47              | 122,62±6,39               | 0,330   |
| 4 mmol Laktat Eşiği (watt) | 163,61±11,29             | 162,09±10,46              | 172,41±8,5               | 177,01±8,6                | 0,000** |
| 4 mmol Laktat Eşiği (kah)  | 164,35±8,14              | 164,09±8,51               | 167,03±6,59              | 168,42±6,39               | 0,069   |

\*p<0,05; \*\*p<0,01



Şekil 4.13. Son laktat değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği

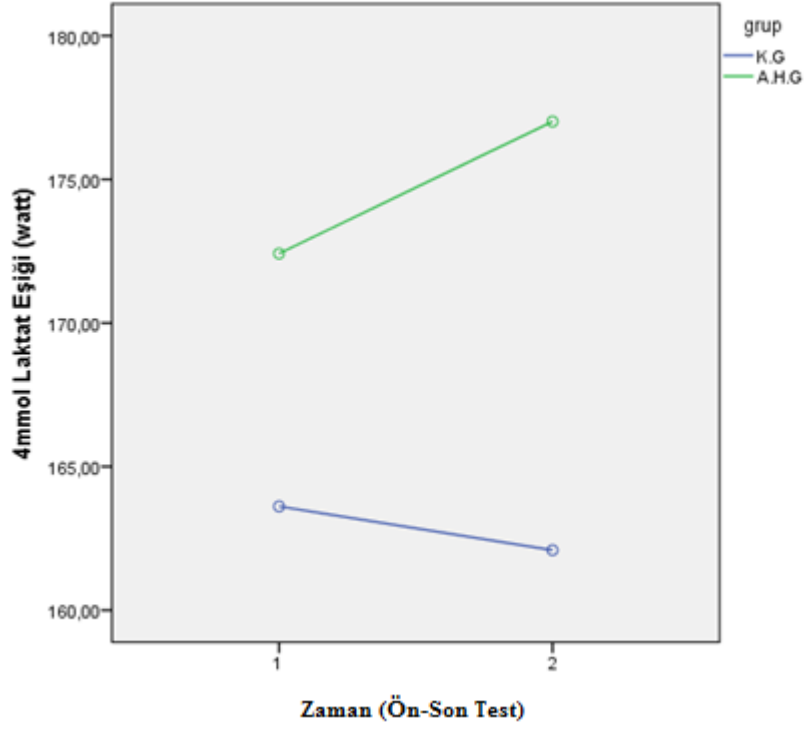
Şekil 4.13. incelendiğinde son laktat değişkeni K.G için 0,36 mmol azalırken, A.H.G için 0,25 mmol oranında artmıştır (p:0,000).



Şekil 4.14. 1 mmol laktat eşiği değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği



Şekil 4.14. incelendiğinde 1 mmol laktat eşiği değişkeni K.G için 1,07 watt azalırken, A.H.G için 4,88 watt artmıştır (p:0,000).



Şekil 4.15. 4 mmol laktat eşiği değişkeni için zaman x grup etkileşim grafiği

Şekil 4.15. incelendiğinde 4 mmol laktat değişkeni K.G için 1,52 watt azalırken, A.H.G için 4,6 watt artmıştır (p:0,000).

## 5. TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırmanın bu bölümünde, uygulanan protokol sonrası elde edilen verilerin, literatürde yapılan çalışmalarla tartışılmasına, araştırma çıktısının sonuç ve önerilerine yer verilmiştir.

### 5.1. Tartışma

Bu araştırma bazı antropometrik, fizyolojik ve performans parametreleri açısından aralıklı hipoksiye maruz kalmanın kronik etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Amaç doğrultusunda elde edilen sonuçlar, Maksimal Oksijen Tüketimi ve Solunum Parametreleri Değişiklikleri, Performans Parametreleri Değişiklikleri, Hematolojik Değişiklikler ve Antropometrik Değişiklikler başlıkları altında incelenecektir.

#### 5.1.1. Maksimal oksijen tüketimi ve solunum parametreleri değişiklikleri

Orta ya da yüksek tabir edilen yükseltelerde (3000 m ve üzeri) belirli bir süre kalındığında vücutta özellikle aerobik metabolizmayı ilgilendiren değişimler gözlemlenmektedir (Christensen vd., 2013). Yükseltide zaman geçirerek vücudun oksijen kullanım yeteneği geliştirilebilir (Christensen vd., 2013; Smith vd., 2013).

Aerobik performansın önemli öncüllerinden biri oksijen transfer kapasitesidir. Uzun yıllardır dayanıklılık egzersizlerinin kan hacmi gelişimine katkı sağladığı bilinmektedir (Nagashima vd., 1999). Kan hacmi adaptasyonunun esasen  $MaxVo_2$  ile alakalı olduğu kanıtlanmıştır (Sawka vd., 2000).

Araştırmamızda A.H.G'nin  $MaxVo_2$  değerinin  $2,26 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{dk}^{-1}$  arttığı görülmektedir. K.G'nin  $MaxVo_2$  kullanımı ise  $0,17 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{dk}$  azalmıştır. Yüzde olarak ise  $MaxVo_2$  değeri A.H.G için %5,97 artmış, K.G için ise %0,48 azalmıştır. Bu sonuçlar literatürde rastlanan “oksijen kullanım yeteneği” artar hipotezini desteklemektedir (Sinex ve Chapman 2015).

Yükseltide yapılan bütün çalışmalar oksijen tüketimi ya da dayanıklılık parametreleriyle ilgili artışı göstermese de uygun protokollerle deniz seviyesi performansı geliştirilebilir. Bonetti ve Hopkins (2009)'a göre simüle edilmiş yükseltiye uzun süreli maruz kalmak ya da simüle edilmiş yükseltiye aralıklı olarak maruz kalmak elit olmayan sporcularda performans artışı sağlamıştır. Sinex ve Chapman (2015) yaptıkları meta analiz çalışmasında hipoksik olarak simüle edilmiş 2500-4500 m yükseltide, günde 20 dk ile 2 saat arasında kalmanın elit olmayan sporcularda aerobik

metabolizma ile ilgili değerleri  $-0.9 \pm 2.4$  ( $>5\%$   $\uparrow/\downarrow$ ) oranında etkilediğinden bahsetmişlerdir. Yapılan alışmalar hipoksik hipoksi ortamında gerçekleşse de yaptığımız normobarik hipoksi protokolüne benzer sonuçlar gözlemlenmiştir.

Boerd (2017) ise yaptığı çalışmada 14 hafta (hafta sonları hariç) süren her seansta 2 saatlik aralıklı hipoksiye maruz kalma protokolünde hem pasif hem de egzersizli araştırma dizaynı uygulamıştır. Sonuç olarak  $MaxVo_2$  değerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış bulamamıştır. Rodriguez vd. (2007)'nin atlet ve yüzücülere yaptığı çalışmada ise yaklaşık 4000 m seviyesinde haftada 3 kez 4 hafta boyunca 3 saat aralıklı hipoksiye maruz kalma protokolü uygulamışlar ve yüzücülerin  $MaxVo_2$  değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış bulmuşlardır. Katayama vd. (2003) 15 elit düzeydeki atlet üzerinde 14 gün st üste yaklaşık 3000m yükselti seviyesinde günde 3 saat yaptığı aralıklı hipoksiye maruz kalma çalışmasında  $MaxVo_2$  değerinde bir artış bulamamıştır. Fakat son testte, 3000 m koşusunun süresinin istatistiksel olarak artmaya meğilli olduğunu bildirmiştir ( $p=0,06$ ). Hamlin ve Hellemans (2007) alışmalarında ise 3000m simüle edilmiş yükseltide haftada 5 gün, 90 dakikalık ve toplam 3 hafta süren bir protokol uygulamışlardır. Araştırmalarında asıl amaç 3000 m süresinin kısalıp kısalmayacağı ve kan parametrelerini incelemektir. Sonuç olarak 3000 m koşusunun toplam süresinin kısaldığını söylemişlerdir. En büyük gelişmeyi ise daha yavaş koşan sporcular göstermiştir. Sredeki bu kısalma her ne kadar istatistiksel olarak anlamlı olmasa bile elit olmayan ya da acemi düzeydeki sporcuların bu protokolü uygulayabileceklerini bildirmişlerdir.

