



TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI

**GENÇ SEDANTER BİREYLERDE TİP 1 LİF  
ORANI YÜKSEK KASLARA YÖNELİK  
YAPILAN İLERLEYİCİ DİRENÇLİ  
EGZERSİZİN AEROBİK KAPASİTEYE  
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

ELİF ŞAHİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Prof. Dr. Ahmet AYAR

TRABZON-2016





TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI

**GENÇ SEDANTER BİREYLERDE TİP 1 LİF  
ORANI YÜKSEK KASLARA YÖNELİK  
YAPILAN İLERLEYİCİ DİRENÇLİ  
EGZERSİZİN AEROBİK KAPASİTEYE  
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

ELİF ŞAHİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Prof. Dr. Ahmet AYAR

TRABZON-2016

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının hazırlanması aşamasında bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan tez danışmanım Prof. Dr. Ahmet AYAR'a, TYL-2016-5372 numaralı proje kapsamında çalışmayı destekleyen KTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Destek Birimi'ne, tez çalışmalarım boyunca her türlü kahrımı çeken aileme, bilhassa annem Havva ŞAHİN ve babam Hasan ŞAHİN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Elif ŞAHİN



## **BEYAN**

Bu tez çalışmasının KTÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzu standartlarına uygun olarak yazıldığını, tezin akademik ve etik kurallara bağlı kalınarak gerçekleştirilmiş özgün bir bilimsel araştırma eseri olduğunu tezde yer alan ve bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen tüm bilgi ve yorumlara kaynak gösterildiğimi ve kaynakların kaynaklar listesinde yer aldığını, tezin çalışılması ve yazımı aşamalarında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim

Elif ŞAHİN

11.05.2016

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                                             |            |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------|
| İç Kapak Sayfası                                                            |            |
| <b>KABUL VE ONAY</b>                                                        |            |
| <b>BEYAN</b>                                                                |            |
| <b>TEŞEKKÜR</b>                                                             |            |
| <b>İÇİNDEKİLER</b>                                                          | <b>vi</b>  |
| <b>TABLolar DİZİNİ</b>                                                      | <b>ix</b>  |
| <b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b>                                                      | <b>x</b>   |
| <b>SİMGE, KISALTMA ve FORMÜLLER DİZİNİ</b>                                  | <b>xii</b> |
| <b>1. ÖZET</b>                                                              | <b>1</b>   |
| <b>2. SUMMARY</b>                                                           | <b>2</b>   |
| <b>3. GİRİŞ ve AMAÇ</b>                                                     | <b>3</b>   |
| <b>4. GENEL BİLGİLER</b>                                                    | <b>6</b>   |
| 4.1. Egzersiz Sırasında Kardiyopulmoner Sistemde Oluşan Akut Değişiklikler  | 6          |
| 4.1.1. Kalp Hızı                                                            | 7          |
| 4.1.2. Kalp Debisi                                                          | 7          |
| 4.1.3. Kan Basıncı                                                          | 10         |
| 4.1.4. Kan Akımı                                                            | 10         |
| 4.1.5. Respiratuar Sistem                                                   | 10         |
| 4.1.5.1. Oksijen alımı (VO <sub>2</sub> )                                   | 12         |
| 4.2. Aerobik Kapasite                                                       | 15         |
| 4.2.1. Aerobik Kapasite, Tanımı ve Önemi                                    | 15         |
| 4.2.2. MET Kavramı                                                          | 17         |
| 4.2.3. Anaerobik Eşik Kavramı                                               | 18         |
| 4.2.3.1. Laktik Asit                                                        | 19         |
| 4.2.3.2. Anaerobik Eşiğin Belirlenmesi                                      | 21         |
| 4.2.4. Egzersiz Testleri                                                    | 25         |
| 4.2.4.1. Labaratuar Egzersiz Testleri                                       | 27         |
| 4.2.4.2. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi ve Bisiklet Ergometrisi             | 28         |
| 4.3. Kasların Yapısı, Kas Kuvvetini Etkileyen Faktörler ve Kas Lifi Tipleri | 31         |

|                                                                              |           |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.3.1. Kasların Yapısı                                                       | 31        |
| 4.3.2. Motor Ünite ve Kas Lifi Tipleri                                       | 32        |
| 4.3.2.1. Vücuttaki Değişik Kasların Lif Tipi Dağılımı                        | 34        |
| 4.3.3. Kas Kuvveti, Kas Gücü Kavramları ve Kas Kuvvetini Etkileyen Faktörler | 35        |
| 4.3.4. Kas Dayanıklılığı ve Kas Yorgunluğu                                   | 36        |
| 4.4. Egzersiz Kavramı, Tipleri, Etkileri                                     | 37        |
| 4.4.1. Egzersiz ve Antreman Kavramları, Başlıca Egzersiz Tipleri             | 37        |
| 4.4.2. Endurans (Dayanıklılık) Egzersizleri                                  | 38        |
| 4.4.3. Dirençli Egzersiz Kavramı ve Dirençli Egzersiz Değişkenleri           | 39        |
| 4.4.4. Dirençli Egzersize Akut Cevaplar                                      | 41        |
| 4.4.4.1. Dirençli Egzersiz Sırasında Oluşan Metabolik ve Hormonal Cevaplar   | 41        |
| 4.4.4.2. Dirençli Egzersiz Sırasında Açığa Çıkan Kardiyovasküler Cevaplar    | 42        |
| 4.4.4.3. Dirençli Egzersize Ventilatuvar Cevaplar                            | 42        |
| 4.4.5. Dirençli Egzersizin Kronik Etkileri                                   | 43        |
| 4.4.5.1. Nöro-Muskular Değişiklikler                                         | 44        |
| 4.4.5.2. Dirençli Egzersiz Sonrası Kardiyovasküler Değişiklikler             | 44        |
| 4.4.5.3. Dirençli Egzersiz Sonrası Görülen Pulmoner Değişiklikler            | 45        |
| 4.4.5.4. Dirençli Egzersiz Sonrası Maksimal Oksijen alımı                    | 45        |
| 4.4.5.5. Dirençli Egzersizin Dayanıklılığa Etkisi                            | 46        |
| 4.4.6. İlerleyici Dirençli Egzersiz                                          | 46        |
| 4.4.6.1. İlerleyici Dirençli Egzersiz Kavramı                                | 46        |
| 4.4.6.2. İlerleyici Dirençli Egzersizin Faydaları                            | 48        |
| <b>5. GEREÇ ve YÖNTEM</b>                                                    | <b>49</b> |
| 5.1. Etik Kurul Onayı                                                        | 49        |
| 5.2. Çalışmaya Katılan Kişilerin Seçimi                                      | 49        |
| 5.3. Bilgilendirilmiş Olur Formu                                             | 49        |
| 5.4. Egzersiz Testi Uygunluk ve Onam Formu                                   | 50        |
| 5.5. Çalışma Dizaynı                                                         | 50        |
| 5.6. Ölçümler                                                                | 50        |
| 5.6.1. Somatotip Ölçümler                                                    | 50        |
| 5.6.1.1. Çevre Ölçümü                                                        | 50        |
| 5.6.1.2. Vücut Kitle İndeksi (VKİ) ve Yağsız Vücut Ağırlığı Ölçümü           | 50        |

|                                                                                               |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.6.2. Spirometre Testi                                                                       | 51         |
| 5.6.3. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi                                                         | 52         |
| 5.6.4. 10 maksimum Tekrarın Belirlenmesi                                                      | 53         |
| 5.6.5. Müdahale                                                                               | 53         |
| 5.6.5.1. Dirençli Egzersiz                                                                    | 53         |
| 5.6.5.2. Yürüyüş Egzersizi Grubu                                                              | 59         |
| 5.6.5.3. Kontrol Grubu                                                                        | 60         |
| 5.7. İstatistiksel Analiz                                                                     | 60         |
| <b>6. BULGULAR</b>                                                                            | <b>61</b>  |
| 6.1. Çevre Ölçümü                                                                             | 61         |
| 6.2. Vücut Kitle İndeksi (VKİ)                                                                | 61         |
| 6.3. Yağsız Vücut Kitle                                                                       | 62         |
| 6.4. Vital Kapasite                                                                           | 63         |
| 6. 5. Maksimal Oksijen Alımı ( $VO_2$ maks)                                                   | 64         |
| 6. 6. $VO_2$ Maks Sırasındaki Ventilasyon                                                     | 68         |
| 6. 7. Solunum Yedeği                                                                          | 69         |
| 6. 8. Maksimal Yük                                                                            | 70         |
| 6.9. $VO_2$ maks Sırasındaki Kalp Hızı                                                        | 73         |
| 6. 10. Anaerobik Eşik Zamanı                                                                  | 74         |
| 6. 11. Anaerobik Eşikteki Oksijen Alımı                                                       | 75         |
| 6. 12. Maksimal Yük Altındaki Kalp Yedeği ve Eşdeğer Yükteki Kalp Yedeğinin Karşılaştırılması | 76         |
| 6. 13. İlk Beş Dakikalık Toparlanma Dönemindeki Kalp Hızı                                     | 77         |
| <b>7. TARTIŞMA ve SONUÇ</b>                                                                   | <b>79</b>  |
| <b>8. KAYNAKLAR</b>                                                                           | <b>87</b>  |
| <b>9. EKLER</b>                                                                               | <b>103</b> |
| EK 1. Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi                                                   | 104        |
| EK 2. Bilgilendirilmiş Olur Formu                                                             | 109        |
| EK 3. Egzersiz Testi Uygunluk ve Onam Formu                                                   | 112        |
| EK 4. Etik Kurul Onayı                                                                        | 114        |
| <b>10. ÖZGEÇMİŞ</b>                                                                           | <b>115</b> |



**TABLÖLAR DİZİNİ**

| <b>Tablo</b>                                                                        | <b>Sayfa</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Tablo 1.</b> Bayan ve erkekte optimal VO <sub>2</sub> maks değerleri             | 17           |
| <b>Tablo 2.</b> Çeşitli aktiviteler sırasındaki enerji tüketim miktarları           | 18           |
| <b>Tablo 3.</b> Aerobik kapasite ölçümünde kullanılan maksimal egzersiz testleri    | 26           |
| <b>Tablo 4.</b> Aerobik kapasite ölçümünde kullanılan submaksimal egzersiz testleri | 27           |
| <b>Tablo 5.</b> Farklı lif tiplerinin özellikleri                                   | 33           |
| <b>Tablo 6.</b> Dirençli egzersiz grubu için haftalık çalışma takvimi               | 59           |
| <b>Tablo 7.</b> Yürüyüş grubu haftalık çalışma takvimi                              | 60           |



## ŞEKİLLER DİZİNİ

| Şekil                                                                                                                                                                   | Sayfa |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 1. (A) Kardiyak debide, (B) kalp hızında, (C) vurum hacminde inkremental test boyunca meydana gelen değişiklikler.                                                | 9     |
| Şekil 2. Kısa dönemli hafif orta (A) ve uzun dönemli orta-ağır (B) egzersiz sırasında oksijen alımında görülen değişiklikler                                            | 14    |
| Şekil 3. Kademeli egzersiz sırasında oksijen alımında açığa çıkan değişiklikler                                                                                         | 15    |
| Şekil 4. Artan yüke karşı oksijen alımı ve karbondioksit üretimi eğrileri.                                                                                              | 21    |
| Şekil 5. Dakika ventilasyonundaki hızlı artış ve anaerobik eşik                                                                                                         | 22    |
| Şekil 6. Artan güçle karbondioksit salınımındaki kırılma noktası                                                                                                        | 22    |
| Şekil 7. V slope yöntemi ile anaerobik eşik belirlenmesi                                                                                                                | 23    |
| Şekil 8. PETCO <sub>2</sub> 'de bir azalma olmadan artmış PETO <sub>2</sub> 'ye göre anaerobik eşik belirlenmesi                                                        | 24    |
| Şekil 9. RER' in hızlı olarak artışına bağlı anaerobik eşik belirlenmesi                                                                                                | 25    |
| Şekil 10. Grupların egzersiz programı öncesi ve sonrası vücut kitle indeksi değerleri                                                                                   | 62    |
| Şekil 11. Grupların program öncesi ve sonrası yağsız vücut kitlesi miktarları                                                                                           | 63    |
| Şekil 12. Grupların egzersiz öncesi ve sonrası vital kapasite değerleri                                                                                                 | 64    |
| Şekil 13. Grupların çalışma öncesi ve sonrası VO <sub>2</sub> maks değerleri                                                                                            | 65    |
| Şekil 14. Çalışma öncesi İDE grubundaki her bireyin kendisinden beklenen VO <sub>2</sub> maks düzeyine erişme oranı ve artışlar                                         | 66    |
| Şekil 15. Çalışma öncesi İDE grubundaki bireylerin kendilerinden beklenen VO <sub>2</sub> maks'ın başarabildikleri ve başaramadıkları yüzdelerinin ortalamaları         | 66    |
| Şekil 16. Çalışma sonrası İDE grubundaki bireylerin kendilerinden beklenen VO <sub>2</sub> maks'ın başarabildiği ve başaramadığı yüzdelerinin ortalamaları              | 67    |
| Şekil 17. Yürüyüş grubu ve dirençli egzersiz grubunun egzersiz öncesi kendilerinden beklenen VO <sub>2</sub> maksı başarma yüzdeleri ve egzersiz sonrası artış oranları | 67    |
| Şekil 18. Grupların çalışmadan önce ve sonra maksimum oksijen alımı                                                                                                     |       |

|                  |                                                                                                                                          |    |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|                  | sırasında ölçülen ventilasyon miktarları                                                                                                 | 69 |
| <b>Şekil 19.</b> | İlerleyici dirençli egzersiz grubu, yürüyüş grubu ve kontrol grubu egzersiz programı öncesi ve sonrası solunum yedeği ortalama değerleri | 70 |
| <b>Şekil 20.</b> | Egzersiz gruplarının çalışma öncesi ve sonrası başardıkları maksimal yük miktarları                                                      | 71 |
| <b>Şekil 21.</b> | İlerleyici dirençli egzersiz grubunun kendilerinden beklenen maksimum yüke ulaşma oranı ve artışlar                                      | 72 |
| <b>Şekil 22.</b> | Çalışma öncesi İDE grubunun kendilerinden beklenen maksimum yüke ulaşma yüzdesi                                                          | 72 |
| <b>Şekil 23.</b> | Çalışma sonrası İDE grubunun kendilerinden beklenen maksimal yüke ulaşma yüzdesi                                                         | 73 |
| <b>Şekil 24.</b> | Egzersiz programı öncesi İlerleyici egzersiz ve yürüyüş gruplarının maksimum yüke ulaşma oranı ve artışlar                               | 73 |
| <b>Şekil 25.</b> | İDE ve Y grubunun egzersiz öncesi ve sonrası maksimum oksijen alımı sırasındaki kalp atım hızları                                        | 74 |
| <b>Şekil 26.</b> | Çalışma öncesi ve sonrası bireylerin anaerobik eşik zamanı                                                                               | 75 |
| <b>Şekil 27.</b> | Anaerobik eşikteki oksijen tüketiminin her grupta egzersiz öncesi ve sonrası ortalama değerleri                                          | 76 |
| <b>Şekil 28.</b> | Bireylerin aynı maksimal yük altındaki kalp yedekleri                                                                                    | 77 |
| <b>Şekil 29.</b> | İlk beş dakikalık toparlanma dönemindeki kalp hızının egzersiz programı öncesi ve sonrasındaki ortalama değerleri                        | 78 |