Beidleman vd. (2009) deniz seviyesi performansını geliştirmek için, 3000m simüle edilmiş yüksekte 1-3 haftalık periyotta, günde yaklaşık 3 saat bu ortamda kalmanın özellikle aerobik performansı geliştirdiğini söylemişlerdir.  $MaxVo_2$  için bulgularımız bu savı desteklemektedir. Wood vd. (2007) ise 15 gün süren hipoksiye maruz kalma seanslarını 3600 m'de gerçekleştirmişlerdir. Her seans 60 dakika sürmüş ve 6 dakika hipoksiye maruz kaldıktan sonra, 4 dakika normal ortam havasına maruz kalmışlardır. Erkek hokey ve futbol oyuncularının bu süreçte sadece sprint süreleri ve dinlenim nabız oranları gelişim göstermiştir. Tadibi vd. (2007) ise Wood vd. (2007) ile aynı hipoksiye maruz kalma protokolünü dayanıklılık antrenmanı yapan 20 erkek katılımcıya uygulamıştır. Araştırmalarında  $MaxVo_2$  değerinde bir gelişim gözlemlememişlerdir. Lundby vd. (2005) 14 gün süren 2 saatlik hipoksiye maruz kalmayı yaklaşık 4300 m'de gerçekleştirmişlerdir. Araştırmalarına antrenmanlı 8 erkek

katılmıştır. Sonuç olarak  $\text{MaxVo}_2$  değerinde hem maksimal hem de submaksimal olarak değişim gözlemlenmemişlerdir. Katayama vd. (2004) ise araştırmalarında 15 orta mesafe atleti kullanmıştır. 14 gün süren 3 saatlik hipoksiye maruz kalma protokolü yaklaşık 3200m'de gerçekleşmiştir. Katayama vd. (2004) de aerobik metabolizmayı ilgilendiren parametrelerde (kalp atım, hızı,  $\text{MaxVo}_2$ , RER) değişim bulamamıştır. Maher ve Figuora (2016)'nın çalışmasında ise yaklaşık 2750 metreyi simüle eden yükselti maskesi kullanılmıştır. 6 hafta ve haftada 2 kere 15 dakikalık geçen sürede, maksimal nabızlarının %55-65'i aralığında bisiklet egzersizi yapan üniversite öğrencilerinin  $\text{MaxVo}_2$  değerlerinde artış gözükse de bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Bahsedilen araştırmalarda görüldüğü gibi, neredeyse aynı hipoksi protokolü hiç uygulanmamıştır. Denek grupları da benzerlik göstermemektedir. Araştırmamızda denek grupları olarak yer alan 18-26 yaş aralığındaki erkek gönüllü katılımcıların hiçbiri profesyonel düzeyde sporcu değildir. Elit düzeyde olan sporcuların kullanıldığı çoğu çalışmada gelişim gözlemlenmemiştir. Aralıklı hipoksinin amacı fizyolojik olarak yeterli uyarının sağlanarak deniz seviyesi performansını arttırmaktır. Elit düzeyde olan sporcuların  $\text{MaxVo}_2$  değeri aralıklı normobarik hipoksi kullanarak artmamaktadır (Julian vd., 2003). Araştırmamızda görülen artışın esas nedeni gönüllü katılımcıların Bonetti ve Hopkins (2009)'un söylediği gibi elit düzeyde olmamaları olabilir.

Yine bazı çalışmalar  $\text{MaxVo}_2$  değerinin yaklaşık %1-5 oranında gelişmesini hemogram parametrelerinin gelişimine bağlamaktadır (Gundersen vd., 2001; Levine vd., 1996). Fakat literatürde hemogram parametreleri değişmeden artan  $\text{MaxVo}_2$  değerleri bulunmaktadır. Meeuwsen vd. (2001) ile Hendriksen ve Meeuwsen (2003) çalışmalarında sırasıyla %7 ve %1,9'luk bir  $\text{MaxVo}_2$  artışı görürken, hemogram parametrelerinde gelişim bulamamışlardır. Oluşan bu artışın olası nedenlerinden biri de HIF-1 (hipoksiyle indüklenen faktör-1) olabilir. HIF-1 kardiyovasküler sistem yanıtları için kritik bir rol oynamaktadır. HIF-1'in aktivasyonu sayesinde vasküler regülasyon değişmiş ve artan kan dolaşımı oksijenin aktif kaslara daha fazla iletilmesini sağlayabilmiştir (Semenza, 2004; Schuler vd., 2005., Vogt ve Hoppeler, 2010).

Hamlin vd. (2013)'ün çalışmasında ise hipoksik ortama herkesin aynı seviyede cevap veremeyeceğini böylece test edilen parametrelerde değişim görülemeyeceğini söylemişlerdir. Yine aynı çalışmada, hipoksiye maruz kalmanın bir şekilde performansa

etki göstereceğini fakat elit seviyede olan sporcular için yüksekte yaşa – alçakta antrenman yap metodunun, deniz seviyesi performansını arttırmak için gerekli olduğunu söyleseler bile, elit düzeyde olanlar için deniz seviyesi performansının artmasının garanti olmadığı sonucuna varmışlardır (Faiss vd., 2013).

Hipoksik şartlarda bulunmak deniz seviyesinde bulunmaya göre daha az  $SpO_2$  ile sonuçlanacaktır. Düşen oksijen kullanımıyla hipoksik ortamda soluk alıp verme hacmi artacaktır (Kelly ve Basset, 2017). Respiratuar kasların hipoksiye maruz kaldıktan sonra hem akut hem de kronik olarak kuvvetlendiği daha önceden raporlanmıştır (Rahn ve Hammond, 1952; Forte vd., 1997). Ayrıca diğer fizyolojik adaptasyonlardan biri olan zorlu vital kapasite (FVC) ve maksimum istemli soluk alıp verme (MVV) gibi solunum parametrelerinin hipoksi süreçlerinden sonra olumlu yönde gelişim gösterdiği literatürde bildirilmiştir (Chapman, 2013; Smith vd., 2013; Dunham vd., 2011). Araştırmamızda A.H.G için FVC, PEF, FEF%25 ve MVV değerlerinde sırasıyla %4,65, %11,66, %11,77 ve %8,47'lik artışa rastlanmıştır. K.G için ise FVC, PEF, FEF%25 ve MVV değerlerinde sırasıyla %1,50, %4,77, %2,72 ve %1,77'lik azalma görülmüştür (bütün değerler için:  $p>0,05$ ). Biggs vd. (2017) yaptıkları çalışmada yaklaşık 2000 metreyi simüle eden yükselti maskesiyle yaptıkları çalışmada 6x90 saniyelik (%80 kah) yüksek yoğunluklu interval koşu protokolünü haftada 4 kere 6 hafta boyunca uygulamışlardır. Sonuç olarak FVC değerinde %11 gelişim gözlemlenmiştir. Yine bu çalışmada  $MaxVo_2$  değerinde artış görselerde bu sonuç istatistiksel olarak anlamlı değildir. Maher ve Figuora (2016)'nın çalışmasında ise yaklaşık 2750 metreyi simüle eden yükselti maskesi kullanılmıştır. 6 hafta ve haftada 2 kere 15 dakikalık geçen sürede, maksimal nabızlarının %55-65'i aralığında bisiklet egzersizi yapan üniversite öğrencilerinin kontrol grubu FVC değeri %14,63 ve MVV değeri %13,01 azalırken, antrenman grubunda FVC sabit kalmış, MVV ise %53,95 oranında artmıştır. Yaklaşık 4200 metrede akut olarak yapılan hipoksi çalışmasında ise FVC'de düşüşe rastlanmıştır. Hipoksiye maruz kalırken artan toplam akciğer hacmi örnekleri literatürde yer almaktadır. Bunun potansiyel nedeninin solunum kaslarının hipoksi sırasında güç kaybetmesi olabileceği söylenmektedir (Milic vd., 2001). Bu güç kaybının olası nedenleri tam olarak bilinmese de, maksimum soluk alma ve soluk verme sırasında anaerobik alaktik metabolik faaliyetlere ihtiyaç duyulmasından kaynaklanabilmektedir. Green vd. (1989)'nin yaptıkları hipoksik ortamda biyopsi çalışmasında, yüksek fosfatlı enerji bileşenleri ve kreatin kinazın değişmeyen aktivitesini gözlemlenmiştir. Bu da

aerobik ortama bir hayli ihtiyaç duyan yavaş ateşlenen motor ünite katılımının azalmasına neden olmuştur (Deboeck vd., 2005).

Araştırmamızda olduğu gibi kronik olarak yapılan çalışmalarda ise, respiratuar kasların hipoksik ortama sürekli maruz bırakılması, aynı iskelet kaslarında olduğu gibi stres sonrası adaptasyon döngüsünü oluşturmuştur (Boutellier vd., 1992). Solunum parametrelerinde görülen artışın temel nedeni hipoksik ortamda solunum kaslarının oluşan streslere adapte olmasından dolayı MVV değerinin artması olabilir.

### 5.1.2. Performans kriterleri değişiklikleri

Nöromusküler yorgunluk, egzersiz ile aktive olan izole kas grubunun kuvvet/tork güç çıkışının azalması olarak tanımlanmaktadır (Gandevia, 2001). Yaptığımız araştırmada hipoksi döneminden sonra izokinetik diz ekstansiyon-fleksiyon yorgunluğunu belirlemek için 180° acısal hızla 50 tekrar maksimal şekilde yapılan izokinetik diz ekstansiyon-fleksiyon protokolünü kullanmış bulunmaktayız. Sonuç olarak sağ bacak ekstansiyon, sol bacak ekstansiyon, sağ bacak fleksiyon ve sol bacak fleksiyon değerlerinde, hipoksi süreci sonrası istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ( $p>0,05$ ).

Ivamoto vd. (2014), yaptıkları akut hipoksik ortama maruz (3600 m) kalma çalışmasında, normoksik ve hipoksik koşullar arasında izokinetik diz kuvvet değişimlerinde fark bulamamışlar ve düşen arteriyel oksijenin izokinetik kas kuvvetini etkilemediğini söylemişlerdir. Çalışmamızda da benzer sonuçlar gözlemlenmiştir. Fulco vd. (1996), ise yaptıkları çalışmada izokinetik yorgunluğun ortam basıncıyla ilintili olduğu söylemişlerdir. Yaptığımız çalışmada ortam basıncı değişmediği için (normoksik hipoksi) yorgunluk indeksinin değişmemesi Ivamoto vd. (2014) çalışmalarını desteklemektedir.

Kawahara vd. (2008) araştırma dizaynımıza birebir benzeyen 180° acısal hızla 50 tekrar maksimal şekilde yapılan izokinetik diz ekstansiyon protokolünü hem hipoksik ortamda (yaklaşık 3000 m) hem de deniz seviyesinde uygulamışlardır. Sonuç olarak izokinetik diz yorgunluk indeksinde istatistiksel olarak bir fark görememişlerdir (Normoksi:  $31.4 \pm 3.1\%$ ; Hipoksi:  $34.9 \pm 3.7\%$ ). Bu sonuç araştırma sonucumuzla uyum göstermektedir (Tablo.4.34.). Young vd. (1980) 4500 m hipoksi ortamına 2 saat ve 24 saat maruz kalma sonrası yaptıkları 180° açısız hızla 60 tekrarlı izokinetik diz ekstansiyonunda, deniz seviyesiyle hipoksi arasında fark bulamamışlardır. Alhammoud vd. (2018)'nin çalışmasında ise 180° acısal hızla 35 tekrarlı izokinetik diz ekstansiyon

protokolü hem normoksik hem de hipoksik (yaklaşık 3000 m) ortamda uygulanmıştır. Araştırma sonunda her iki ortam durumunda uygulanan egzersiz arasında istatistiksel açıdan bir fark bulunamamıştır. Ramos vd. (2018)' ne göre hipoksi ortamında yapılan maksimal kuvvet antrenmanların, kas boyutuna belirli oranda bir katkısı olmadığı gibi, bu egzersizlerin normoksik şartlarda yapılmasıyla da bir farkı olmadığını belirtmişlerdir. Kawahara vd. (2008) ise her iki ortamda da fark görülmemesinin nedeninin düşük SpO<sub>2</sub> ve kas oksijenizasyonu ile ilgili olmadığını söylemişlerdir. Her ne kadar bahsedilen çalışmalar akut hipoksiyle ilgili olsa da, araştırmamızla benzer sonuçlara rastlanmıştır. Araştırma protokolümüz hipoksi ortamında izometrik diz ekstensiyon-fleksiyon antrenmanı içermediği için bu değerlerde gelişim görülmemiş olabilir. Ho vd. (2014)' de hipoksik koşullara maruz kalmanın dinamik kuvveti geliştirmede olduğunu söylemişlerdir.

Araştırmamızda bir diğer performans kriteri olarak, arttırılmalı bisiklet protokolünden elde edilen maksimum test süresi (tükenme zamanı) ve maksimum watt (power) değerleri incelenmiştir. Hipoksiye maruz kalma protokolü sonrası A.H.G için toplam test süresi 865,7 s'den 889,6 s'ye artış gözükse de bu sonuç istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. K.G'nin ise toplam test süresi 815,18 s'den 811,75 s'ye gerilemiştir. Maksimal watt değeri ise A.H.G için 282'den 288'e çıkarken, K.G için 262,5'den 260 watt değerine gerilemiştir. Aslında performans değerlerini değerlendirmek için laktat kinetiklerini ve bu değerlerdeki KAH ile watt değişkenlerini değerlendirmek performans çıktıları açısından daha doğru bir yol olacaktır (Stanula vd., 2012). Laktat değişimlerini en iyi şekilde elde etmek için şiddeti giderek artan egzersiz protokolleri literatürde sıklıkla tavsiye edilmektedir (Hughson vd. 1987). 1mmol laktat değeri ve 4mmol kritik laktat seviyesi dayanıklılık için kilit parametreleri oluşturmaktadır (Stanula vd., 2012; Svedahl ve MacIntosh, 2003). Araştırmamızda A.H.G için 1mmol laktat değerine karşılık gelen watt %4,37 4 mmol laktat değerine karşılık gelen watt %2,66 artmıştır ( $p<0,01$ ). Zirve laktat değeri ise %2,48 oranında artış göstermiştir ( $p<0,05$ ). K.G için ise 1 mmol laktat değerine karşılık gelen watt %0,98, 4 mmol laktat değerine karşılık gelen watt %0,92 ve zirve laktat değeri %4,04 oranında azalma göstermiştir. Katayama vd. (2003) 15 atlet üzerinde 14 gün üst üste yaklaşık 3000 m yükselti seviyesinde günde 3 saat yaptığı aralıklı hipoksiye maruz kalma çalışmasında 3000 m koşusunun süresinin istatistiksel olarak artmaya meğilli olduğunu

bildirmiştir ( $p=0,06$ ). Araştırmamızda da hipoksi süreci sonrası giderek arttırmalı bisiklet egzersizi protokolünün süresinin uzaması bu sonuca benzerlik göstermiştir.

Nakamoto vd. (2015) yaptıkları çalışmada 45 atleti kullanmışlardır. Kombine hipoksi protokolünün uygulandığı bu araştırmada katılımcılar 3 gruba bölünmüştür. 1. Grup: 6 haftalık 3000 m aralık hipoksi antrenmanına ek olarak kendi branş antrenmanlarını yapmaya devam etmişlerdir. Sonrasında 4 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma protokolü uygulanmıştır. 2. Grup: aralık hipoksi antrenmanına ek olarak kendi branş antrenmanlarını yapmaya devam etmişlerdir. 3. Grup: 6 hafta hipoksi içermeyen antrenman yapıp kendi branş antrenmanlarına devam etmişlerdir. Sonrasında 4 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma protokolü uygulanmıştır. Bütün gruplarda 4 mmol laktat eşikleri koşu hızı artarken azalma göstermiştir. ( $p<0,05$ ). Hamlin ve Hellemans (2007) çalışmalarında ise 3000m simüle edilmiş yükseltide haftada 5 gün, 90 dakikalık ve toplam 3 hafta süren bir protokol uygulamışlardır. 3000 m test süresinde değişim bulunmuştur. Zirve laktat değerlerinde ise 2. gün yapılan 3000 m koşusundan sonra %5,9, 17. gün yapılan aralıklı hipoksi sürecinden sonra ise % 8,1 azalmaya rastlanmıştır.

Araştırmamızda gönüllü katılımcıların sergiledikleri laktat eşiklerine denk gelen watt değerlerindeki artış egzersiz ekonomisinden kaynaklanabilir. Nakamoto vd. (2015)'in yukarıda detayları verilen çalışmada, laktat değerlerinin iyileşmesindeki faktörün koşu ekonomisiyle alakalı olduğunu söylemişlerdir. Bütün gruplar koşu sırasında aynı hızlara daha düşük laktat seviyeleriyle ulaşmışlardır. Araştırmamız için uyguladığımız protokol bisiklet ergometresi olduğu için, bu durumu pedal (cycle) ekonomisiyle değerlendirmek daha doğru olacaktır. Koşu ekonomisi sadece koşu temelli egzersizler uygulanarak gelişme gösterebilir. Fakat pedal ekonomisinin gelişmesi için pedal tabanlı egzersizler yapmaya gerek yoktur. Pedal ekonomisi bağımsız olarak da artış gösterebilir (Swinnen vd., 2018). Araştırmamızda görülen pedal ekonomisiyle ilinti bulunan sabit laktat karşılığı watt artışı bununla ilgili olabilir.

### **5.1.3. Hematolojik değişiklikler**

Toplam 8 hafta süren aralıklı hipoksiye maruz kalma sürecinden sonra araştırma gruplarını oluşturan A.H.G ve K.G için istatistiksel olarak anlamlı bulunan değişimler şu şekildedir. A.H.G için; RBC: %9,2, HGB: %4,24 ve PLC-C: %8,9 artarken K.G için; RBC: %1,49, HGB: 0,84, PLC-C: %11,17 azalmıştır. Katayama vd. (2003) 15 elit düzeydeki atlet üzerinde 14 gün üst üste yaklaşık 3000m yükselti seviyesinde günde 3



saat yaptığı aralıklı hipoksiye maruz kalma çalışmasında, RBC ve HGB parametrelerinde değişim bulamamıştır. Herms vd. (2015) iyi düzeyde antrenmanlı 12, 400 metre sporcusuyla yaptıkları araştırmalarında 4 hafta boyunca toplam 12 seans aralıklı hipoksi sürecini 3000 metrede gerçekleştirmişlerdir. Bu süre zarfında dairesel kuvvet antrenmanı uygulamışlardır. Uyguladıkları protokol sonunda HGB değerinde %1,55 ve RBC değerinde %: 13,04 artış gözlemlemişlerdir.

Hamlin ve Hellemans (2007) çalışmalarında ise 3000 m simüle edilmiş yükseltide haftada 5 gün, 90 dakikalık ve toplam 3 hafta süren bir protokol uygulamışlardır. Araştırmaları sonucunda hematolojik parametrelerde değişim gözlemlememişlerdir. Robertson vd. (2010) çalışmalarında ise elit düzeydeki yüzücülerde 4x2 haftalık blok yüksekte yaşa (2600 m) alçakta antrenman yap (600 m) metodunu kullanmışlardır. Her blok antrenman sonunda yaklaşık %0,9'luk HGB artışı gözlemlemişlerdir. Ramos vd. (2011) araştırmalarında 8 haftalık süresi ve yükselti seviyesi giderek artan haftada 4 günlük aralıklı hipoksi protokolünü elit düzeydeki bisiklet sporcularına uygulamışlardır. (40 – 60 dk; 2400-4500 m) Süreç sonunda sadece hematokrit seviyesinde düşüşe rastlamışlardır. Robach vd., (2006) yaptıkları çalışmalarında 18 elit düzeydeki yüzücüyle çalışmışlardır. Uyguladıkları protokolda, yüzücüler 9 gün 2500 m ve 4 gün 3000 m'de günde 16 saat kalmışlardır. Sonuç olarak %7'lik RBC artışı gözlemlemişlerdir. Wehrin vd. (2006) çalışmasında ise yüksekte yaşa (2500 m) alçakta antrenman yap prensibiyle gerçekleştirdikleri 24 günlük protokol sonunda, elit düzeydeki dayanıklılık sporcularında RBC değerinde %5'lik bir artış bulmuşlardır. Heinicke vd. (2005) ise elit atletlerle 2050 metrede yaptıkları 3 haftalık araştırmalarında, %9'luk HGB artışı gözlemlemişlerdir. Wehrin ve Martin (2006) çalışmalarını 2450 metre yükseklikte 26 günlük süreci 2 milli atlet ile gerçekleştirmişlerdir ve 1 sporcuda %3,9 diğer sporcuda ise %7,6'lık RBC artışı bulmuşlardır.