## SİMGE KISALTMA VE FORMÜLLER DİZİNİ

|                                    |                                                   |
|------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>(a-v O<sub>2</sub> farkı)</b>   | : Arterio-venöz oksijen farkı                     |
| <b>ACSM</b>                        | : Amerikan Spor Hekimliği Koleji                  |
| <b>AHA</b>                         | : Amerikan Kalp Vakfı                             |
| <b>BH</b>                          | : Büyüme Hormonu                                  |
| <b>EKG</b>                         | : Elektrokardiyografi                             |
| <b>H<sup>+</sup></b>               | : Hidrojen iyonu                                  |
| <b>H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b> | : Karbonik asit                                   |
| <b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> | : Bikarbonat iyonu                                |
| <b>IGF-1</b>                       | : İnsülin Benzeri Büyüme Hormonu                  |
| <b>İDE</b>                         | : İlerleyici Dirençli Egzersiz                    |
| <b>K<sup>+</sup></b>               | : Potasyum iyonu                                  |
| <b>KH</b>                          | : Kalp hızı                                       |
| <b>KPET</b>                        | : Kardiyopulmoner egzersiz testi                  |
| <b>MET</b>                         | : Metabolik Eşitlik (Metabolik Equivalent)        |
| <b>MT</b>                          | : Maksimum tekrar                                 |
| <b>NAD<sup>+</sup></b>             | : Nikotinamid adenin dinükleotit                  |
| <b>PaCO<sub>2</sub></b>            | : Arterial karbondioksit basıncı                  |
| <b>PaO<sub>2</sub></b>             | : Arterial oksijen basıncı                        |
| <b>pCO<sub>2</sub></b>             | : Karbondioksit parsiyel basıncı                  |
| <b>PETCO<sub>2</sub></b>           | : Tidal volüm sonu karbondioksit parsiyel basıncı |
| <b>PETO<sub>2</sub></b>            | : Tidal volüm sonu oksijen parsiyel basıncı       |
| <b>pO<sub>2</sub></b>              | : Oksijen parsiyel basıncı                        |
| <b>RER</b>                         | : Respiratuar değişim oranı                       |
| <b>VE</b>                          | : Ventilasyon miktarı                             |
| <b>VH</b>                          | : Vuru hacmi                                      |
| <b>VKİ</b>                         | : Vücut kitle indeksi                             |
| <b>VO<sub>2</sub> maks</b>         | : Maksimal oksijen alımı                          |
| <b>VO<sub>2</sub> pik</b>          | : Zirve oksijen alımı                             |

## 1. ÖZET

### **Genç Sedanter Bireylerde Tip 1 Lif Oranı Yüksek Kaslara Yönelik Yapılan İlerleyici Dirençli Egzersizin Aerobik Kapasiteye Etkisinin İncelenmesi**

Aerobik kapasite bireylerin fiziksel uygunluk düzeyini hem belirleyen hem de sınırlayan önemli bir kriterdir. Aerobik egzersizler bu kapasitenin gelişimi için önemli bir anahtar olmakla birlikte bu egzersizlerin uygulanması her birey için her zaman mümkün olmamaktadır. Bu çalışmada aerobik egzersizlere bir alternatif olarak, tip 1 lif içeriği en yüksek olan ve oksidatif özellik gösteren beş farklı kasa yönelik yapılan ilerleyici dirençli egzersiz programının genç sedanter bireylerde aerobik kapasiteye etkisi incelenmiştir. Araştırma uluslararası fiziksel aktivite anketi (UFAA) skoruna göre sedanter oldukları belirlenen 36 gönüllü ile gerçekleştirildi. Antropometrik ölçüm ve bioempedans yöntemi ile vücut kitle indeksi ve yağsız vücut ağırlığı gibi veriler elde edildi. Aerobik kapasitenin belirlenmesi için kardiyopulmoner egzersiz testi uygulanarak,  $VO_2$  maks ve anaerobik eşik zamanı ölçüldü, ayrıca solunum yedeği gibi bazı ilişkili parametreler saptandı. Altı hafta süren bu çalışmada gönüllüler üç gruba ayrılarak, birinci gruba beş kasa (soleus, tibialis anterior, biceps femoris, adductor magnus ve vastus medialis) yönelik ilerleyici dirençli egzersiz programı, diğerine maksimal kalp hızının %65-75'inde yürüyüş egzersizi yaptırıldı. Kontrol grubu ise herhangi bir egzersiz yapmadı. Tip 1 lif ağırlıklı kaslara yönelik ilerleyici dirençli egzersiz ile  $VO_2$  maks'da, aynı süreli yürüyüş egzersizi yapan gruba ve kontrol grubuna göre anlamlı düzeyde artış tespit edildi. ( $p=0.032$ ,  $p=0.02$ ). Solunum yedeği ilerleyici dirençli egzersiz grubunda başlangıçta %51.5 iken %38.7'ye düştü. Anaerobik eşik zamanı dirençli egzersiz grubunda  $12:31\pm 03:56$  dk iken  $13:45\pm 03:00$  dk oldu. Ancak yürüyüş grubu ve kontrol grubu ile karşılaştırıldığında anlamlı farklılık tespit edilemedi ( $p=0.561$ ,  $p=0.194$ ). Bu bulgular bu egzersiz protokolünün yürüyüş, yüzme gibi aerobik egzersizleri yapamayan bireylerde faydalı olabileceğini düşündürmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Aerobik kapasite, ilerleyici dirençli egzersiz, tibialis anterior, tip 1 kas lifi, yürüyüş egzersizi

## 2. SUMMARY

### **Investigation of the Effect of Progressive Resistance Exercise Targeting Muscles with High Rate of Type 1 Fibers on Aerobic Capacity in Young Sedentary Individuals**

Aerobic capacity is an important criteria determining the individuals' physical capacity as well as limiting it. Despite being an important key to improve this capacity, performing aerobic exercise is not always possible for every individual. This study investigated the effects of progressive resistance exercise, as an alternative to aerobic exercise, targeting five different muscles with high rate of type 1 fibres with oxidative characteristics on aerobic capacity in young sedentary individuals. Investigation involved 36 volunteers who were identified as sedentary according to global physical activity questionnaire (GPAQ) score. With anthropometric measurements and bio impedance method, body mass index and fat free mass measurements were performed. Cardiopulmonary exercise testing was performed to determine aerobic capacity,  $\text{VO}_2$  max, anaerobic threshold and other related parameters including breathing reserve. The individuals recruited to study were divided into three groups. First group performed progressive resistance exercise targets five muscles (soleus, tibialis anterior, biceps femoris, adductor magnus, vastus medialis) for six weeks, while second group performed walking exercise at 65-75% of maximal heart rate. Control group didn't perform any exercise. The type 1 targeting resistance training improved  $\text{VO}_2$  max, comparing the similar duration walking and control group ( $p=0.032$ ,  $p=0.02$ ). Breathing reserve was 51.5% initially and decrease to 38,7% in progressive resistance training group. Anaerobic threshold time was  $12:31 \pm 03:56$  min initially and then rose to  $13:45 \pm 03:00$  min. But it wasn't statistically important compared to walking and control group ( $p=0.561$ ,  $p=0.194$ ). It was concluded that this kind of exercises could be beneficial for individuals, can't perform aerobic exercises such as walking or swimming.

**Key words:** Aerobic capacity, progressive resistance exercise, tibialis anterior, type 1 fibers, walking exercises

### 3. GİRİŞ ve AMAÇ

Dirençli egzersizler sadece kas yapısında değil moleküler, enzimatik, hormonal seviyede bir çok değişikliğe sebep olabilir ve sedanter hayat tarzının yol açtığı bir çok hastalıkla mücadeleye katkı sağlayabilir. Amerikan Kalp Vakfı (AHA) aktivite yetersizliğini koroner kalp hastalıkları oluşumunda sigara kullanımı, yüksek kan basıncı ve yüksek kolesterol düzeyi ile birlikte primer risk faktörü olarak tanımlamıştır. Bununla birlikte Amerikan Spor Hekimliği Koleji (ACSM), AHA ve Birleşik Devletler Sağlık Bakanlığının fiziksel aktivite ve egzersiz üzerine yayınladığı yönergeler genellikle düşük yoğunluklu aerobik-dayanıklılık tipindeki egzersizleri odak noktasına koymaktadır.

Ancak dirençli egzersizin birçok sağlık parametresinde olumlu rol oynadığı ile ilgili kanıta dayalı çalışmalar bu noktada yükselen bir akımı gözler önüne sermektedir (1-3). Ayrıca inaktiviteye bağlı sağlık sorunlarının gittikçe yaygınlaşması ve dirençli egzersizin bu noktadaki inaktif bireyleri dahi motive edici gücünün öne çıkması ile hem sporcu hem de sedanter bireylerin antreman programının gün geçtikçe ayrılmaz bir parçası haline gelmektedir.

Hipertansiyon ve hatta Tip-2 diyabetin azalmış kas kitlesi ve hareketsizliğe bağlı olarak ortaya çıkan hastalıklardan olması uzun süreli dayanıklılık egzersizlerinin yanında kısa süreli ve az tekrarlı orta-ileri yoğunluklu dirençli egzersizlerin antreman programına eklenmesi gerekliliğini akıllara getirir (4). Dayanıklılık egzersizlerinin (Ör: yürüme) düşme korkusu ve denge problemi olan yaşlı bireylerde uygulanmasının zor olması, bazı dayanıklılık egzersizlerinin (yüzme gibi) ulaşım ve imkanlar açısından herkese hitap etmemesi nedeni ile de ev, ofis gibi daha dar alanlarda ve daha güvenli sınırlarda yapılan egzersizlere yaşlı bireyler daha çok ihtiyaç duyarlar. Hatta yaşlılardaki düşme vakalarının birim zamanda yapılan iş manasına gelen "güç üretimi" ile ilişkili olması daha da yoğun egzersiz programlarına ihtiyaç duyulduğunu gösterir (5). Ayrıca gelişen ve gitgide yaşam temposunun arttığı bir dünyada zaman kavramının bireylerin en önemli ihtiyacı haline gelmesi nedeni ile, genç bireylerde de kısa süreli ve işlevsel egzersizlere duyulan ihtiyaç gitgide artmaktadır.

Fonksiyonel kapasitesi ve kondüsyon durumu en üst seviyede olan sporcu bireylerde kapasitenin daha üst sınırlara taşınması için de, düşük yoğunluklu

dayanıklılık egzersizlerinin yanında yine sınırların zorlandığı daha yoğun ve daha yüksek kalp hızlarında yapılan egzersizlere ihtiyaç vardır (6).

Aerobik kapasite ve bu kapasiteyle ilişkili olarak değerlendirilen parametrelerden biri olan maksimal oksijen alımı ( $VO_2$  maks) bireylerin fonksiyonel kapasitelerini ve form durumlarını belirlemek için ölçülen en önemli parametrelerden biridir. Bu parametrenin uzun süreli dayanıklılık egzersizleriyle arttığı literatür kapsamında bilinen bir konudur (7). Dirençli egzersizlerin aerobik kapasiteye etkisi ile ilgili yapılan az sayıdaki çalışmanın çoğunda etki görülemezken çok azında dirençli egzersizin aerobik kapasiteyi arttırdığıyla ilgili veri mevcuttur (8). Dirençli egzersizlerin çok eski bir alt formu olan ilerleyici dirençli egzersizler hem anaerobik sınırları zorlamayan tekrar sayıları ile, hem de ağırlığın dereceli olarak artırılması sayesinde diğer dirençli egzersizler protokollerinden farklı olarak kendi içinde ısınma periyotlarını içerdiklerinden hem yaşlı hem de genç bireylerde güvenle kullanılabilir. Direncin günlük olarak kademeli artırılması tekniğine dayanan ilerleyici dirençli egzersizin aerobik kapasite üzerine etkisi ile ilgili çalışma sayısı literatürde yok denecek kadar azdır.

Kas lifleri yapısal olarak üç farklı gruba ayrılır. Bunlardan ilki enerji ihtiyacını aerobik yoldan karşılayan yavaş oksidatif tip1 lifler, diğeri ise aerobik ve az miktarda da anaerobik yoldan karşılayan tip 2a ve enerji ihtiyacını tamamen anaerobik yoldan karşılayan tip 2x liflerdir. Bu liflerin vücuttaki dağılımı incelendiğinde, farklı kaslar arasında oransal farklılıklar gözlenir. Vücuttaki bazı kaslarda tip 1 lif oranı diğer kaslara göre daha yüksektir. Bu tip 1 ağırlıklı lifler enerji ihtiyaçlarını öncelikle aerobik yoldan karşılarlar. Bu tez çalışmasının hipotezi bu tip 1 lif ağırlıklı kaslara yönelik yapılan ilerleyici dirençli antrenmanın kasların maksimal güç gelişim hızı, mitokondrial yoğunluk ve kas kapillerizasyonunu artırarak kasa olan kan akımını arttırabileceği ve dolayısı ile aerobik kapasiteye katkı sağlayabileceğidir. Bu amaçla mevcut kas güçleri yüksek olmayan ve ilgili müdahale ile gelişme gösterme ihtimali yüksek olan genç, sedanter bireylerde, vücuttaki tip 1 lif oranı en yüksek olan beş farklı kas grubuna (soleus, tibialis anterior, biceps femoris, adduktor magnus, vastus medialis) yönelik ilerleyici dirençli antrenman programı uygulanmıştır.