Çalışmalar arasında yaşanan farklılıkların olası nedeni hipoksik dozun hiçbir çalışmada aynı protokolle uygulanmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Katayama vd. (2009) 1 saatlik aralıklı hipoksiye maruz kalmanın, 3 saatlik süreçle aynı sonuçları göstereceğini vurgulamışlardır. Julian vd. (2004) ve Hellemans (1999) ise 1 saatlik aynı protokolü uygulayarak hematolojik parametrelerde değişim gözlemlemişlerdir. Literatürde görülen hematolojik parametrelerde değişim olmamasının nedeni, denek grubu olarak elit sporcuların seçilmesi olabilir. İyi düzeyde

antrene edilmiş ve uzun antrenman geçmişine sahip sporcuların maruz kaldığı hipoksik dozun, hematolojik adaptasyon için yeterli gelmemiş olduğu düşünülmektedir (Rodriquez vd., 1999).

#### **5.1.4. Antropometrik değişimler**

Toplam 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci sonunda dansiyometri ve vücut kompozisyonu değişkenlerinde herhangi bir istatistiksel değişim bulunamamıştır ( $p<0,05$ ). A.H.G'unda uygulanan hipoksi protokolü sonrası yağsız kitle için %1,71, android yağsız kitle için %2,21 ve gynoid yağsız kitle için %0,40 oranında artış söz konusudur ( $p<0,05$ ). K.G için ise bu değerlerde istatistiksel olarak anlamlı artış gözlemlenmemiştir. RSMI değeri ise A.H.G için %1,56 artış göstermiştir. Bu değer K.G için ise değişmemiştir.

Literatürde son zamanlarda karşılaşılan bazı çalışmalarda, aralıklı hipoksiye maruz kalmanın oksijen kullanım yeteneğinin artmasıyla beraber, yağ yakımını arttırdığı, kardiyovasküler sağlık parametrelerini geliştirdiği ve kardiyometabolik risk faktörlerini azalttığı bildirilmektedir (Hobbins vd., 2017).

Chia vd. (2013) yaptıkları çalışmayı 2300 metrede 8 elit düzeydeki yüzücü ile 3 haftada gerçekleştirmişlerdir. Araştırma sonucunda yüzücülerin, toplam yağ kitlelerinin %11,4 oranında azaldığını ve yağsız toplam kitlelerinin %1,5 oranında arttığını bulmuşlardır. Güner vd., (2013) aralıklı hipoksinin kemik yoğunluğu üzerindeki etkilerini farelerde incelemişlerdir. Hipobarik oda da yaklaşık 4600 metre yükseltide 5/hafta 5gün/hafta 5saat/gün şeklinde uyguladıkları protokolle, kronik hipoksinin kemik yoğunluğu üzerinde pozitif etkileri olabileceğinden bahsetmişlerdir. Konuyla ilgili yapılan çoğu çalışma hayvan deneyleri ile ilgili de olsa, metabolik süreçler benzerlik göstermektedir (Argiles vd., 2015). Oksijen, yağların oksidasyonu sırasında elektron transfer sistemin son akseptörüdür. Yükseltide daha az oksijen olmasına rağmen, yağların oksidasyon seviyesi daha fazladır. Bu sonuç iskelet kaslarının daha fazla stres altında kalmasından kaynaklanmaktadır. Chia vd. (2013) çalışmalarında artan hemoglobinle beraber insülin aktivitesinin, iskelet kaslarına daha fazla enerji gönderdiğini söylemişlerdir. Hipoksi koşullarında artan enerji tüketim fazlalığı, yağ oranının azalmasına neden olmuş olabilir (Hamad vd Travis, 2006). Bu yorumlar A.H.G'nin yağ dokusunda azalmasını desteklemektedir.

## 5.2. Sonuç

Çalışmanın sonucunda, toplam 8 haftalık aralıklı hipoksiye maruz kalma protokolünün antropometrik, fizyolojik ve performans parametreleri açısından değişimleri incelenmiştir.

İncelenen parametrelerden dansitometri ve izokinetik diz yorgunluğu değerlerinde herhangi bir değişim gözlemlenmemiştir.

Maksimum oksijen tüketimi kapasitesi aralıklı hipoksiye maruz kalma süreci sonunda artış göstermiştir. Aerobik sistemin önemli kriterlerinden olan solunum fonksiyon değerlerinde de artış elde edilmiştir. Aralıklı hipoksiye maruz kalmanın, özellikle aerobik metabolizmayı ilgilendiren parametrelerde etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 8 haftalık süreç sonrasında, hemogram seviyelerinde ve metabolik faaliyetlerde artış gözlemlenmiştir. Özellikle gynoid ve android bölgelerdeki yağsız kitle artışı, aralıklı hipoksinin oksijen kullanım yeteneğiyle beraber, yağ yakımı faaliyetlerinde arttığını göstermiştir.

Literatür incelendiğinde aralıklı hipoksiye maruz kalma protokollerinin hemen hemen hepsinde farklı simüle edilmiş yükselteler ve farklı sürelerin uygulandığı görülmektedir. Çalışmada gerçekleşen protokolün özellikle elit düzeyde olmayan kişilerde uygulanmasının yararlı olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışma sonunda aşağıda yer alan sonuçlar elde edilmiştir.

- Gruplar arasında, dansitometri değerlerinde istatistiksel olarak fark bulunamamıştır.
- Gruplar arasında, yağsız kitle, android yağsız kitle ve gynoid yağsız kitle değerlerinde istatistiksel olarak fark bulunmuştur.
- Gruplar arasında, bacaklar yağsız kitle, gövde toplam kitle, gövde yağsız kitle ve toplam yağsız kitle değerlerinde istatistiksel olarak fark bulunmuştur.
- Gruplar arasında, RSMI değerinde istatistiksel olarak fark bulunmuştur.
- Gruplar arasında, RBC, HGB ve PLC-C değerlerinde istatistiksel olarak fark bulunmuştur.
- Gruplar arasında, MaxVo<sub>2</sub> değerinde istatistiksel olarak fark bulunmuştur.
- Gruplar arasında, izokinetik diz yorgunluk indeksinde istatistiksel olarak fark bulunamamıştır.
- Gruplar arasında, FVC, PEF, FEF%25, ve MVV değerlerinde istatistiksel olarak fark bulunmuştur.

- Gruplar arasında, zirve laktat, 1mmol laktat eşiği (watt) ve 4 mmol laktat eşiği (watt) değerlerinde istatistiksel olarak fark bulunmuştur.

### 5.3. Öneriler

- Aralıklı hipoksiye maruz kalma yöntemi farklı yükseltelerde denenebilir.
- Aralıklı hipoksiye maruz kalmanın farklı protokolleri uygulanabilir.
- Aralıklı hipoksiye maruz kalma sonrası detraining etkisi incelenebilir.
- Aralıklı hipoksi sürecine egzersiz eklenebilir.
- Simüle edilmiş yükselti odasında kombine egzersizler uygulanabilir.
- Simüle edilmiş egzersiz odasında, alçakta yaşı yükseltide egzersiz yap protokolü uygulanabilir.
- Araştırmada uygulanan aynı protokol farklı katılımcı gruplarıyla (elit düzey) denenebilir.
- Araştırma gruplarına placebo grubu eklenebilir.
- Gönüllü katılımcıların günlük beslenme aktiviteleri kontrol edilebilir.

## KAYNAKÇA

- Alhammoud, M., Morel, B., Girard, O., Racinais, S., Sevrez, V., Germain, A., Hautier, C. (2018). Hypoxia and fatigue impair rapid torque development of knee extensors in elite alpine skiers. *Frontiers in Physiology*, 25(9), 1-10.
- Alpar, R. (2010) *Spor Bilimlerinde Uygulamalı İstatistik*, Ankara, Nobel Yayın Dağıtım.
- Argilés, J.M., Soriano, J., Almendro, V., Busquets, S., Soriano, F.J. (2005). Cross talk between skeletal muscle and adipose tissue: a link with obesity?. *Medicinal Research Reviews*, 25(1), 49-65.
- Ashenden, M.J., Gore, C. J., Dobson, G. P., Boston, T.T., Parisotto, R., Emslie, K. R., & Hahn, A. G. (2000). Simulated moderate altitude elevates serum erythropoietin but does not increase reticulocyte production in well-trained runners. *European Journal of Applied Physiology*, 81(5), 428-435.
- Ashenden, M.J., Gore, C.J., Dobson, G.P. (1999) "Live high, train low" does not change the total haemoglobin mass of male endurance athletes sleeping at a simulated altitude of 3000 m for 23 nights. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 80(5), 479-484.
- Ashenden, M.J., Gore, C.J., Martin, D.T. (1999). Effects of a 12-day "live high, train low" camp on reticulocyte production and haemoglobin mass in elite female road cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 80(5), 472-478.
- Askew, E.W. (2002). Work at high altitude and oxidative stress: antioxidant nutrients. *Toxicology*, 180(2), 107-119.
- Bailey, S.J., Wilkerson, D., DiMenna, F.J., Jones, A.M., (2009). Influence of repeated sprint training on pulmonary O<sub>2</sub> uptake and muscle deoxygenation kinetics in humans. *Journal of Applied Physiology*, 106(6), 1875-1887.
- Bartsch, P., Dehnert, C., Friedmann-Bette, B., Tadibi, V. (2008). Intermittent hypoxia at rest for improvement of athletic performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 18(1), 50-56.
- Beall, C. M., Brittenham, G. M., Strohl, K. P., Blangero, J., Williams-Blangero, S., Goldstein, M. C., Alarcon, A. M. (1998). Hemoglobin concentration of