Bu amaçla, tez çalışmasının araştırma sorusu "genç sedanter bireylerde tip 1 lif oranı yüksek kaslara yönelik yapılan ilerleyici dirençli egzersiz aerobik kapasiteyi arttırır mı?" şeklindedir. Bu tez çalışması tip 1 ağırlıklı liflere yönelik yapılan ilerleyici dirençli egzersiz programının aerobik kapasiteye etkisi ile ilgili literatürde hiç çalışma olmaması yönüyle özgündür.

Aerobik kapasitedeki değişiklikleri belirlemek için kardiyopulmoner egzersiz testi, yoğunluğu dereceli olarak artan (inkremental) bisiklet ergometrisi yöntemiyle altı haftalık antreman programı öncesi ve sonrası uygulanmıştır. Bu kapsamda aerobik kapasitenin en önemli göstergesi olan  $VO_2$  maks dışında, on iki farklı parametre daha incelenmiştir. Bu parametreler bisiklet ergometrisi sırasında maksimum oksijen alımındaki ventilasyon, solunum yedeği, maksimum oksijen alımındaki kalp hızı, ulaşılan maksimum yük, anaerobik eşik zamanı, anaerobik eşik sırasındaki oksijen alımı, maksimal yükteki kalp hızı, toparlanma sonundaki kalp hızı ve yağsız vücut kitlesi miktarı ve ekstremiteler çevresi uzunluğudur. Ayrıca bireyler arasındaki var olması muhtemel kişisel farklılıkları ortaya koymak için vücut kitle indeksi ve vital kapasite de hem çalışma öncesi hem de çalışma sonrası ölçülmüştür.

## 4. GENEL BİLGİLER

### 4.1. Egzersiz Sırasında Kardiyopulmoner Sistemde Oluşan Akut Değişiklikler

Kardiyovasküler sistem, egzersiz esnasında vücudun değişen ihtiyaçlarına adapte olacak kalp, kan damarları ve kandan oluşmuş sistem olup; bu yapılar egzersiz sırasında kasların artan enerji taleplerini (oksijen) karşılamak ve açığa çıkan metabolik ürünleri (CO<sub>2</sub>, ısı,...) etkin olarak uzaklaştırmak için işbirliği içerisinde çalışırlar. Ve bu nedenle egzersiz sırasında başta egzersiz yapan kaslara olan kan akımının artırılması olmak üzere, bir çok farklı fizyolojik cevap oluşur. İnsan vücudunun karmaşık ve holistik yapısı nedeniyle bu değişim, sadece kalp ve kan damarlarından ibaret olmayıp respiratuar sistem, endokrin sistem ve hatta sinir sisteminde dahi görülür.

#### 4.1.1. Kalp Hızı

Kalp hızı kardiyovasküler fonksiyonu hem egzersiz hem de istirahatte değerlendirmenin en etkili yollarından biridir. Kalp hızı beyin sapındaki kardiyovasküler kontrol merkezi tarafından ayarlanır. Bu merkez ya merkezi komuta (İng=central command) denilen üst kortikal merkezlerden, ya da periferel sinir sisteminden gelen uyarıların etkisiyle aktive olarak kalp hızını ayarlar. Egzersiz sırasında "merkezi komuta" kalp hızını kontrol eden en önemli faktördür (9, 10). "merkezi komuta" sayesinde daha egzersizin en başında kalp hızının hızlı bir şekilde artması ve doku perfüzyonunun maksimal sınırlarda olması sağlanır (11). Motor korteksin bu stimülasyon gücü egzersiz sırasında aktive olan kas kütlesiyle ilişkilidir. Kardiyovasküler merkez aynı zamanda kan damarlarındaki kemoreseptörler ve kasların, eklemlerin içindeki mekanoreseptörlerden de refleks duyular alarak egzersiz yoğunluğuna göre kalp hızını ayarlar (12).

Sağlıklı bireylerde normalde dinlenme sırasında kalp hızı 60-80 atım/dakika olmakla birlikte elit dayanıklılık sporcularında istirahatte 40 atım/dk'ya kadar düşebilir (13). Egzersiz sırasında ise kalp hızı yukarıda belirtilen mekanizmalar sayesinde henüz egzersiz başlamadan artabilir. Bu sempatik aktiviteye bağlı olarak gerçekleşen bir artıştır ve egzersiz yoğunluğu arttıkça kalp hızı plato noktasına ulaşana kadar artmaya devam eder (12). Bu plato noktasındaki kalp hızı bireyin ulaşabileceği maksimal kalp hızıdır ve "220-yaş" formülü ile hesaplanır. Kalp hızının egzersiz yoğunluğuyla bu kadar yakından ilişkili olması egzersiz protokollerinde egzersiz yoğunluğunu

belirlemek için kullanılmasını sağlar. Kalp yedeği ise maksimal egzersiz sırasında bireyin ulaştığı kalp hızının ulaşabileceği maksimal kalp hızından çıkarılması ile elde edilir. Bireyin kardiyovasküler form durumu hakkında bilgi verir.

#### 4.1.2. Kalp Debisi

Kalp debisi her bir ventrikülden bir dakikada pompalanan kan miktarıdır. Bu değer kalp hızı ve vuru hacmi (stroke volüm) değerlerinin çarpımına karşılık gelir.

$$\text{Kalp debisi} = \text{Vurum hacmi} * \text{Kalp Hızı}$$

Çoğu zaman istirahatte bir yetişkin için kalp debisi 5 litre/dk olarak hesaplanır (14). Aslında sağlıklı genç bir erkekte kalp debisinin istirahatte düzeyi ortalama 5.6 litre/dk'dır. Ancak antremansız erkek bir bireyde ortalama istirahat kalp hızı değeri 72 vuru/dk ve kalp debisi de 70mL/vuru olarak alınırsa toplam kardiyak debi 5 Lt/dk olacaktır. Bayanlarda ise kalp hızı, vuru hacmi ve kardiyak debi miktarı sırayla 75, 60 ml/vuru ve 4.5 litre/dk'dır (15).

Egzersizin en başında kardiyak debi çok hızlı bir artış gösterir ve egzersiz yoğunluğu arttıkça maksimal yükün %60'ına kadar hızlı bir şekilde artar. Bu yükseliş hem kalp hızında hem de vuru hacmindeki artışla sağlanır. Yoğun egzersiz sırasında kardiyak debi 20-40 Lt/dk'ya kadar çıkabilir. Bu kapasite bireyin antreman durumu kadar bireyin kilo ve boyuyla da ilgilidir (13). Kardiyak debi maksimal egzersiz yoğunluğunun %60'ına ulaştıktan sonra da artmaya devam eder ancak bu noktadan sonraki artış vuru hacminden ziyade kalp hızındaki artıştan kaynaklanır.

Sağlıklı bir kişide vuru hacmi istirahatte 60-70 ml/vuru iken maksimal egzersiz sırasında 110-130 ml/vuru'ya çıkabilir. Egzersiz sırasında, egzersizin sonuna kadar artış gösteren kalp hızı ve kardiyak debiye karşın, vuru hacmi maksimal yükün %40-60'ına kadar artış gösterir ve ardından platoya ulaşır. Ancak bazı yazarlara göre bazı elit sporcularda egzersiz yoğunluğu arttıkça vuru hacminde de artma görülmeye devam edebilir (16).

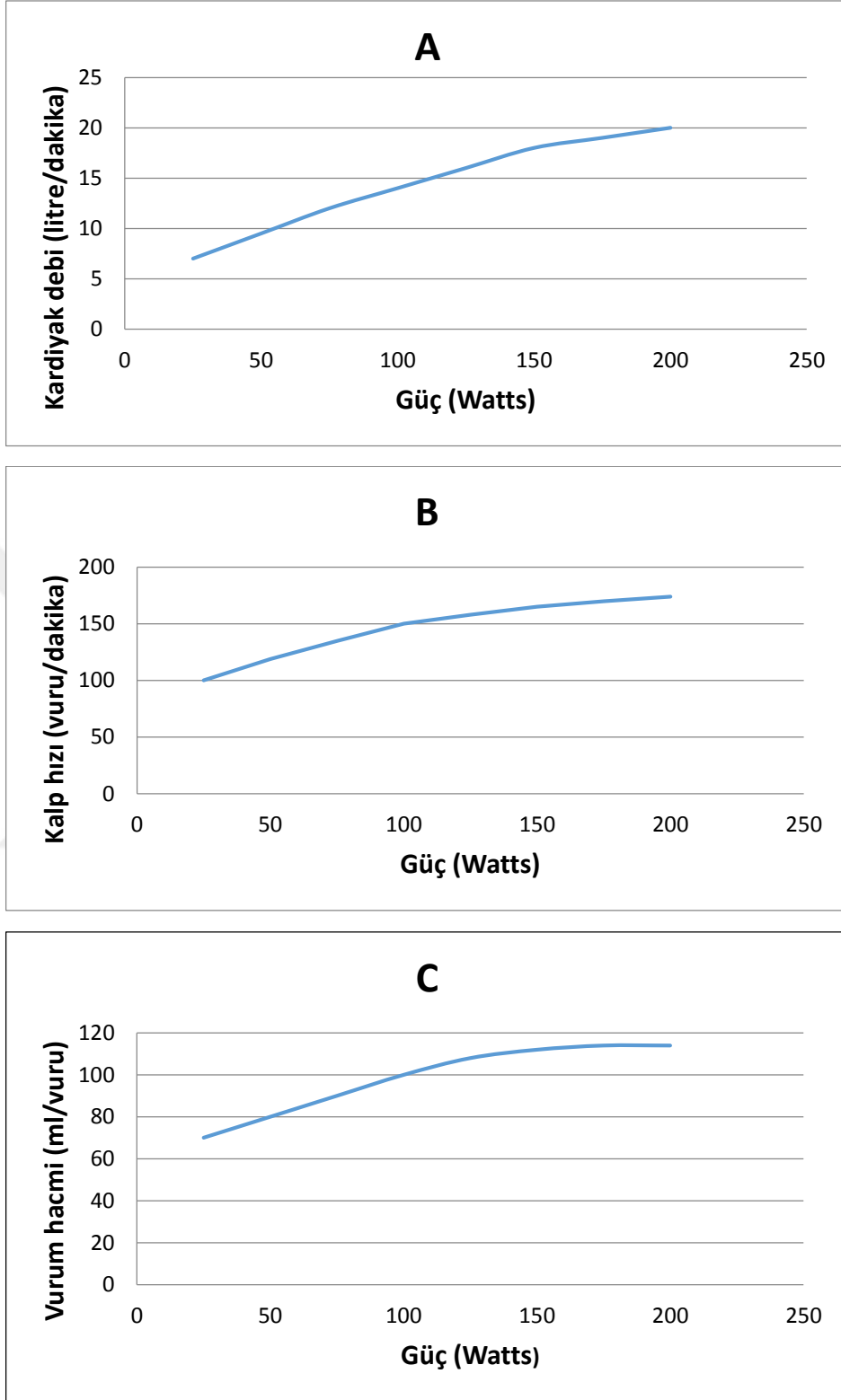
Ventriküllerin egzersiz sırasında her bir vuruşta daha fazla kan pompalamasında venöz dönüş miktarı, ventriküllerin daha çok dolmak için genişleme kapasitesi ve ventriküllerin maksimal ejeksiyon için kasılabilme yeteneği etkili olmaktadır (13). Kalp venlerle kendisine gelen bütün kanı pompalayan bir mekanizmaya sahiptir. Bu sayede kalbe gelen kan miktarı arttığı zaman, kalp odacıklarının gerilmesi ve bunun sonucu

olarak da kalbin daha artmış bir güçle kasılması neticesinde kan hiç gecikmeden aorta pompalanır. Bunun haricinde kalbi daha etkin bir pompa haline getiren diğer iki faktör sinirsel uyarı ve kalp kasının hipertrofisidir. Sempatik uyarılma kalp hızında büyük artış ve kalbin kasılma gücünün arttırılması ile kalp debisini iki katına kadar çıkarabilir (17).

Akut egzersizle artan vurum hacmi genellikle artmış plazma volümü ile ilişkilendirilir (18). Convertino ve arkadaşları %1'lik plazma volümündeki artışın kalp hızında %1'lik azalmaya karşılık geldiğini göstermiştir (19). Bu da artmış diastol sonu ventrikül hacmiyle ilişkilendirilir (16). Egzersizle birlikte, renin-anjiyotensin-aldosteron sistemin aktive olarak antidiüretik hormon salınımını uyarması ve böbreklerin suyu tutması, neticede idrar çıkışında egzersiz sonrası 24 saate kadar azalma sağlanması ile kan volümü egzersiz sırasında artar (20).

Egzersiz sırasında arteriollerin vazodilatasyonu neticesinde periferik dirençte büyük oranda azalma olduğu için arter basıncının düşmesi beklenebilir. Ancak yapılan çalışmalarda periferik kan damarlarında oluşan dilatasyon neticesinde arter basıncının korunmasının kalp debisini 4 kata kadar arttırdığı, arter basıncının yarısına kadar düşürülmesinin ise kalp debisinin 4 kat yerine sadece 1,6 kat arttığının görülmesi arter basıncının artmasının kardiyak debiyi arttırdığını gösterir (17). Egzersiz sırasında büyük venlerde daralma, kalp hızında ve kontraktilitesinde artış; neticede arter basıncının aynı kalmayıp hatta normalin de üstüne çıkması sayesinde kaslara daha fazla kan akımı sağlanır (17).