- high-altitude Tibetans and Bolivian Aymara. *American Journal of Physical Anthropology*, 106(3), 385-400.
- Beall, C. M., Decker, M. J., Brittenham, G. M., Kushner, I., Gebremedhin, A., Strohl, K.P. (2002). An Ethiopian pattern of human adaptation to high-altitude hypoxia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(26), 17215-17218.
- Beidleman, B.A., Muza, S. R., Fulco, C. S., Jones, J. E., Lammi, E., Staab, J. E., Cymerman, A. (2009). Intermittent hypoxic exposure does not improve endurance performance at altitude. *Medicine And Science In Sports And Exercise*, 41(6), 1317-1325.
- Berglund, B. (1992). High-altitude training. *Sports Medicine*, 14(5), 289-303.
- Biggs, N.C., England, B. S., Turcotte, N.J., Cook, M.R., Williams, A. L. (2017). Effects of Simulated altitude on maximal oxygen uptake and inspiratory fitness. *International Journal of Exercise Science*, 10(1), 127-136.
- Board, E. (2017). Passive And Active Intermittent Hypoxic Exposure Pre-acclimatization Does Not Alter Heart Rate Variability At Altitude. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(1), 247-248.
- Bonetti, D.L., Hopkins, W.G (2009). Sea-level exercise performance following adaptation to hypoxia: a meta-analysis. *The American Journal of Sports Medicine*, 39(2), 107–127.
- Boutellier, U., Baechel, R., Kudent, A., Piwko, R. (1992). The respiratory system as an exercise limiting factor in normal trained subjects. *European Journal of Applied Physiology*, 65(4), 347-353.
- Burnik, S., L. Travnik. (1998). Some antropmetric changes on extreme altitude *Višinska Bolezen. Šport*. 46(1), 27-31.
- Burtscher, M., Brandstätter, E., Gatterer, H. (2008). Preacclimatization in simulated altitudes. *Sleep and Breathing*, 12(2), 109-114
- Buskirk, E.R., Kollias, J., Akers, R. F., Prokop, E. K., Reategui, E.P. (1967). Maximal performance at altitude and on return from altitude in conditioned runners. *Journal of Applied Physiology*, 23(2), 259-266.
- Calbet, J. A., Lundby, C. (2009). Air to muscle O<sub>2</sub> delivery during exercise at altitude. *High Altitude Medicine & Biology*, 10(2), 123-134.

- Campo, D.J.R., Sánchez, F.M., García, P.E., Arias, J.A.R., Suárez, V.J.C., Albizu, S.M., & Díaz, J.J. (2011). Haematological changes produced by eight weeks of intermittent hypoxia exposure program in cyclist. *Archivos de Medicina del Deporte*, 28(145), 319-330.
- Carter, H., Jones, A.M., Barstow, T.J., Burnley, M., Williams, C., Doust, J.H., (2000). Effect of endurance training on oxygen uptake kinetics during treadmill running, *Journal of Applied Physiology*, 89(5), 1744–1752.
- Chapman, R.F. (2013). The individual response to training and competition at altitude. *British Journal of Sports and Medicine*, 47(1), 40-44.
- Chia, M., Liao, C.A., Huang, C.Y., Lee, W.C., Hou, C.W., Yu, S.H., Kuo, C.H. (2013). Reducing body fat with altitude hypoxia training in swimmers: role of blood perfusion to skeletal muscles. *The Chinese Journal of Physiology*, 56(1), 18-25.
- Christensen, P.M., Maltbæk, N., Jørgensen, I.M., Nielsen, K.G. (2000). Can flow-volume loops be used to diagnose exercise-induced laryngeal obstructions? A comparison study examining the accuracy and inter-rater agreement of flow-volume loops as a diagnostic tool. *Primary Care Respiratory Journal* 22(3), 306-311.
- Cohen, J.E, Small C. (1998). Hypsographic demography: The distribution of human population by altitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95(24), 14009-14014.
- Conkin, J., Wessel, J.H. (2008). Critique of the equivalent air altitude model. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 79(10), 975–982
- Deboeck, G., Moraine, J.J., Naeije, R. (2005). Respiratory muscle strength may explain hypoxia-induced decrease in vital capacity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(5), 754-758.
- Dufour, S. P., Ponsot, E., Zoll, J., Doutreleau, S., Lonsdorfer-Wolf, E., Geny, B., & Mettauer, B. (2006). Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. I. Improvement in aerobic performance capacity. *Journal of Applied Physiology*, 100(4), 1238-1248.
- Dunham, C., Harms, C.A. (2011). Effects of High-Intensity Interval training on pulmonary. *European Journal of Applied Physiology*, 112(8): 3061-3068,

- Edwards, J.S.A., Travis, S.P.L., Dinmore, A.L. (1998). Food and nutritional intake at high altitude. *Nutrition & Food Science* 1(1), 5–10.
- Ekblom, B., Berglund, B. (1991). Effect of erythropoietin administration on mammal aerobic power. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 1(2), 88-93.
- Faiss, R., Girard, O., Millet, G. P. (2013). Advancing hypoxic training in team sports: from intermittent hypoxic training to repeated sprint training in hypoxia. *British Journal of Sports Medicine*, 47(1), 45–50.
- Forte, V.A., Leith, D.E., Muza, S.R., Fulco, C.S., Cymerman, A. (1997). Ventilatory capacities at sea level and high altitude. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 68(6), 488-493.
- Frey, W.O., Zenhausem, R., Colmbani, P.C. (2000). Influence of intermittent exposure to normobaric hypoxia on hematological indexes and exercise performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 32(5), 65-68.
- Friedmann, B., Frese., F., Menold, E. (2005) Individual variation in the erythropoietic response to altitude training in elite junior swimmers. *British Journal of Sports Medicine*, 39(3), 148-153.
- Fulco, C.S., Lewis, S.F., Frykman, P.N., Boushel, R., Smith, S., Harman, E. A., Pandolf, K. B. (1996). Muscle fatigue and exhaustion during dynamic leg exercise in normoxia and hypobaric hypoxia. *Journal of Applied Physiology*, 81(5), 1891-1900.
- Ge, R. L., Witkowski, S., Zhang, Y., Alfrey, C., Sivieri, M., Karlsen, T., Levine, B. D. (2002). Determinants of erythropoietin release in response to short-term hypobaric hypoxia. *Journal of Applied Physiology*, 92(6), 2361-2367.
- Gore, C.J., Clark, S.A., Saunders, P.U. (2007). Nonhematological mechanisms of improved sealevel performance after hypoxic exposure. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(9), 1600-1609.
- Green, H.J., J.R. Sutton, A. Cymerman, P.M. Young, And C.S. Houston (1989). Operation Everest II: adaptations in human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 66(5), 2454 –2461,
- Guner, I., Uzun, D. D., Yaman, M. O., Genc, H., Gelisgen, R., Korkmaz, G. G., Simsek, G. (2013). The effect of chronic long-term intermittent hypobaric



- hypoxia on bone mineral density in rats: role of nitric oxide. *Biological Trace Element Research*, 154(2), 262-267.
- Hamad, N., Travis, S. P. (2006). Weight loss at high altitude: pathophysiology and practical implications. *European Journal of Gastroenterology & Hepatology*, 18(1), 5-10.
- Hamlin, M. J., Hellemans, J. (2007). Effect of intermittent normobaric hypoxic exposure at rest on haematological, physiological, and performance parameters in multi-sport athletes. *Journal of Sports Sciences*, 25(4), 431-441.
- Hamlin, M.J., Draper, N., Hellemans, J. (2013). *Current Issues in Sports and Exercise Medicine*. Christchurch, New Zealand: InTech.
- Heinicke K, Heinicke I, Schmidt W. (2005). A three-week traditional altitude training increases hemoglobin mass and red cell volume in elite biathlon athletes. *Journal of Sports Medicine*, 26(5), 350-355.
- Heinicke, K., Heinicke, I., Schmidt, W., Wolfarth, B. (2005). A three-week traditional altitude training increases hemoglobin mass and red cell volume in elite biathlon athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 26(5), 350-355.
- Hellemans J. (1999). Intermittent hypoxic training: a pilot study. *Proceedings of the Second Annual International Altitude Training Symposium*:145-154.
- Ho, J. Y., Kuo, T.Y., Liu, K.L., Dong, X. Y., Tung, K. (2014). Combining normobaric hypoxia with short-term resistance training has no additive beneficial effect on muscular performance and body composition. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(4), 935-941.
- Hobbins, L. G., Hunter, S., Gaoua, N., Girard, O. (2017). Normobaric hypoxic conditioning to maximise weight-loss and ameliorate cardio-metabolic health in obese populations: a systematic review. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 313(3), 251-264.
- http1, <http://hastane.deu.edu.tr/images/tibbi-birimler/merkez-lab/merkez-lab-ek4.pdf> (Erişim tarihi: 08.06.2018).
- http2, <http://altitudetraining.com/main/science/research/PracticalApproach> (Erişim Tarihi: 09.08.2018).

- Hug, F., Decherchi, P., Marqueste, T., Jammes, Y., (2004). EMG versus oxygen uptake during cycling exercise in trained and untrained subjects, *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 14(2), 187–195.
- Hughson, R., Weisiger, K., Swanson, G. (1981). Blood lactate concentration increases as a continuous function in progressive exercise. *Journal of Applied Physiology*, 62(5), 1975-1981.
- Ivamoto, R.K., Nakamoto, F.P., Vancini, R.L., Benedito-Silva, A. A., de Lira, C.A.B., dos Santos Andrade, M. (2014). The influence of acute hypoxic exposure on isokinetic muscle force production. *SpringerPlus*, 3(1), 1-5.
- Julian, C.G., Gore, C.J., Wilber, R L., Daniels, J.T., Fredericson, M., Stray-Gundersen, J., Levine, B.D. (2004). Intermittent normobaric hypoxia does not alter performance or erythropoietic markers in highly trained distance runners. *Journal of Applied Physiology*, 96(5), 1800-1807.
- Julian, C.G., Gore, C.J., Wilber, R.L., Daniels, J.T., Fredericson, M., Stray Gundersen, J.S., Hahn, A.G., Parisotto, R., Levine, B.D. (2004). Intermittent normobaric hypoxia does not alter performance or erythropoietic markers in highly trained distance runners. *Journal of Applied Physiology*, 96(5), 1800–1807.
- Katayama, K., Ishida, K., Iwasaki, K. I., Miyamura, M. (2009). Effect of two durations of short-term intermittent hypoxia on ventilatory chemosensitivity in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 105(5), 815-821.
- Katayama, K., Matsuo, H., Ishida, K., Mori, S., Miyamura, M. (2003). Intermittent hypoxia improves endurance performance and submaximal exercise efficiency. *High Altitude Medicine & Biology*, 4(3), 291–304.
- Katayama, K., Sato, K., Matsuo, H., Ishida, K., Iwasaki, K. I., Miyamura, M. (2004). Effect of intermittent hypoxia on oxygen uptake during submaximal exercise in endurance athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 92(2), 75-83.
- Katayama, K., Sato, Y., Morotome, Y., Shima, N., Ishida, K., Mori, S., Miyamura, M. (2001). Intermittent hypoxia increases ventilation and SaO<sub>2</sub> during hypoxic exercise and hypoxic chemosensitivity. *Journal of Applied Physiology*, 90(4), 1431-1440.

- Kechijan, D. (2011). Optimizing Nutrition for performance at altitude: a literature review. *Journal of Special Operations Medicine*, 11(1), 12-17.
- Kelly, L. P., Basset, F. A. (2017). Acute normobaric hypoxia increases post-exercise lipid oxidation in healthy males. *Frontiers in Physiology*, 17(8), 1-10.
- Klausen, T., Mohr, T., Ghisler, U., Nielsen, O. J. (1991). Maximal oxygen uptake and erythropoietic responses after training at moderate altitude. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 62(5), 376-379.
- Küpper, T., Schoeffl, V. (2012). pre-acclimatization for high altitude sojourns in hypoxic chambers. *Medicine and Sport Science* 16(2), 81-86.
- Levine, B.D, Stray-Gundersen J. Point (2005), Positive effects of intermittent hypoxia (live high:train low) on exercise performance are mediated primarily by augmented red cell volume. *Journal of Applied Physiology*, 99(5), 2053-2055.
- Levine, B.D., Friedmann, B., Stray-Gundersen, J. (1996). Confirmation of the “high-low” hypothesis: living at altitude-training near sea level improves sea level performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28(5), 124-132.
- Levine, B.D., ve Stray-Gundersen, J. (2006). *Dose-response of altitude training: how much altitude is enough?*. In *Hypoxia and Exercise* Springer, Boston, MA. 233-247
- Litch, J. A. (2002). High altitude: an exploration of human adaptation. *Wilderness & Environmental Medicine*, 13(3), 230-237.
- Lundby, C., Nielsen, T.K., Damsgaard, R. (2005). The influence of intermittent altitude exposure to 4100 m on exercise capacity and blood variables. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 15(3), 182–187.
- Maher, M.T., Figueora, M.A (2016). The Effects of Simulated Altitude Training on Aerobic Capacity and Function. *International Journal of Applied Science and Technology*, 6(2), 11-16.
- Milic-Emili, J., H. Gautier, B. Kayser. (2001). *Mechanism of breathing*. In: *High Altitude: An Exploration of Human Adaptation*, New York: Marcel Dekker, 175–198.

- Millet, G. P., Brocherie, F., Faiss, R., and Girard, O. (2013). Hypoxic training and team sports: a challenge to traditional methods? *British Journal of Sport and Medicine*, 47(6), 1-2.
- Millet, G. P., Debevec, T., Brocherie, F., Malatesta, D., and Girard, O. (2016). Therapeutic use of exercising in hypoxia: promises and limitations. *Frontiers in Physiology*. 7(1), 1-4.
- Millet, G.P., Faiss, R., Pialoux, v. (2012). Point: hypobaric hypoxia induces different physiological responses from normobaric hypoxia. *Journal of Applied Physiology*, 112(10), 1783–1784.
- Morgan, D.W., Kohrt, W.M., Bates, B.J., Skinner, J. S. (1987). Effects of respiratory muscle endurance training on ventilatory and endurance performance of moderately trained cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 8(2), 88-93.
- Morton, J.P., Cable, N.T. (2005). The effects of intermittent hypoxic training on aerobic and anaerobic performance. *Ergonomics*, 48(11-14), 1535-1546.
- Murias, J.M., Kowalchuk, J.M., Paterson, D.H., (2011).Speeding of VO<sub>2</sub> Kinetics to endurance training in older and young women, *European Journal of Applied Physiology*., 111(2), 235–243.
- Muza, S. R. (2007). Military applications of hypoxic training for high-altitude operations. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(9):1625-31.
- Muza, S.R., Beidleman, B.A., Fulco, C.S. (2010). Altitude preexposure recommendations for inducing acclimatization. *High Altitude Medicine & Biology*, 11(2), 87-92.
- Nagashima, K., Mack, G.W., Haskell, A., Nishiyasu, T., Nadel. (1999). Mechanism for the posture-specific plasma volume increase after a single intense exercise protocol, *Journal of Applied Physiology*. 86(3): 867–873.
- Navarrete-Opazo, A., Mitchell, G.S. (2014). Therapeutic potential of intermittent hypoxia: a matter of dose. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 307(10), 1181-1197.
- Newell, J., Higgins, D., Madden, N., Cruickshank, J., Einbeck, J., McMillan, K., McDonald, R. (2007). Software for calculating blood lactate endurance markers. *Journal of Sports Sciences*, 25(12), 1403-1409.

- Oueslati, F., Boone, J., Ahmaidi, S. (2016). Respiratory muscle endurance, oxygen saturation index in vastus lateralis and performance during heavy exercise. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 15(1), 41-47.
- Özdamar, K. (1999). *SPSS ile Biyoistatistik*, Eskişehir, Kaan Kitapevi.
- Paula, P., Niebauer, J (2012). Effects of high altitude training on exercise capacity: fact or myth. *Sleep Breath* 16(1), 233–239.
- Pincivero, D.M., Lephart, S. M., Karunakara, R.A. (1997). Reliability and precision of isokinetic strength and muscular endurance for the quadriceps and hamstrings. *International Journal of Sports Medicine*, 18(2), 113-117.
- Ponsot, E., Dufour, S. P., Zoll, J., Doutrelau, S., N'Guessan, B., Geny, B., Richard, R. (2006). Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. II. Improvement of mitochondrial properties in skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 100(4), 1249-1257.
- Poos, M, I., Costello, R., Sydne, J., Newberry, C (1999). Committee on military nutrition research. *Committee on Military Nutrition Research: Activity Report 1994-1999*.
- Powell, F. L. (2006). *Hypoxia and Exercise*, Boston, MA:Springer.
- Pramsohler, S., Burtscher, M., Faulhaber, M., Gatterer, H., Rausch, L., Eliasson, A., Netzer, N.C. (2017). Endurance training in normobaric hypoxia imposes less physical stress for geriatric rehabilitation. *Frontiers in Physiology*, 20(8), 1-7.
- Rahn, H., Hammond, D. (1952). Vital capacity at reduced barometric pressure. *Journal of Applied Physiology*, 4(9), 715-724.
- Ramos-Campo, D. J., Scott, B. R., Alcaraz, P. E., and Rubio-Arias, J. A. (2018). The efficacy of resistance training in hypoxia to enhance strength and muscle growth: a systematic review and meta analysis. *European Journal of Sport Sciences*, 18(1), 92–103.
- Ricart, A., Casas, H., Casas, M., Pagés, T., Palacios, L., Rama, R., Ventura, J. L. (2000). Acclimatization near home? Early respiratory changes after short-term intermittent exposure to simulated altitude. *Wilderness & Environmental Medicine*, 11(2), 84-88.
- Richalet, J. P., Bittel, J., Herry, J. P., Savourey, G., Le Trong, J. L., Auvert, J. F., Janin, C. (1992). Use of a hypobaric chamber for pre-acclimatization before

- climbing Mount Everest. *International Journal of Sports Medicine*, 13(1), 216-S220.
- Richalet, J.P (2010). Operation Everest 3. *High Altitude Medicine & Biology*, 11(2), 121-132.
- Robach, P., Schmitt, L., Brugniaux, J.V., Roels, B., Millet, G., Hellard, P., Nicolet, G., Duvallet, A., Fouillot, J.P, Moutereau, S., Lasne, F., Pialoux, V., Olsen, N.V., and Richalet, J.P. (2006). Living high-training low: Effect on erythropoiesis and aerobic performance in highly-trained swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, 97(1), 695-705
- Robertson, E.Y., Aughey, R. J., Anson, J.M., Hopkins, W. G., Pyne, D. B. (2010). Effects of simulated and real altitude exposure in elite swimmers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(2), 487-493.
- Rodríguez, F. A., Truijens, M. J., Townsend, N. E., Stray-Gundersen, J., Gore, C. J., Levine, B. D. (2007). Performance of runners and swimmers after four weeks of intermittent hypobaric hypoxic exposure plus sea level training. *Journal of Applied Physiology*, 103(5), 1523-1535.
- Rodriguez, F.A., Casas, H., Casas, M. I. R. E. A., PagÉs, T., Rama, R., Ricart, A., Viscor, G. (1999). Intermittent hypobaric hypoxia stimulates erythropoiesis and improves aerobic capacity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(2), 264-268.
- Roels, B., Bentley, D. J., Coste, O., Mercier, J., Millet, G. P. (2007). Effects of intermittent hypoxic training on cycling performance in well-trained athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 101(3), 359-368.
- Rusko, H., Tikkanen, H., Peltonen, J. (2004). Altitude and endurance training. *Journal of Sports Sciences*, 22(10), 928-945.
- Saltin, B., Kim, C.K., Terrados, N., (1995). Morphology, enzyme activities and buffer capacity in leg muscles of Kenyan and Scandinavian runners. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 5(4), 222-230.
- Sánchez-García, S., García-Peña, C., Duque-López, M.X., Juárez-Cedillo, T., Cortés-Núñez, A.R., Reyes-Beaman, S. (2007). Anthropometric measures and nutritional status in a healthy elderly population. *BMC public health*, 7(2), 1-9.