Artan iş yükü ile kardiyak debi, kalp hızı ve vurum hacminde olan değişiklikleri gözlemek için yoğunluğu dereceli olarak artan bir test düzeneğinde test edilen bireyin bu değerlerindeki değişiklikleri gösteren grafikler Şekil 1 de gösterilmiştir.



**Şekil 1.** (A) Kardiyak debide, (B) kalp hızında, (C) vurum hacminde inkremental test boyunca meydana gelen değişiklikler (21)

#### 4.1.3. Kan basıncı

Ortalama kan basıncı dinamik egzersize bir cevap olarak daha çok sistolik basınçta görülen değişikliklerle ilişkili olarak artar. Diastolik basınç istirahat seviyesiyle aynı seyretme eğilimindedir. Sistolik basınç zamanla ve egzersiz şiddeti ile doğrusal olarak artış gösterdikten sonra maksimum 200 ve 240 atım/dk seviyesinde zirve yaparak sabitlenir (21). Arterial basınç kardiyak debi ile periferel direncin çarpımına eşittir. Egzersiz sırasında artan arterial basınç periferel dirençteki düşmeye karşın ağır basan kardiyak debi artışıyla sağlanır (22).

#### 4.1.4. Kan akımı

Vücutta ortalama kan hacmi 5 litredir. Dinlenim sırasında kaslara olan kan akımı bu miktarın %20 'si ya da yaklaşık 1000 ml'dir. Kalp bu sırada 200 ml ya da total kalp debisinin %4 'ü kadar kan akımına sahiptir. Beyin %14 ile ortalama 700ml kan hacmine sahipken, karaciğer 1350 ml ile ortalama dolaşımdaki toplam kanın %27'sini alır. Egzersiz sırasında kalp debisi (bireyin antrenman durumuna göre) 25 litreye kadar çıkar. Burada çok önemli bir nokta dikkat çekmektedir. Egzersiz sırasında kaslar, ortalama 21 litre ile toplam kan hacminin %84'ünü kullanır. İç organlara olan kan akımı oldukça azalır, öyle ki karaciğere olan kan akımı, istirahat değerinin %2'sine kadar düşer. Koroner kan akımı, egzersiz sırasında 1000 ml'yi bulabilir. Ancak bu oranın toplam kan hacmine oranı düşünüldüğünde, dinlenim haliyle oransal olarak çok fazla bir farklılık görülmez (12).

#### 4.1.5. Respiratuar sistem

İstirahat sırasında birey dakikada yaklaşık 12 soluk alır. Her soluk alışı ise akciğerlere ortalama 0.5 litre hava girer ve bu hava tidal volüm olarak adlandırılır. Bu miktarın dakika solunum frekansı olan 12 ile çarpılması dakika ventilasyonu olan 6 litreyi verir.

Dinlenimde ventilasyon beyin sapındaki medial medullanın aktivasyonu ile diyafram ve solunum kaslarının çalışması sayesinde olur. Her soluk alış sırasında yeterli inspiratuar hacime ulaşıldığında bronşiollerdeki gerime duyarlı reseptörlerden kalkan inputlar medullaya ulaşarak inspirasyonu inhibe ederek ekspirasyonu başlatır. Dinlenimde aynı zamanda kimyasal mekanizmalar pulmoner ventilasyonu kontrol ederler. Bu faktörler  $pO_2$ ,  $pCO_2$ ,  $pH$  ve sıcaklıktır. Dinlenimde  $pCO_2$  ventilasyon için en

önemli stimülatördür. İnspire edilen havadaki küçük bir  $p\text{CO}_2$  artışı dakika ventilasyonunu güçlü bir şekilde uyarır. Yanlız burada ventilasyonu arttıran  $p\text{CO}_2$  artışı değil  $p\text{CO}_2$  ile değişen plazma asiditesidir.  $\text{CO}_2$  dokuda suyla birleşerek karbonik asit ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )'i oluşturur. Daha sonra  $\text{H}_2\text{CO}_3$ 'de hidrojen iyonu ( $\text{H}^+$ ) ve bikarbonat iyonuna ( $\text{HCO}_3^-$ ) parçalanır. Vücutta iki bölgede, karotid sinüs ve aortda bulunan kemoreseptörler sayesinde egzersizde artan  $\text{H}^+$  konsantrasyonu, sıcaklık artışı, artmış  $\text{CO}_2$  ve  $\text{K}^+$  konsantrasyonları algılanarak respiratuar cevap oluşturulur. Aslında bu kemoreseptörlerin stratejik konumu dinlenimde beyne giden ve oksijen konsantrasyonu düşük olan kanın algılanması için önemlidir ve azalmış oksijen duyarlılığı periferik kemoreseptörler aracılığıyla algılanır (12).

Egzersizin ilk aşamasında dakika ventilasyonu hızlı şekilde artar. Düşük yoğunluklu egzersizlerde bu artış daha çok tidal volümdeki artışla sağlanırken, yüksek yoğunluklu egzersizlerde ise solunum frekansının artışıyla sağlanır (23). Yoğun egzersizlerde solunum frekansı 50 'ye tidal volüm ise 2 litreye kadar çıkabilir (24). Egzersizin en başında ventilasyondaki hızlı yükselme ve sondaki hızlı düşüş olması bu artışların refleks yolla olmayacak kadar hızlı olması bu mekanizmanın biraz daha karmaşık olduğunu ve yukarıda bahsedilen kimyasal mediatörler dışındaki faktörlerden de etkilendiğini gösterir (25). Egzersizin ilk başında ventilasyonda hızlı ve ani yükseliş yapan faktör "merkezi komuta"dır. Korteksten kalkan uyarıların henüz daha egzersiz başlamadan sadece egzersiz beklentisiyle dahi medulladaki respiratuar merkezi aktive eder. Bu da hızlı bir respiratuar cevap başlatır. Bu etki aktif kasların mekanoreseptörlerinden gelen geri bildirimlerle güçlendirilir. Pasif eklem hareketleri ve kaslara yapılan elektrik stimulasyonu ile ventilasyonun artması lokal mekanoreseptörlerin bu artıştaki etkisini kanıtlar. Bu hızlı yükselme Faz 1 olarak tanımlanır. Sonra yaklaşık 20 sn süren kısa bir plato dönemi olur ve ardından ventilasyonda yaklaşık 60-70 sn sürecektir daha yavaş bir yükselme olur (26). Bu Faz 2'dir ve bu artıştan sorumlu olan yine "Merkezi Komuta " ve karotid sinüsteki periferik kemoreseptörlerdir. Ventilasyon yaklaşık 3-4 dakika içerisinde ventilasyonun ince ayarının yapıldığı platoya ulaşır. Faz 3 olarak bilinen bu fazda ventilasyonu uyarıcı faktör artmış kas metabolitlerinin neden olduğu artmış  $\text{H}^+$  konsantrasyonu ve artmış  $\text{CO}_2$  'dir (26). Çok ağır egzersizlerde laktat birikimi laktik asidozdan bağımsız olarak ventilasyonu arttırıcı etki yapmaya devam eder.

#### 4.1.5.1. Oksijen Alımı (VO<sub>2</sub>)

Oksijen alımı (VO<sub>2</sub>) vücudun besin maddelerinden açığa çıkan enerjiyi hücresel düzeyde ATP'ye dönüştürmek için bir dakikada kullandığı oksijen volümü yada hacmi olarak tanımlanabilir ve ml/dk cinsinden ifade edilir. İstirahat metabolik hızı ya da bir başka ifadeyle oksijen alımı büyük ölçüde vücut yüzeyi ve hacmi ile ilişkilidir. Bu etki enerjinin vücut yüzeyi yoluyla ısı olarak dışarı atılması ile ilgilidir. Ancak vücut yüzeyi hacme göre daha az yükselme eğilimi gösterdiğinden vücut hacmi görece olarak büyük olan canlıların kilogram başına tükettikleri oksijen miktarı küçük canlılara göre daha azdır (27). Dinlenim halinde ortalama bir bireyde kilogram başına oksijen alımı 3-4 ml/kg.dk'dır. Dinlenim halinde tüketilen bu oksijenin %80'i beyin, kalp, karaciğer ve böbrekler tarafından kullanılır. Sindirim sisteminde, beslenme olmadığı müddetçe ve kaslarda da kasılma gerçekleşmediği zamanlarda total oksijen alımı oransal olarak bu diğer organlara göre azdır (28). Dolayısı ile egzersiz sırasında artan oksijen alımı direk olarak kas metabolizmasındaki artışla ilişkilendirilebilir. Egzersiz sırasında genç antremansız bireylerde oksijen alımı 10-15 kata kadar artabilir. Bu değişim hem kan akımının hem de arterial ve venöz oksijen farkının yani oksijen kullanımının artırılması ile sağlanır. Çünkü "Fick Eşitliği"ne göre oksijen alımı kan akımı ile arterial venöz oksijen farkının çarpılması ile elde edilir. Sonuç olarak bu eşitlikte vücutta olan total kan akımı kardiyak debiye eşit olacağından bu değerler yerine koyulduğunda aşağıdaki formül elde edilir (28):

$$VO_2 = KH * VH * (a-v O_2 \text{ farkı})$$

Arterio-venöz oksijen farkı arterial kanla venöz kanın oksijen içeriğinin farkıdır ve ne kadar miktar kanın kapillerlerden damar dışına difüze olduğunun bir göstergesidir. Her 100 ml kan için oksijen miktarının mililitre cinsinden ifadesi (ml/100ml) şeklinde sembolize edilir. Arterial kan her 100 ml için yaklaşık 20 ml oksijen içerir (29). Venöz kanın ise oksijen oranı 15ml/100 ml'dir. Bu durumda arterio-venöz oksijen farkı 5ml /100 ml olur. Kardiyak outputun ortalama 5lt olduğu düşünülürse istirahat halindeki bir bireyde dakikadaki oksijen alımı yaklaşık olarak 250 ml ya da ortalama 70 kg'lık bir birey için 3,5 ml/kg.dk<sup>-1</sup> olacaktır (28).

Maksimal egzersiz sırasında arterio-venöz oksijen farkı 100 ml kan için 15-16 ml' ye kadar çıkabilir (24). Ortalama vuru hacmi ve kalp hızının da artması ile tüketilen



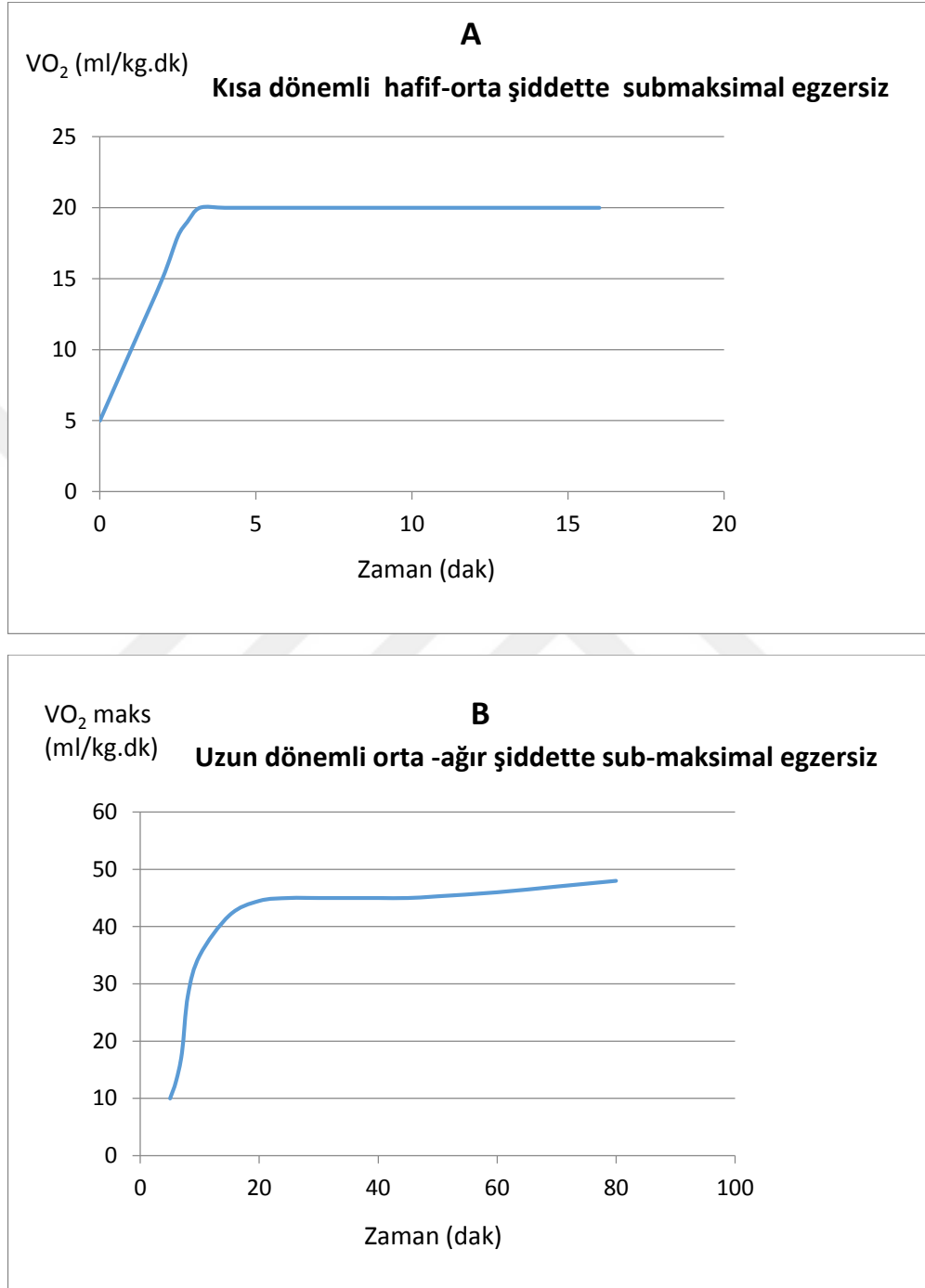
oksijen miktarı egzersiz sırasında artar. Egzersiz yoğunluğunun artması halinde oksijen alımı sabit kalmayarak artmaya devam eder (30). Egzersiz sırasında oluşan respiratuar cevapları daha iyi anlamak için egzersiz yoğunluğu: kısa dönem (5-10 dakika), hafif (maksimal oksijen alımının %30-49 'unda yapılan) ve orta ( %50-74'ünde yapılan) submaksimal egzersizler; uzun dönem (30 dakikadan uzun) orta-ağır (maksimal oksijen alımının %60-85'inde yapılan) submaksimal egzersizler ve oksijen alımının %30'dan %100'e kadar ulaştığı kademeli egzersizler olarak sınıflandırılabilir.

Egzersiz süresi 5-10 dakikadan az olduğunda ve maksimal oksijen alımının %70'inden az yoğunlukta yapıldığında oksijen alımı dokuların oksijen alımını tam olarak karşılayacak şekilde artar. Ve "kararlı faz" (İng=steady-state) denilen belli bir noktada sabit kalır. Bu noktaya ulaşmak bir çok bireyde 2-3 dakika sürer (13). Bu faza ulaşana kadar aerobik enerji sistemleri oksijeni kullanarak yeterli ATP üretemediği için enerji daha çok oksijenin kullanılmadığı anaerobik yollardan karşılanır. Oksijen kullanımındaki bu gecikme "oksijen açığı" (İng=oxygen deficit) olarak adlandırılır (12). Antrene olmuş atletlerde bu faz çok daha kısadır ve kararlı faza çok çabuk ulaştıkları için de toplam oksijen alımı antrene olmayan bireylere göre çok daha fazla olur. Oksijen açığı ve total oksijen alımını etkileyen faktörler: egzersiz tipi, egzersiz yoğunluğu ve uzunluğu, antreman durumu ve egzersize katılan kas lifi tipidir (13).

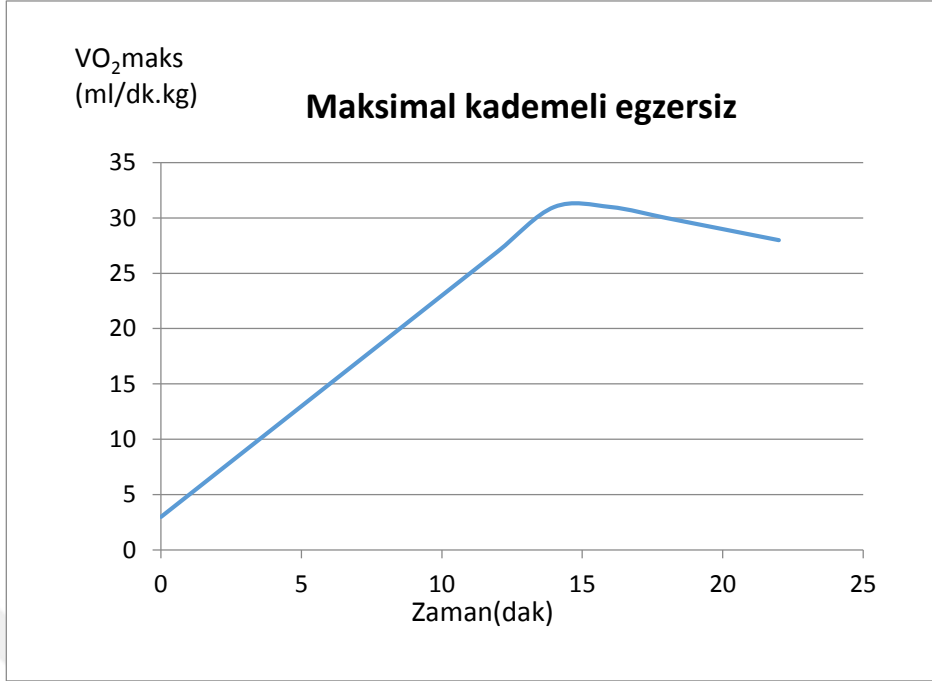
Uzun dönem orta ya da ağır submaksimal egzersizlerde egzersiz yoğunluğu (yükün, eğimin ya da hızın artmasıyla artabilen) değişmediği halde; maksimal oksijen alımının %70 inden az yoğunlukta egzersiz yapıldığı ve egzersiz için gerekli oksijen ihtiyacı karşılandığı halde oksijen alımı yine artmaya devam eder (31). Bu artış artan sıcaklık, ketakolamin hormonlarında artış, daha fazla karbonhidrat tüketimi ve bazı durumlarda laktat birikimi ile ilişkilidir (32).

Kademeli maksimal egzersizler ise birey yorulana kadar devam eder ve iş yükü bu egzersizler sırasında kademeli olarak arttırılır. İş yükü arttığı için bu egzersizde hem dakika ventilasyonu (VE) hem  $VO_2$  hem de açığa çıkan karbondioksit hacmi ( $VCO_2$ ) artan enerji ihtiyacını karşılamak için kademeli olarak artar. Bu ağır egzersiz sırasında bireyin enerji ihtiyacını aerobik yollardan karşılamak için solunum yoluyla alıp, dokulara taşıyarak istifade ettiği en yüksek oksijen miktarı ( $VO_2$ ) maksimal oksijen alımı olarak tanımlanır (33). Şekil 2'de ve Şekil 3'te farklı uzunlukta ve egzersiz

yoğunluklarındaki egzersizler sırasında oksijen alımında meydana gelen değişiklikler gösterilmiştir.



**Şekil 2.** Kısa dönemli hafif orta (A) ve uzun dönemli orta-ağır (B) egzersiz sırasında oksijen alımında görülen değişiklikler (Plowman'dan, 33)



**Şekil 3.** Kademeli egzersiz sırasında oksijen alımında açığa çıkan değişiklikler. Uyarlanmıştır (Plowman'dan, 33).

## 4.2. Aerobik Kapasite

### 4.2.1. Aerobik Kapasite, Tanımı ve Önemi

Aerobik kapasite geniş kas gruplarının, orta ve yüksek yoğunluktaki, dinamik egzersizleri uzun süreli olarak devam ettirebilme kabiliyetidir. Kardiyopulmoner kapasite, kardiyovasküler dayanıklılık, kardiyopulmoner dayanıklılık, kardiorespiratuar form tanımlarının hepsi bu tanım yerine kullanılabilir.

Gerek sporcu gerekse sedanter bireyler için fiziksel yeterlilik kapasitesinin belirlenmesi sadece maksimum performans için değil, yaralanma ve benzeri komplikasyonların önlenmesi ve daha güvenli bir spor aktivitesinin devamı için önemlidir. Aerobik kapasite bireylerin fiziksel yeterlilik kapasitesinin belirlenmesinde kalp, solunum ve metabolik cevapları aynı anda değerlendirerek çok yönlü ve kapsamlı bilgi edilmesini sağlayan ölçütlerin başında gelir. İnsan vücudunda ortaya çıkan metabolik işleyişin genel boyutunu göstermesi nedeniyle, bireylerde kabul edilebilir sınırlardaki aerobik kapasite genellikle kalp hastalıkları, yüksek tansiyon, diyabet, kanserin bazı formları ve diğer hastalıklar için daha az risk göstergesi demektir (34). Aerobik kapasite ile alakalı olarak kullanılan diğer tanımlamalar ise maksimal oksijen alımı (VO<sub>2</sub> maks) ve VO<sub>2</sub> pik'tir. VO<sub>2</sub> maks bir organizmanın bir dakikada tükettiği

ve egzersiz yoğunluğu arttırılsa dahi daha fazla artamayacağı bilinen maksimum oksijen miktarı olarak tanımlanabilir (35).  $VO_2$  maks bir çok yazar tarafından hem dokuların oksijenden yararlanım kapasitesinin hem de kardiyovasküler ve respiratuar sistemin kapasitesinin bir göstergesi olarak tanımlanmaktadır (35). Maksimal oksijen alımı ölçümünde, en önemli parametre bir dakikada tüketilen mutlak oksijen miktarının litre ya da mililitre cinsinden ifadesidir. Bununla birlikte, mutlak oksijen kullanımının büyük ölçüde vücut ağırlığıyla ilişkili olması, daha objektif ve genel kabul gören bir birim olan, kişinin ağırlığının her bir kilogramı başına düşen dakikadaki oksijen tüketim miktarının kullanılmasını zorunlu kılmıştır ve bu parametre de cinsinden ifade edilir (35).

Sporcu bireyler açısından aerobik kapasite yarışlarda başarı elde etmek için önemli bir kriterdir. Çünkü uzamış egzersiz periyotlarında aerobik kapasitenin o aktivite için gerekli olan  $VO_2$  maks'ın '%100' ünden az olması durumunda egzersiz devam ettirilemez (36).  $VO_2$  maks metabolizmanın fiziksel aktivite boyunca bir üst limitinin tayinini sağlar ve bireyler arasında çok geniş bir aralıkta farklılıklar gösterebilir. Örneğin, kardiyak hastalığı olan bir bireyde  $10\text{ml/kg.dk}^{-1}$  olabilirken dünya çapında ün yapmış atletlerde bu değer  $90\text{ml/kg.dk}^{-1}$  olabilir (12). Aerobik kapasiteyi etkileyen fizyolojik parametreler temelde merkezi ve periferik olmak üzere ikiye ayrılır. Merkezi parametreler kardiyak debi, kan volümü ve pulmoner difüzyondur. Periferik parametreler ise kasın difüzyon kapasitesi, mitokondrial yoğunluk ve kapiller yoğunluktur (37). Egzersiz ile birlikte bu parametrelerden bazıları değiştirilerek bireylerin aerobik kapasitesi arttırılabilir (37). Maksimal oksijen alımı yaş, cinsiyet, vücut yüzeyi, vücut ağırlığı, yağsız vücut kitlesi, genetik ve yaşanılan coğrafya gibi birçok farklılıktan da etkilenebilir (33). İlerleyen yaşla birlikte,  $VO_2$  maks'ta 25 yaşından sonra her on yılda bir '%10'luk bir düşme, 50 ve 75 yaşları arasında ise her on yılda bir '%15 lik bir düşme gözlenmektedir (38, 39). Bayanlarda  $VO_2$  maks yağlı vücut kütlelerinin fazla olması ve egzersize katılan kas miktarının düşük olması nedeniyle erkeklere göre daha düşüktür (40). Tablo 1 'de bayan ve erkeklerde farklı yaş grupları için beklenen farklı  $VO_2$  maks değerleri ( $\text{ml/kg.dk}^{-1}$ ) sunulmuştur.

**Tablo 1.** Bayan ve erkekte optimal VO<sub>2</sub> maks değerleri (McArdle'dan, 12)

|          |       | VO <sub>2</sub> maks (ml/kg/dk) |         |         |         |          |
|----------|-------|---------------------------------|---------|---------|---------|----------|
| Cinsiyet | Yaş   | Zayıf                           | Vasat   | Orta    | İyi     | Mükemmel |
| Erkek    | ≤29   | ≤24.9                           | 25-33.9 | 34-43.9 | 44-52.9 | ≥53      |
|          | 30-39 | ≤22.9                           | 23-30.9 | 31-41.9 | 42-49.9 | ≥50      |
|          | 40-49 | ≤29.9                           | 20-26.9 | 27-38.9 | 39-44.9 | ≥45      |
|          | 50-59 | ≤17.9                           | 18-24.9 | 25-37.9 | 38-42.9 | ≥43      |
|          | 60-69 | ≤15.9                           | 16-22.9 | 23-35.9 | 36-40.9 | ≥41      |
| Kadın    | ≤29   | ≤23.9                           | 24-30.9 | 31-38.9 | 39-48.9 | ≥49      |
|          | 30-39 | ≤19.9                           | 20-27.9 | 28-36.9 | 37-44.9 | ≥45      |
|          | 40-49 | ≤16.9                           | 17-24.9 | 25-34.9 | 35-41.9 | ≥42      |
|          | 50-59 | ≤14.9                           | 15-21.9 | 22-33.9 | 34-39.9 | ≥40      |
|          | 60-69 | ≤12.9                           | 13-20.9 | 21-32.9 | 33-36.9 | ≥37      |

#### 4.2.2. MET Kavramı

VO<sub>2</sub> maks'a ilaveten fiziksel aktiviteler sırasında enerji tüketimi metabolik eşitlik (İng:Metabolik Equivalent, MET) terimiyle ifade edilir. MET terimi spesifik bir aktivitenin istirahat enerji tüketimine göre enerji tüketiminin tanımlanması için kullanılır. 1 MET 1 kcal/kg/saat veya 3.5 ml/kg.dk<sup>-1</sup> olarak tanımlanabilir ve bu hareketsiz pozisyonda otururken harcanan enerji ve oksijen alımına eşittir (41).