- Santos, R.V.T., Almeida, A.L.R., Caperuto, E.C., Martins Jr,E., Rosa, L. C. (2006). Effects of a 30-km race upon salivary lactate correlation with blood lactate. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 145(1), 114-117.
- Sasaki, R., Masuda, S., Nagao, M. (2000). Erythropoietin multiple physiological functions and regulation of biosynthesis. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 64(9), 1775-1793.
- Saugy, J. J., Schmitt, L., Cejuela, R., Faiss, R., Hauser, A., Wehrlin, J. P. Millet, G. P.(2014). Comparison of ‘live high-train low‘ in normobaric versus hypobaric hypoxia. *PLoS One*, 9(12), 1-21.
- Saunders, P., Telford, R., Pyne, D. (2004). Improved running economy in elite runners after 20 days of simulated moderate-altitude exposure. *Journal of Applied Physiology*, 96(3), 931-937.
- Sawka, M.N., Convertino, V.A., Eichner, E.R., Schneider, S.M., Young, A.J. (2000). A Blood Volume: Importance and Adaptations to Exercise Training, Environmental Stresses, and Trauma/Sickness, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(29), 332–348.
- Schuler, B., Lundby, C., Gassmann, M. (2005). HIF-1 and the adaptation of man to high altitude. *Schweizerische Zeitschrift Fur Sportmedizin Und Sporttraumatologie*, 53(2), 82-87.
- Scott, B.R., Slattery K.M., Dascombe B.J. (2015) Intermittent hypoxic resistance training: is metabolic stress the key moderator? *Medical Hypotheses*, 84(2), 145–149.
- Semenza, G.L. (2004). O<sub>2</sub>-regulated gene expression: transcriptional control of cardiorespiratory physiology by HIF-1. *Journal of Applied Physiology*, 96(3), 1173-1177.
- Seo, M.W., Jung, H.C., Song, J.K., Kim, H.B. (2015). Effect of 8 weeks of pre-season training on body composition, physical fitness, anaerobic capacity, and isokinetic muscle strength in male and female collegiate taekwondo athletes. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 11(2), 101-107.
- Serebrovskaya, T. V. (2002). Intermittent hypoxia research in the former Soviet Union and the Commonwealth of Independent States: history and review of

- the concept and selected applications. *High Altitude Medicine & Biology*, 3(2), 205-221.
- Shepherd, J.A., Bennett, Ng., Sommer, M.J., Heymsfield, S.B. (2017). Body composition by DXA. *Bone*, 104(1), 101-105.
- Simsek, D. (2016). Does EMG activation differ among fatigue-resistant leg muscles during dynamic whole-body vibration?. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*, 38(1), 149-165.
- Sinex, J.A., Chapman, R.F. (2015). Hypoxic training methods for improving endurance exercise performance. *Journal of Sport and Health Science*, 4(4), 325-332.
- Smith, M.M., Sommer, A.J, Starkoff, B.E., Devor, S.T. (2013). Crossfit-based high intensity power training improves maximal aerobic fitness and body composition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(11): 3159-3172.
- Stacie, L., Gaia, W (2014). Nutritional strategies for the preservation of fat free mass at high altitude. *Nutrients* 6(2), 665-681.
- Stanula, A., Gabrys, T., Szmatlan-Gabrys, U., Roczniok, R., Maszczyk, A., Pietraszewski, P. (2013). Calculating lactate anaerobic thresholds in sports involving different endurance preparation. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 11(1), 12-18.
- Stray-Gundersen, J., Chapman, R. F., Levine, B. D. (2001). “Living high-training low” altitude training improves sea level performance in male and female elite runners. *Journal of Applied Physiology*, 91(3), 1113-1120
- Svedahl, K., MacIntosh, B. (2003). Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28(2), 299-323.
- Swinnen, W., Kipp, S., Kram, R. (2018). Comparison of running and cycling economy in runners, cyclists, and triathletes. *European Journal of Applied Physiology*, 118(7), 1331-1338.
- Tadibi, V., Dehnert, C., Menold, E., Bärtsch, P. (2007). Unchanged anaerobic and aerobic performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(5), 858–864.
- Twomey, R., Aboodarda, S.J., Kruger, R., Culos-Reed, S. N., Temesi, J., Millet, G. Y. (2017). Neuromuscular fatigue during exercise: methodological



- considerations, etiology and potential role in chronic fatigue. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 47(2), 95-110.
- Vizek, M. (1995). The carotid bodies--mechanisms of hypoxia detection. *Ceskoslovenska Fysiologie*, 44(2), 77-80.
- Vogt, M., Hoppeler, H. (2010). Is hypoxia training good for muscles and exercise performance?. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 52(6), 525-533.
- Wagner, P.D., Sutton, J.R., Reeves, J.T., Cymerman, A., Groves, B. M., Malconian, M. K. (1987). Operation Everest II: pulmonary gas exchange during a simulated ascent of Mt. Everest. *Journal of Applied Physiology*, 63(6), 2348-2359.
- Wehrlin, J.P., Marti, B. (2006). Live high-train low associated with increased haemoglobin mass as preparation for the 2003 World Championships in two native European world class runners. *British Journal of Sports Medicine*, 40(2), 1-3.
- Wehrlin, J.P, Zuest, P., Hallen, J, and Marti, B. (2006). Live high-train low for 24 days increases hemoglobin mass and red cell volume in elite endurance athletes. *Journal of Applied Physiology*, 100(6), 1938–1945.
- Wilber, R.L. (2001). Current trends in altitude training. *Sports Medicine*, 31(4), 249-265.
- Wolski, L.A., McKenzie, D.C., Wenger, H.A. (1996). Altitude training for improvements in sea level performance. *Sports Medicine*, 22(4), 251-263.
- Wood, M.R, Dowson, M.N., Hopkins, W.G. (2006). Running performance after adaptation to acutely intermittent hypoxia. *European Journal of Sport Science*, 6(3), 163–172.
- World Health Organization. (2010). WHO guidelines on drawing blood: best practices in phlebotomy.
- Wrynn, A.M. (2006). A debt was paid off in tears': science, IOC politics and the debate about high altitude in the 1968 mexico city olympics. *The International Journal of the History of Sport*. 23(7), 1152 – 1172.
- Young, A., Wright, J., Knapik, J., Cymerman, A. (1980). Skeletal muscle strength during exposure to hypobaric hypoxia. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12(5), 330-335.

Zhu, H., Bunn, H.F. (1999). Oxygen sensing and signaling; impact on the regulation of physiologically important genes. *Respiration Physiology*.115(2), 239-247.

## EKLER

### Ek-1. Etik Kurul Belgesi

  
**ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ**  
**KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU BAŞKANLIĞI**

**Prof. Dr. Nihal DOĞAN**  
(Başkan)  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Tıp Fakültesi  
Mikrobiyoloji Anabilim Dalı

**Doç. Dr. Ertuğrul ÇOLAK**  
(Başkan Yardımcısı)  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Tıp Fakültesi  
Biyoistatistik Anabilim Dalı

**Öğr. Gör. Dr. Nilüfer DEMİRİSOY**  
(Raportör)  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Tıp Fakültesi  
Tıp Tarihi ve Etik Anabilim Dalı

**Prof. Dr. Hamdi ÇAKLI**  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Tıp Fakültesi  
Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı

**Prof. Dr. Fezan ŞAHİN MUTLU**  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Tıp Fakültesi  
Biyoistatistik Anabilim Dalı

**Doç. Dr. Coşkun YARAR**  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve  
Hastalıkları Anabilim Dalı

**Doç. Dr. Nurdan ACAR**  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Tıp Fakültesi  
Acil Tıp Anabilim Dalı

**Doç. Dr. Orhan Tansel KORKMAZ**  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Tıp Fakültesi  
Fizyoloji Anabilim Dalı

**Öğr. Gör. Dr. Semra YIGİTASLAN**  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Tıp Fakültesi  
Farmakoloji Anabilim Dalı

**Dr. Ecz. Gökçen YAZ GÜZEY**  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Tıp Fakültesi  
Sağlık, Uyg. ve Arş. Hst. Eczanesi

**Doç. Dr. Emre MUMCU**  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Diş Hekimliği Fakültesi

**Yrd. Doç. Dr. Nazmiye ÖZENBAS BOYDAĞ**  
Anadolu Üniversitesi  
Hukuk Fakültesi

**Ahmet AKÇAY**  
Fizik Mühendisi

**Ayşe FERT DÖKMECİ**  
Avukat

**Etik Kurul Sekreterliği**  
Ayşın SERİTAŞ  
Gülşadan DEMİRKAYA  
Tel: 0 222 239 29 79 / 4690

Sayı: 80558721/ **24**  
Konu: Karar

23 Şubat 2016

**Sayın, Prof. Dr. İlker YILMAZ**  
**Anadolu Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi**

Tarafınızdan yürütülmekte olan **“Aralıklı Hipoksik Antrenmanın Fizyolojik ve Performans Değişkenleri Üzerine Kronik Etkileri”** başlıklı proje hakkında alınan karar ilişikte gönderilmiştir.

Bilgilerinizi ve gereğini saygı ile rica ederim.

**Prof. Dr. Nihal DOĞAN**  
Etik Kurul Başkanı  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Klinik Araştırmalar Etik Kurulu



## Ek-2. Etik Kurul Onay Belgesi

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p style="text-align: center;"><b>ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ</b><br/><b>KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU BAŞKANLIĞI</b><br/><b>KARAR FORMU</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p><b>Karar Tarihi:</b> 08 Şubat 2016</p> <p><b>Karar Sayısı:</b> 03</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>Anadolu Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Prof. Dr. İlker YILMAZ (Tez Danışmanı) ve Doktora Öğrencisi İzzet KIRKAYA (Tez Sahibi) tarafından yürütülen <i>“Aralıklı Hipoksik Antrenmanın Fizyolojik ve Performans Değişkenleri Üzerine Kronik Etkileri”</i> başlıklı çalışmanın görüş ve öneriler doğrultusunda yapılmasının uygun olduğuna oy birliğiyle karar verilmiştir. Çalışmanızda başarılar dileriz.</p> |

ASLI GİBİDİR



### Ek-3. Tez Başlığı Değişikliği Etik Kurul Onayı



**ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ**  
**KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU BAŞKANLIĞI**

**Prof. Dr. Nihal DOĞAN**  
(Başkan)  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Tıp Fakültesi  
Mikrobiyoloji Anabilim Dalı

**Doç. Dr. Ertuğrul ÇOLAK**  
(Başkan Yardımcısı)  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Tıp Fakültesi  
Biyostatistik Anabilim Dalı

**Yrd.Doç.Dr.Nilüfer DEMİRİSOY**  
(Raportör)  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Tıp Fakültesi  
Tıp Tarihi ve Etik Anabilim Dalı

**Prof. Dr. Hamdi ÇAKLI**  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Tıp Fakültesi  
Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı

**Prof. Dr.Fezan ŞAHİN MUTLU**  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Tıp Fakültesi  
Biyostatistik Anabilim Dalı

**Doç. Dr. Coşkun YARAR**  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve  
Hastalıkları Anabilim Dalı

**Doç. Dr. Nurdan ACAR**  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Tıp Fakültesi  
Acil Tıp Anabilim Dalı

**Doç.Dr.Orhan Tansel KORKMAZ**  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Tıp Fakültesi  
Fizyoloji Anabilim Dalı

**Yrd.Doç. Dr. Semra YİĞİTASLAN**  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Tıp Fakültesi  
Farmakoloji Anabilim Dalı

**Dr. Ecz. Gökçen YAZ GÜZEY**  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Tıp Fakültesi  
Sağlık, Uyg. ve Arş Hst. Eczanesi

**Doç.Dr. Emre MUMCU**  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Diş Hekimliği Fakültesi

**Yrd.Doç.Dr. Nazmiye ÖZENBAŞ BOYDAĞ**  
Anadolu Üniversitesi  
Hukuk Fakültesi

**Ahmet AKÇAY**  
Fizik Mühendisi

**Ayşe FERT DÖKMECİ**  
Avukat

**Etik Kurul Sekreterliği**  
**Aysun SERTTAŞ**  
**Makbule SARICIÇEK**  
Tel: 0 222 239 29 79 / 4690

Sayı: 80558721/ **65**  
Konu: Karar

**Sayın; Prof.Dr.İlker YILMAZ**  
**Anadolu Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi**

Etik Kurulumuz tarafından 30 Kasım 2015 tarih ve 04 sayılı karar ile olumlu bulunan “*Aralıklı Hipoksik Antrenmanın Fizyolojik ve Performans Değişkenleri Üzerine Kronik Etkileri*” başlıklı çalışmanızın başlığının “*Aralıklı Hipoksiye Maruz Kalmanın Fizyolojik ve Performans Değişkenleri Üzerine Kronik Etkileri*” olarak değiştirildiğine dair yazınız uygun bulunmuş ve kayıtlarımıza alınmıştır.

Bilgilerinizi ve gereğini saygı ile rica ederim.

**Prof.Dr.Nihal DOĞAN**  
Etik Kurul Başkanı  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Klinik Araştırmalar Etik Kurulu





## Ek-4. Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu

T.C.  
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ  
SPOR BİLİMLERİ FAKÜLTESİ  
BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ ONAM FORMU

---

### **CALISMANIN ADI: ARALIKLI HİPOKSİYE MARUZ KALMANIN FİZYOLOJİK VE PERFORMANS DEĞİŞKENLERİ ÜZERİNE KRONİK ETKİLERİ**

---

*Bir araştırma çalışmasına katılmanız istenmektedir. Çalışmaya katılıp katılmama kararı tamamen size aittir. Katılmak isteyip istemediğinize karar vermeden önce araştırmanın neden yapıldığını bilgilerinizin nasıl kullanılacağına çalışmanın neleri içerdiğini ve olası yararlarını, risklerini ve rahatsızlık verebilecek konuları anlamanız önemlidir. Lütfen aşağıdaki bilgileri dikkatlice okumak için zaman ayırınız. Eğer çalışmaya katılmaya karar verirsiniz imzalamanız için size bu Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu verilecektir. Çalışmadan herhangi bir zamanda ayrılmakta özgürsünüz.*

#### **CALISMANIN KONUSU VE AMACI :**

Araştırmamız toplam 8 haftalık süreçte, aralıklı hipoksiye maruz kalmanın olası fizyolojik etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır.

#### **CALISMA İŞLEMLERİ:**

Çalışmaya katılmayı kabul ettiğiniz takdirde; ön-son testler olarak: çift x ışını absorpsiyonu (DXA), izokinetik diz yorgunluğu, şiddeti giderek artan bisiklet protokolü, hemogram ve laktat testleri uygulanacaktır. Bütün kan alma işlemleri fakültemiz bünyesinde bulunan hemşire tarafından gerçekleştirilecektir.

#### **CALISMAYA KATILMAMIN OLASI YARARLARI NELERDİR?**

Yapılan çalışmaya katılarak aralıklı hipoksinin vücutta oluşturduğu kronik etkileri antrenman bilgisinin ilk ilkesi olan bireysellik ilkesine bağlı olarak öğrenmiş olacaksınız.

#### **CALISMAYA KATILMAMIN OLASI RİSKLERİ NELERDİR?**

- Bütün denemeler %100 eforla gerçekleşeceği için, yeterli olmayan ısınmalarda gecikmiş kas ağrısı sendromu (DOMS) oluşabilir.
- Maksimal efor hafif mide bulantısı ve baş dönmesi yaratabilir.
- Aralıklı Hipoksi odası yeterli alanı sunsa da kloströfobik etki yapabilir.

#### **KİŞİSEL BİLGİLERİM NASIL KULLANILACAK?**

“Bu formu imzalayarak araştırmaya katılım için onay vermiş olacaksınız. Bununla birlikte kimlik bilgileriniz çalışmanın herhangi bir aşamasında açıkça kullanılmayacaktır. Doldurduğunuz anketlere verdiğiniz cevaplar ve araştırma süresince görsel/işitsel cihaz kullanılarak edinilen her türlü bilgi yalnızca bilimsel amaçlar için kullanılacaktır. Bilgileriniz hiçbir kimse ile ya da ticari bir amaç için paylaşılmayacaktır”

**SORU VE PROBLEMLER İÇİN BASVURULACAK KİŞİLER :**

Prof. Dr. İlker YILMAZ – Anadolu Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi +90 (222) 335 0580 / 6782

İzzet KIRKAYA – Anadolu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalı- 0555 491 21 61

**Çalışmaya Katılma Onayı**

“Bu bilgilendirilmiş olur belgesini okudum ve anladım. Bu araştırmaya katılmayı kabul ediyorum ve bu onay belgesini kendi hür irademle imzalıyorum. Bu onay, ilgili hiçbir kanun ve yönetmeliği geçersiz kılmaz. Araştırmacı saklamam için bu belgenin bir kopyasını çalışma sırasında dikkat edeceğim noktaları da içerecek şekilde bana teslim etmiştir.” ibareleri yer almalıdır.

|                     |  |                |
|---------------------|--|----------------|
| Gönüllü Adı Soyadı: |  | Tarih ve İmza: |
| Adres ve Telefon:   |  |                |

|                            |  |                |
|----------------------------|--|----------------|
| Veli / Vasinin Adı Soyadı: |  | Tarih ve İmza: |
| Adres ve Telefon:          |  |                |

|                                |  |                |
|--------------------------------|--|----------------|
| Tanık <sup>1</sup> Adı Soyadı: |  | Tarih ve İmza: |
| Adres ve Telefon:              |  |                |

|                                      |  |                |
|--------------------------------------|--|----------------|
| Araştırmacı <sup>2</sup> Adı Soyadı: |  | Tarih ve İmza: |
| Adres ve Telefon:                    |  |                |

1: Gönüllünün bilgilendirilme işlemine bağından sonuna dek tanıklık eden kişi

2: Gönüllüyü araştırma hakkında bilgilendiren kişi