Aerobik kapasite hastalık ve yaşam kalitesinin belirlenmesi, sporcularda bireysel uygunluğun belirlenmesi gibi nedenlerden dolayı tercih edilse de yadsınamayacak bir başka neden de fiziksel iş kapasitesinin belirlenmesidir. Eğer bir iş bir bireyin maksimum VO<sub>2</sub> seviyesinin %50 sinden fazlasını gerektiriyorsa bu işin bu birey için uygun olmadığına karar verilir (41). Spor performansının belirlenmesi dışında, genel sağlık durumunun, özür seviyesinin, iş kapasitesinin belirlenmesi gibi amaçlarda aerobik kapasitenin önemli bir ölçüt olması MET kavramının kullanımı için daha güçlü bir gerekçe oluşturmaktadır. Amerikan Kalp Vakfına göre bir bireyin majör bir ameliyat geçirebilmesi için aerobik kapasitesinin en az bir basamak çıkacak seviyede ya da 4 MET olması gerekmektedir (42). Tablo 2'de farklı aktiviteler sırasında gerekli olan VO<sub>2</sub> miktarı ve bunların MET cinsinden karşılıkları gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Çeşitli aktiviteler sırasındaki enerji tüketim miktarları (43). Kaynaktan Türkçeye çevrilmiştir.

| Görevler                                                                  | MET cinsinden karşılıkları | VO <sub>2</sub> miktarı (ml/kg/dk) |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| Uyuma                                                                     | 0.92                       | 3                                  |
| İnaktivite (Hareketsiz oturma, TV seyretme)                               | 1.0                        | 3,5                                |
| Ofis işleri (bilgisayar)                                                  | 1.6                        | 6                                  |
| Araba Sürme                                                               | 2                          | 7                                  |
| Basit ev işleri (Bulaşık yıkama)                                          | 2.1                        | 7                                  |
| Hasta Bakımı                                                              | 2.8                        | 10                                 |
| Yürüme (5 km/saat)                                                        | 3.2                        | 11                                 |
| Ağır ev işi (Yer yıkama)                                                  | 3.3                        | 12                                 |
| Bahçe işleriyle uğraşma (Bitki dikme, toprak kazma)                       | 4.4                        | 15                                 |
| Balık avlama                                                              | 4.5                        | 16                                 |
| Merdiven çıkma                                                            | 4.7                        | 16                                 |
| Yürüme (7 km/saat)                                                        | 5.3                        | 19                                 |
| Bisiklet çevirme (20km/saat)                                              | 7.1                        | 25                                 |
| Sırt çantasıyla seyahat etme ,dağ yürüyüşü yapma (6.4 km, %5 eğim, 20 kg) | 8                          | 28                                 |
| Koşu (9km/saat)                                                           | 8.8                        | 31                                 |
| Bisiklet çevirme (30 km/saat)                                             | 9.8                        | 34                                 |
| Buz hokeyi (yarış)                                                        | 10                         | 36                                 |
| İtfaiyecilik                                                              | 11.9                       | 42                                 |
| Koşu (15 km/saat)                                                         | 14.6                       | 51                                 |
| Koşu (19.3 km/saat)                                                       | 19                         | 67                                 |
| Koşu (22.5 km/saat)                                                       | 23                         | 81                                 |

#### 4.2.3. Anaerobik Eşik Kavramı

Anaerobik eşik kavramı ilk olarak Wasserman tarafından 1969 yılında kan laktat seviyesinin artarak dakika ventilasyonunun oksijen alımına orantısız bir biçimde artış gösterdiği egzersiz yoğunluğu olarak tanımlanmıştır. Kardiyovasküler sistemin kaslar için gerekli oksijeni daha fazla sağlayamamasına bağlı olarak anaerobik metabolizmanın başlaması laktat birikimine öncülük eder (33). VO<sub>2</sub> maks bireyin fiziksel iş kapasitesinin değerlendirilmesinde önemli bir kriterdir, ancak dayanıklılık performansı ile anaerobik eşik kadar yakın ilişki içerisinde değildir. Uzun süre egzersiz yapabilme kapasitesinin VO<sub>2</sub> makstan çok, belirli bir egzersiz şiddetindeki kan laktik asit konsantrasyonu ile daha yakın ilişki içinde olduğu söylenebilir (44).

#### 4.2.3.1. Laktik Asit

Anaerobik glikoliz olarak ta adlandırılan laktik asit sistemi oksijen yokluğunda ATP üretimini sağlar. Glikoliz sonucu piruvat ve hidrojen iyonları oluşur. Piruvat daha sonra mitokondri içine oksidasyona uğramak üzere girer ve krebs döngüsü başlar.  $\text{NAD}^+$  taşıyıcı koenzimi ortamda biriken hidrojen iyonlarını daha sonra oksijenle birleşmek üzere emanet olarak alarak  $\text{NADH}$  lara indirgenir. Ortamda oksijen olmaması durumunda ise piruvat hidrojen iyonlarını alarak laktik asite dönüşür. Laktik asit ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ ), suda çözünebilen çok güçlü bir asittir ve üretildiği anda hızlıca laktat ve hidrojen iyonuna ( $\text{H}^+$ ) ayrılır. Normal şartlarda kasta biriken laktat dolaşımdaki sodyum bikarbonat iyonları tarafından tamponlanır ve laktik asit üretiminin dengeli sınırlarda olması durumunda laktat kanda birikmez (33).

Laktik asit üretimi ve oksijen ilişkisi Hill-Mayerhof'un egzersiz sırasındaki oksijen sunumu yetersizliği hipotezine dayanır (45). Bu hipoteze göre laktik asitin kanda birikmesini tetikleyen ilk olay iş yükünün artması, buna bağlı olarak ta daha fazla motor ünite ve kas hücresinin aktive olmasıdır. Bu durum daha fazla yüksek enerjili fosfat bağı gerektirir. Kasta lokal dolaşım iş yükü için uygunsa ve yeterince kan akımı varsa enerji aerobik yolla karşılanır (46). Ancak kasılmaya katılan ünitelerin ihtiyacının sağlanan oksijeni aşması ve dolaşımdaki vazodilatör metabolitlerin lokal kan akımını arttırarak yeterli oksijeni sağlayamaması halinde  $\text{NADH}+\text{H}^+$ 'nın yeniden  $\text{NAD}^+$  'ya yükseltgenmesi mümkün olmaz. Bu durum da laktik asit birikimine yol açar (19). Wasserman'a göre bir diğer faktör de kapiller kandaki oksijenin parsiyel basıncıdır. Enerji ihtiyacının aerobik yoldan karşılanması için oksijen parsiyel basıncı en az 15-20 mmHg arasında olmalıdır (19). Yine Wasserman'a göre glikoliz reaksiyonunun piruvatın mitokondri içine girerek krebs döngüsüne katılmasından hızlı olması durumunda da laktik asit birikimi piruvat birikimine bağlı olarak artar. Laktik asit birikimini arttıran bir diğer önemli faktör de tip 2X liflerin kasılmaya daha fazla katılmasıdır (19).

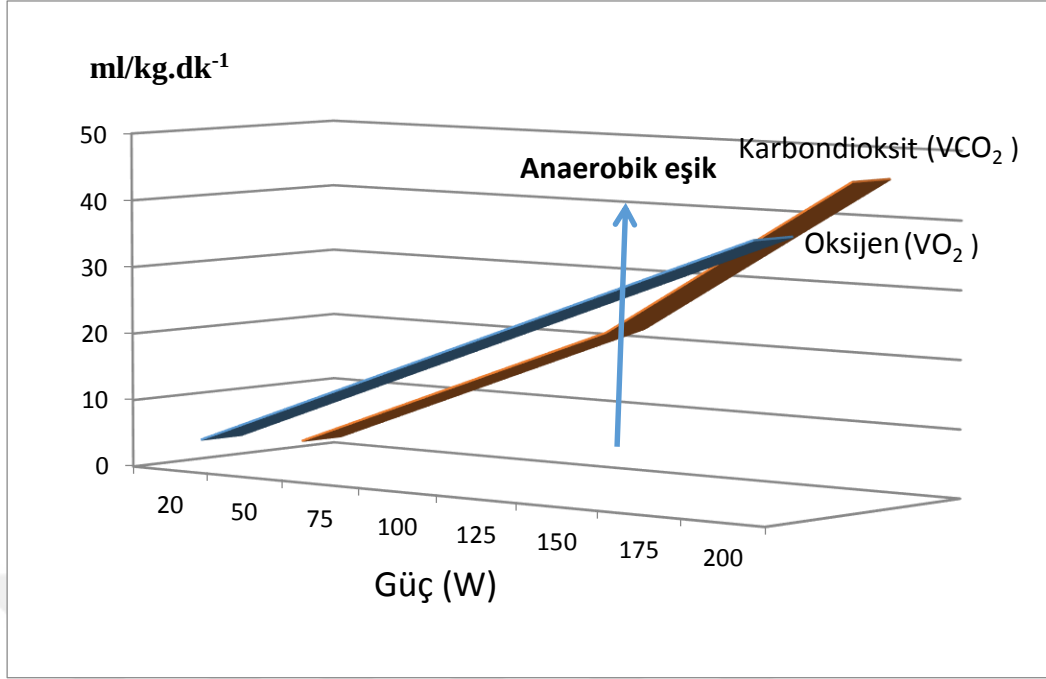
Laktik asit bikarbonat tarafından tamponlandıktan sonra ortaya çıkan karbondioksit bağı olarak solunum katsayısı artar. Ancak laktik asit cevabı egzersizin tipine göre değişiklik gösterir. Eğer sabit bir yük (steady-rate) egzersiz yapılıyorsa laktik asit cevabı 'steady-state' fazının gecikmesi şeklinde gerçekleşecektir. Burada

steady state fazı birkaç dakikalık egzersizden sonra maksimum oksijen alımının ulaştığı plato noktasını temsil eder (46). "Steady-rate" egzersizler aynı yoğunlukta yapılan egzersizlerdir ve bu egzersizlerde solunum frekansı ve oksijen alımı egzersizin en başında hızlı bir yükseliş gösterir ardından 3-4 dakika içerisinde "steady-state" denilen plato noktasına ulaşarak bu noktada sabit kalır. Bu sabit tempodaki egzersizler sırasında laktik asit üretimi laktik asitin uzaklaştırılmasıyla aynı hızda gerçekleşir (47). 1920'li yıllarda Hill, Long ve Lupton "steady -rate" egzersizlerin hem egzersiz sırasında hem de iyileşmede asit baz değişikliklerine yol açmadığını öne sürmüştür (48). Ancak Harrison ve Pilcher daha sonra kalp yetmezliği olan hastalarda düşük iş yüklerinde de metabolik asidoz ve sonuç olarak da yüksek gaz değişim oranı açığa çıktığını tespit etmişlerdir (49).

Kan laktat düzeyinin istirahat değerinin üzerine ilk çıktığı nokta genellikle laktat eşiği olarak tanımlanmaktadır. Şiddeti dereceli olarak artan (inkremental) bir egzersiz yapıldığında  $VO_2$  doğrusal olarak artarken, laktat eşiğinde laktatın tamponlanmasıyla azalan bikarbonat iyonlarına karşı expire edilen  $CO_2$  hacmindeki hızlı artış dikkat çeker (Şekil 4). Artan  $CO_2$ 'in uzaklaştırılması için ve artan  $CO_2$ 'nin solunum merkezini uyarmasıyla dakika ventilasyonu da artar (50). Bu nokta maksimum oksijen alımının %50-60'lık kısmına karşılık gelir (51). Ventilasyonun artması nedeniyle bu noktaya ventilatuar eşik te denmektedir. Bu aşamadan sonra arterial  $PCO_2$ 'nin aynı kaldığı "izokapnik tamponlanma" aşaması görülür (24).

Belli bir noktadan sonra artan laktik asit nedeniyle laktat tamponlanamaz ve kanda birikir ve o noktadan sonra kan hidrojen iyon konsantrasyonunda artış görülür. Artmış hidrojen iyon konsantrasyonu karotid sinüsü uyararak ventilasyonu tekrar arttırır Wasserman bu aşamayı inkremental egzersiz testinin son ve metabolik asidoz kompensasyon aşaması ya da bir başka deyişle ventilatuar kompensasyon aşaması olarak tanımlar. Dakika ventilasyonunun karbondioksit hacmine ( $VCO_2$ ) oranı da gitgide artar. Ve buna bağlı olarak bu evrede  $CO_2$ 'in parsiyel basıncı düşmektedir. Düşen parsiyel basınçla birlikte tidal volüm sonu  $CO_2$  parsiyel basıncı da düşer (24). Bazı yazarlar laktat ya da ventilatuar eşiği aerobik eşik, ventilatuar kompanasyon noktasını ise anaerobik eşik olarak kabul etmektedirler (52).





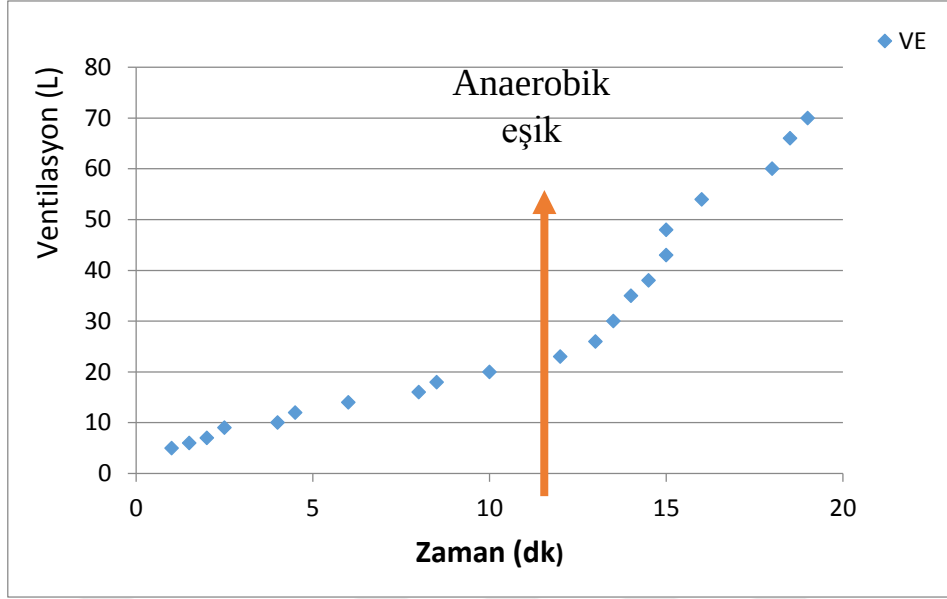
**Şekil 4.** Artan yüke karşı oksijen alımı ve karbondioksit üretimi eğrileri. Uyarlanmış (50).

#### 4.2.3.2. Anaerobik Eşiğin Belirlenmesi

Bireyin durumuna göre dakikada 15, 20 ya da 25 wattlık artışlar gösteren bir bisiklet ergometrisi testi yapıldığında yukarıda anlatılan gaz değişim oranları net bir şekilde gözlemlenebilir.

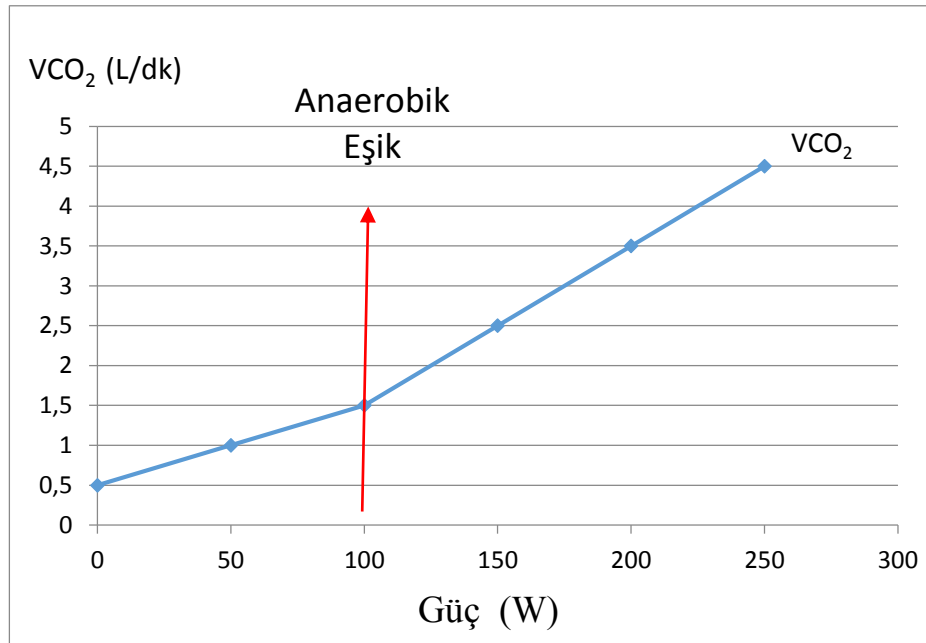
Wassermana göre anaerobik eşiğin belirlenmesi 4 farklı yolla yapılabilir (46):

1. VE' deki lineer olmayan artıştan
  2. VCO<sub>2</sub>' deki yine lineer olmayan artıştan
  3. Solunum sonu CO<sub>2</sub>' de bir düşüş olmaksızın solunum sonu (en-tidal) O<sub>2</sub> 'de artıştan,
  4. Artmış R veya RER (VCO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub>) değerinden. Aşağıda bu anaerobik eşik hesaplama yöntemleri açıklanmıştır.
- a) Oksijen alımındaki her 1 litre artış için ventilasyon 20-25 litre artar. Ancak yoğun egzersizlerde ventilasyon oksijen alımı oranı 35-40 litreye kadar çıkabilir. Ventilasyondaki bu hızlı artışın olduğu nokta ventilatuar eşik olarak da adlandırılır. Bu nokta aynı zamanda laktatın kanda birikmeye başladığı noktayı ifade eder. Ancak bu noktada laktat artışı çok belirgin değildir (Şekil 5).



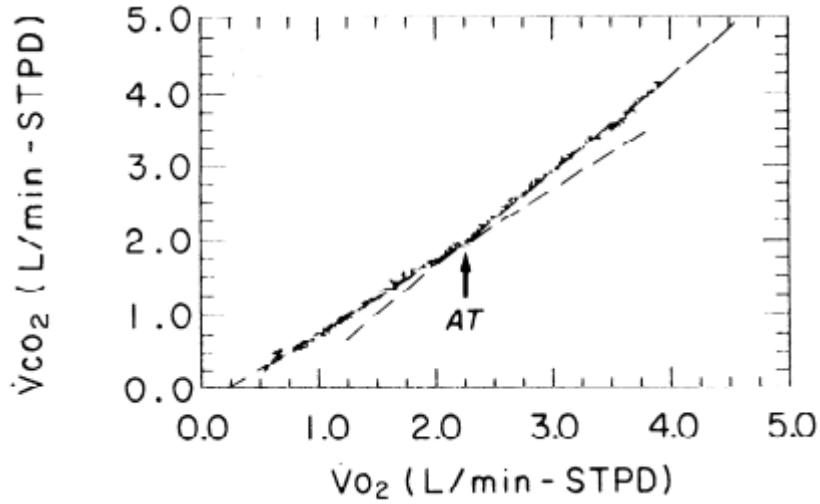
**Şekil 5.** Dakika ventilasyonundaki hızlı artış ve anaerobik eşik

b) İş yükünün gitgide artması sistemik laktat eliminasyon mekanizmalarının yetersiz kalmasına ve kanda laktat birikimine neden olur. Bu noktada hiperventilasyon  $H^+$  artışını kompanse edemez ve bu metabolik asidoza bağlı olarak ekspirasyon sonucu  $CO_2$  birikiminde artışla birlikte  $VCO_2$  oranında da artış olur (Şekil 6).



**Şekil 6.** Artan güçle karbondioksit salınımındaki kırılma noktası

Artan karbondioksit salınımla ilgili bir başka hesaplama yöntemi klinikte oldukça fazla kullanılan V-slope yöntemidir. Bu yöntemde karbondioksitin oksijene oranının kırılma noktası baz alınır (Şekil 7).

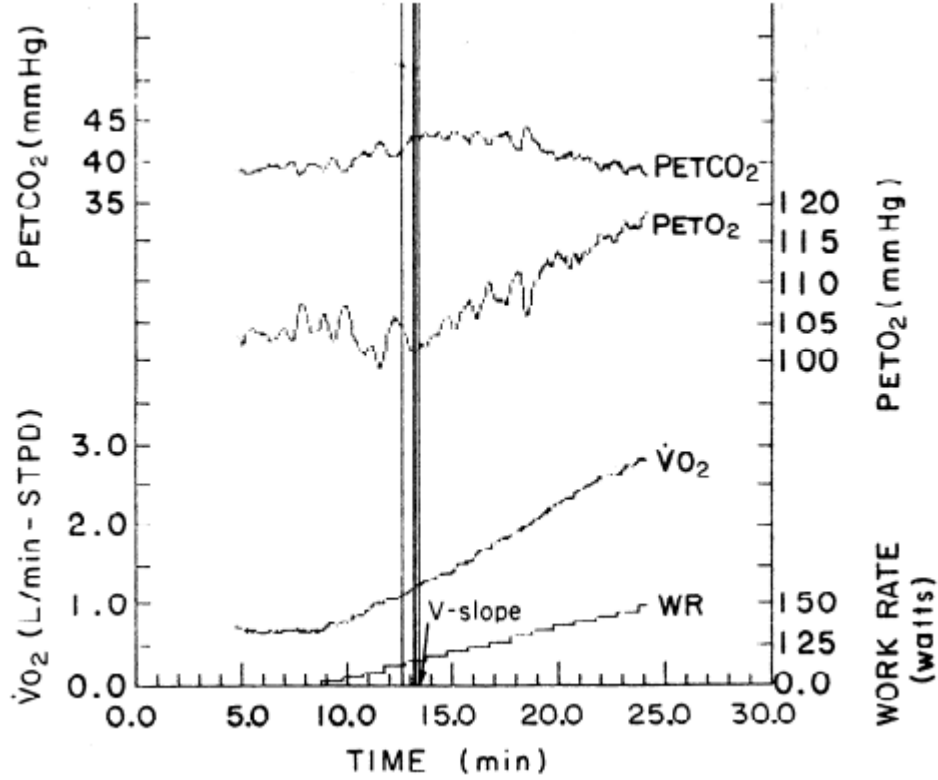


**Şekil 7.** V slope yöntemi ile anaerobik eşik belirlenmesi (Beaver' den, 53).

c) Dinlenimde alveolar  $PCO_2$  40 mmHg iken, arterial  $CO_2$  ( $PaCO_2$ ) 36-42 mmHg 'dir. Arterial  $CO_2$  orta-hafif egzersizde sabit kalır veya hafifçe yükselebilir, ağır egzersizde ise düşer.  $PETCO_2$  yani tidal volüm sonu  $CO_2$  miktarı da dinlenimde 36-42 mmHg'dir ve orta şiddetli egzersizde 3-8 mmHg çıkabilir ağır egzersizde ise düşebilir. Wasserman'a göre egzersizde tidal volüm sonu karbondioksit basıncı arterial basınca göre orta egzersizde sadece 4 mmHg yükselir (24). Bu sayede tidal volüm sonu  $CO_2$  miktarı arterial  $CO_2$  miktarı hakkında önemli ipuçları sağlayabilir.

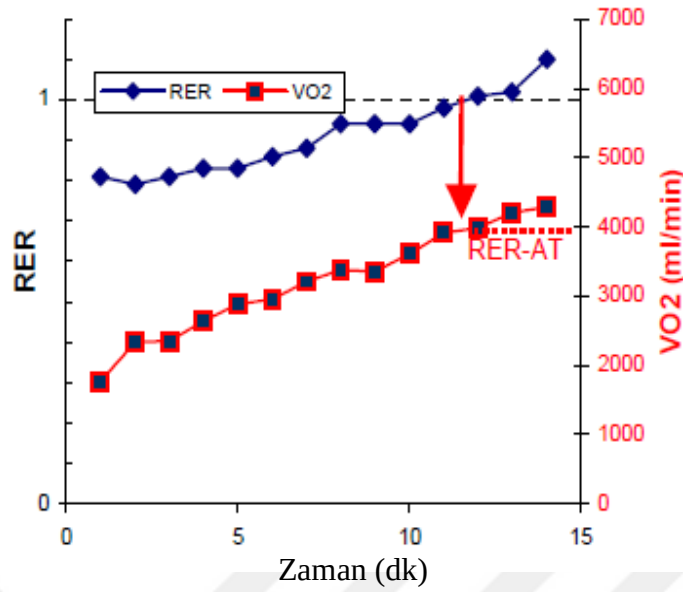
Dinlenimde alveolar  $PO_2$  100 mmHg iken arterial oksijen basıncı ( $PaO_2$ ) dinlenimde 80 mmHg'ya yakındır ve egzersiz boyunca arteriel basınç düşmez, ağır egzersizde hafifçe yükselebilir. Alveolar ve arterial oksijen farkı egzersiz boyunca 20-30 mmHg'nin altında ve genellikle orta şiddetli egzersizlerde 10 mmHg'ya yakın seyreder. Tidal volüm sonu  $O_2$  parsiyal basıncı ( $PETO_2$ ) ise istirahatte 90 mmHg hatta biraz daha yüksek olabilir. Örneğin: hiperventilasyon gösteren, pulmoner vasküler hastalığı olan hastalarda ventilasyon perfüzyon oranı yüksektir (54). Bu durum end-tidal (ekspirasyon sonu) karbondioksit hacminde azalma ve tidal volüm sonu oksijen basıncında ( $PETO_2$ ) yükselmeye sebep olur (55). Egzersizde ise artan laktik asidoza bağlı artan ventilasyon end-tidal  $PO_2$ 'de artışla sonuçlanır (54). Bu değer invaziv

yöntemlerde anaerobik eşik noktası olarak kabul edilir. Aşağıdaki grafikte tidal volüm sonu  $O_2$  artışına bağlı hesaplanan anaerobik eşik noktası gösterilmiştir (Şekil 8).



**Şekil 8.** PETCO<sub>2</sub>'de bir azalma olmadan artmış PEO<sub>2</sub>'ye göre anaerobik eşik belirlenmesi. Kalın çizgi ile gösterilen nokta anaerobik eşik noktasıdır (Beaver' den, 53).

d) RER (İng=Respiratory exchange ratio) aerobik uygunluğun bir başka göstergesidir. VCO<sub>2</sub> miktarının VO<sub>2</sub> miktarına bölünmesiyle elde edilir. Düşük ve orta yoğunluktaki egzersizlerde dahi VO<sub>2</sub> maks ve laktat eşiğinden bağımsız olarak aerobik uygunluğun ve azalmış egzersiz toleransının bir göstergesi olabilir (56). Şekil 9'da inkremental bir test sırasında RER değeri eğrisindeki kırılma noktasına dayalı anaerobik eşik belirlenmesi gösterilmiştir.



**Şekil 9.** RER' in hızlı olarak artışına bağlı anaerobik eşik belirlenmesi (Solberg'den, 57).

#### 4.2.4. Egzersiz Testleri

Aerobik kapasitenin belirlenmesi için yapılan testler temelde maksimal ve submaksimal testler olmak üzere iki alt grupta incelenir. Maksimal testler birey tükenene kadar devam ederler. Aerobik kapasitenin belirlenmesinde kardiyak problemi olan, dispne problemi yaşayan bireylere de maksimum güvenlik içinde test yapılmak istenmesi daha alt sınırlarda yürütülen submaksimal test ihtiyacını doğurmuştur. Submaksimal testler başlangıç yükü yada ("first beat" metod da denilen) başlangıç kalp hızı baz alınarak bu değerlerin egzersiz süresince  $VO_2$  maks ile doğrusal bir ilişki içinde artacağı esasına dayanır. Genellikle belirli bir zaman bağımlı (astrand bisiklet testinde olduğu gibi) olmakla birlikte,  $PVC_{170}$  testinde olduğu gibi maksimal kalp hızının %75'ine tekabül eden şiddetlerde ölçüm yapılan tipleri de mevcuttur. Aerobik kapasitenin ölçülmesi bu şekilde labaratuvar ortamında maksimal oksijen alımının ölçülmesi ile hesaplanacağı gibi, daha az miktarda kesinlik içeren birçok saha testiyle de ölçülebilir (35). Labaratuvar testleri çok sayıda kişi üzerinde test yapılmasına elverişli değildir, çünkü karşılanması gereken özel koşulları ve pahalı ekipmanları vardır. Aynı anda veya kısa zaman dilimi içerisinde çok fazla katılımcıya test yapmak gerektiğinde saha testleri daha çok tercih edilir (35). Ancak saha testleri de standart testler değildir, çünkü aerobik kapasitenin indirekt ölçümü için ön koşul olan saha şartlarının bütün bireyler için aynı olması koşulunu sağlamazlar. Saha testleri

submaksimal sınırlarda yapılabileceği gibi "1 mil yürü" veya "1 mil koş testi" gibi maksimal sınırlarda yapılanları da mevcuttur. Maksimal ve submaksimal egzersiz testleri Tablo 3 ve Tablo 4'de özetlenmiştir.

**Tablo 3.** Aerobik kapasite ölçümünde kullanılan maksimal egzersiz testleri (58).

| <b>Maksimal Aerobik Testler</b>                                                      |                                                               |                                                                       |                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Sürekli Testler                                                                      | İntermittent (Kesikli) Testler                                | Yürüme /Koşma (Saha Testleri)                                         | Spor veya grup spesifik testler                                        |
| 1. Çok fazlı mekik koşu testi (Aero test veya PACER test diye de adlandırılır)       | 1.Yo-Yo intermittent (Aralıklı dayanıklılık) testleri         | 1.Belirli bir uzaklığa ya da belli bir zaman diliminde koşma testleri | 1. 10 m Beep testi (Serebral palsili çocuklar için dizayn edilmiştir)  |
| 2.Yo-Yo endurans testleri (beep tipi test de denilir ve dinlenme periyotları içerir) | 2. JAM intermitant testi                                      | 2. 20m koşu testi ant(Miller)                                         | 2. 10 m dereceli mekik koşu testi (KOAHLı bireyler için)               |
| 3.Maksimal oksijen tüketim testi (VO <sub>2</sub> maks)                              | 3. 30-15 intermitant Fitnes Testi (Aralıklı mekik koşu testi) | 3.Andersen testi                                                      | 3. İki km kürek çekme testi                                            |
| 4. V <sub>maks</sub> (VO <sub>2</sub> maks testinin sadeleştirilmiş halidir)         | 4. Gacon Test (Running 45'/15")                               | 4. Bir km (1000m) koş testi (IPFT)                                    | 4. Mekik Yüzme Testi                                                   |
| 5. Bruce Protokol Testi                                                              | 5. Soccer FIT Interval Test                                   | 5.Altı dakika koşu testi                                              | 5. Swimming Beep Test                                                  |
| 6. Balke Treadmill Test                                                              | 6. FIFA Interval Test 2                                       | 6. Altı dakika yürüme testi                                           | 6.Kritik Yüzme Hızı Testi                                              |
| 7. University of Montreal Track Test (Orjinal beep testi)                            |                                                               | 7.12 dakika Cooper testi                                              | 7. Bir km Yüzme Zamanı Testi                                           |
| 8. Birtwell 40 metre Shuttle Run (mekik testi)                                       |                                                               | 8.15 dakika Balke testi                                               | 8. Çok fazlı saha testi (MFT) (Tekerlekli sandalye kullanıcıları için) |
|                                                                                      |                                                               | 9. Bir mil yürü testi                                                 | 9.12 dakika tekerlekli sandalye aerobik testi                          |
|                                                                                      |                                                               | 10.Bir mil koş testi                                                  | 10.Ice Hockey beep testi                                               |
|                                                                                      |                                                               | 11.İki km yürüyüş testi                                               |                                                                        |
|                                                                                      |                                                               | 12. İki mil koş testi                                                 |                                                                        |

**Tablo 4.** Aerobik kapasite ölçümünde kullanılan submaksimal egzersiz testleri (58)

| Submaksimal Testler                          |                                    |                                                            |
|----------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| a)Bisiklet Testleri                          | b)Basamak Testleri                 | c)Egzersiz olmadan aerobik ölçüm yapan testler             |
| 1.Astrand-Rhyming Bisiklet Ergometrisi Testi | 1. Harvard Step Testi              | 1.Polar Fitnes Test (Kalp atışı varyasyonlarına dayalıdır) |
| 2.PVC <sub>170</sub> Test                    | 2.Queen's Kolej Step Testi         | 2. Aktivitesiz Fitnes Test                                 |
| 3. 3 Kademeli Aerobik Test                   | 3.YMCA 3-dakika Step Testi         |                                                            |
|                                              | 4.Canadian Home Fitnes Test (CHFT) |                                                            |
|                                              | 5.Balke Step Test                  |                                                            |
|                                              | 6.Chester Step Test                |                                                            |

#### 4.2.4.1. Labaratuar Egzersiz Testleri

Aerobik kapasitenin labaratuar testleri aracılığıyla ölçülmesi konusunda şu temel iki nokta göz önünde bulundurulmalıdır. Aerobik metabolizma oksijene ihtiyaç duyar ve aerobik metabolizma sonucunda ısı açığa çıkar (33). Açığa çıkan ısıнын ölçülmesi esasına dayanan ölçümler kalorimetre olarak adlandırılırlar (33). Bu yöntemin tarihçesi 1780 yılına kadar dayanmaktadır. Lavosier buzlu suyla izole edilmiş bir ortama koyulan farenin metabolizmasını ısı değişikliklerini ölçerek bulmuştur. Atwater ve Rosa 1985 yılında bir insanın içine girebileceği büyüklükte bir ortam oluşturarak ısı değişimlerini ölçen bir direk kalorimetre yapmış ve böylelikle yapılan iş ve üretilen enerjiyi hesaplamıştır (59). Ancak bu sistemlerin çok büyük olması ve içinde egzersiz yapılmasının zorluğu nedeniyle, açık ortamlarda ya da labaratuar ortamında yapılan, yapılan iş ya da açığa çıkan enerjinin ısı değil solunum gazları üzerinden ölçüldüğü indirekt kalorimetre denilen yöntemlerin kullanımı yaygınlaşmıştır (59).

Fiziksel olarak yapılan işin mekanik araçlar yardımıyla ölçülmesine ergometri denmektedir (59). Ergometrik yöntemlerin birim zamandaki oksijen alımı ve karbondioksit üretimini de ölçecek şekilde dizayn edilmesine ergospirometri denilmektedir (59).

Oksijen alımının ölçülmesi sırasında klasik yöntem olarak, ekspire edilen hava 150-200 ml hacminde bir torba (Douglas Torbası) aracılığı ile toplanarak biriktirilir ve daha sonra gaz analizi yapılır. Ancak günümüzde otomatik analizörler sayesinde ergospirometrede önemli aşamalar kaydedilmiştir. Paramanyetik ya da zirkonyumlu analizörlerle oksijen analizi, uzun zamandan beri güvenle kullanılan kızıl ötesi yolla ise karbondioksit ölçümü yapılabilmektedir. Gaz analizi her soluk almada (breath-by-breath) anında yapılabilir (59).

Hem aerobik kapasite hem de anaerobik eşiğin belirlenmesinde çoğunlukla yükün kademeli olarak artırıldığı inkremental maksimal egzersiz testleri (İET) kullanılır. Tredmilde veya bisiklet ergometrisinde yapılabilen maksimal oksijen tüketim testleri hem EKG hem de kalp hızının monitorizasyonunu sağlar. Gaz maskesi aracılığı ile oksijen alımı ve karbondioksit salınımının hesaplandığı bu testler aerobik kapasitenin en kesin ve doğru şekilde belirlenmesini sağlarlar (60). Egzersiz yükü kademeli olarak ılımlı yükten yoğun yüklemeye doğru artacak şekilde yapılır.

#### **4.2.4.2. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi ve Bisiklet Ergometrisi**

Kardiyopulmoner egzersiz testleri, pulmoner, kardiyovasküler, hematopoetik, nörofizyolojik ve kas iskelet sistemi gibi bir çok farklı sistemin tek başına yansıtamadığı patolojileri bütüncül olarak ve eş zamanlı değerlendirmesi nedeniyle klinikte gitgide artan bir kullanım alanı bulmaktadır. Bu non-invaziv dinamik test hem submaksimal hem de maksimal egzersiz sınırlarının tayininde klinik olarak daha kolay karar vermeyi sağlayan güvenilir bir yoldur (61).

Kardiyopulmoner egzersiz testi aşağıdaki durumlarda uygulanmaktadır:

- 1) Fonksiyonel kapasitenin ve maksimum  $VO_2$  'nin belirlenmesinde,
- 2) Egzersizi kısıtlayan faktörlerin ve altta yatan patofizyolojik faktörlerin belirlenmesinde,
- 3) Hem kardiyak hem de pulmoner semptomların bir arada görüldüğü hastalıklarda her birinin katkısını ve katkı oranını tayin etmekte,
- 4) İstirahat halindeki kardiyak ve pulmoner testlerde ortaya çıkmayan semptomları saptamak için,
- 5) Gaz değişim anormalliklerini gözlemlemek için,



- 6) Kardiyak veya pulmoner rehabilitasyon programına katılan hastalardaki ilerlemeyi ve rehabilitasyon programına nasıl yanıt verdiklerini görmek için,
- 7) Özür seviyesinin belirlenmesinde,
- 8) Ameliyat olacak hastaların değerlendirilmesinde (61).

Kardiyopulmoner egzersiz testi, treadmill veya bisiklet ergometrisi olmak üzere iki farklı şekilde yapılabilir. Treadmill egzersizleri her ne kadar günlük hayatta alışlageldik olan yürüme aktivitesini içerse de, düz yolda yürüme aktivitesinden farklı olması ve yaşlı bireyler için denge kurmanın zor olması ayrıca yerçekimine karşı daha fazla aktivite yapılması nedeniyle organlara daha fazla yük bindirir. Hem bu sebeple hem de daha ucuz ve daha az yer kaplaması nedeniyle bisiklet ergometrisi de yaygın kullanım alanı bulmuştur.

Bisiklet ergometrisi testinde bir çok farklı protokol kullanılabilir. Çok fazlı egzersiz protokolü, sabit egzersiz protokolü, inkremental progresif ya da sürekli rampa protokolü olarak da adlandırılan protokoller kullanılmaktadır. Bu protokolde öncelikle 0 watta yapılan yükleme bisiklet çevirme kullanılır. Daha sonra her bir dakikada 5 ila 25 watt arasında değişen yüklemelerin kullanıldığı inkremental faza geçilir. Bu fazın egzersiz şiddeti ayarlanırken fit görünen bireyler için 25-30 watt'lık artışlar seçilebileceği gibi kısıtlılığı olan bireylerde 5 watt'lık artışlar tercih edilmelidir. Bu faz birey yorulana kadar devam etmekle birlikte genellikle 8-12 dakika sürer. Sonraki 5-10 dakika EKG monitörizasyonunun devam ettiği ve birey toparlanana kadar yüksüz pedal çevirmeyi içeren toparlanma süresidir (42).

Kardiyopulmoner egzersiz testi sırasında bilinmesi gereken önemli noktalardan ilki istirahat halindeki ve yükleme pedal çevirme sırasındaki  $VO_2$  miktarıdır. Normal bir kişide istirahat halindeki  $VO_2$  miktarı 250ml/dk (3.5 ml/dk.kg), yükleme pedal çevirmede ise 400 ml/dk olmalıdır. Obez kişilerde bu miktarlar her ikisi için 1000 ml/dk 'dan yüksek olabilir (62).

İkinci önemli nokta RER değerinin kontrolüdür. RER değerinin egzersizin ilk %30-40'lık kısmında 0.8 ile 0.95 arasında olması beklenir. Bu değerin hiçbir zaman 0.7'nin altında olması beklenmez. Bireyin iyi maksimal efor sergilemesi durumunda RER değeri maksimum efor sırasında 1.1 ve 1.3 değerlerine çıkar ve egzersiz

bittikten sonra dahi 1-2 dakika boyunca yükselmeye devam eder. Çünkü bu sırada kas birikmiş CO<sub>2</sub>'yi temizler ama oksijen alımı azalmıştır (62).

Birey yüklenmiş pedalı çevirmeye başladığı anda oksijen alımı ve yükün tahmin edilebilir ve doğrusal bir şekilde artması beklenir. Oksijen alımı her bir watt yük artışında vücut ağırlığı başına 10-12 ml artmalıdır (62).

Bir başka önemli faktör ise arteriyel oksijen saturasyonudur. Eğer gerçek bir saturasyon problemi varsa bu yüklemenin başladığı egzersizin ilk dakikalarında kendini gösterir ve yük arttıkça saturasyon progresif istikrarlı bir düşüş gösterir. Ayrıca test sırasında VO<sub>2</sub> maksin testin başlarında 1-2 dakika boyunca aynı değerde kalması da normal karşılanmaz (62). Oksijen saturasyonu test sırasında kardiyak hastalarda sabit kalırken ventilatör limitasyonu olan, pulmoner vasküler veya interstisiyel akciğer hastalığı olanlarda azalır. Anaerobik eşik geçildiğinde bikarbonat miktarı düşmeye başlar ve CO<sub>2</sub>'nin parsiyel basıncı bu metabolik asidoza bağlı olarak hızlı bir şekilde düşer. Stabil veya artan bir CO<sub>2</sub> parsiyel basıncı ventilatör limitasyon veya nöromuskular bir hastalık olduğunun göstergesidir (62).

EKG monitörizasyonu test sırasında, herhangi bir ST çökmesi veya aritmi olup olmadığı ve bunun test sırasında hangi aralıkta olduğu konusunda bilgi verir. Kan basıncı egzersiz boyunca kontrollü bir şekilde artmalıdır.

Kardiyopulmoner egzersiz testi aşağıdaki durumlarda kontraendikedir ve uygulanmamalıdır (61):

1. Myokard infarktüsü geçirildikten sonra 3 ila 5 gün içerisinde
2. Stabil olmayan anjina varlığında
3. Kontrol edilemeyen aritmide
4. Senkop olması durumunda
5. Akut endokarditte
6. Akut myokardit veya perikarditte
7. Şiddetli aortik stenozda
8. Kontrol altında olmayan kalp yetmezliğinde
9. Akut pulmoner emboli veya pulmoner infarkt durumunda

- 10.Alt ekstremitte trombozunda
- 11.Şüpheli anevrizma
- 12.Kontrol altında olmayan astım
- 13.Pulmoner ödem
- 14.Respiratuar yetmezlik

### **4.3. Kasların Yapısı, Kas Kuvvetini Etkileyen Faktörler ve Kas Lifli Tipleri**

#### **4.3.1. Kasların Yapısı**

Kaslar vücudumuzun %40'dan fazlasını inşa ederler ve enerji metabolizmasının önemli bir bölümünü oluştururlar. Hareketin temel komponenti olarak görev yaptıkları için güçlü kaslar hem günlük yaşam aktivitelerinin daha rahat yerine getirilmesi hem de vücudun yaralanmalardan korunmasının sağlanması için gereklidirler.

Kaslar yapıları, kasılma özellikleri ve kasılmayı kontrol eden mekanizmalarının özelliklerine göre üç ana grupta sınıflandırılır: İskelet kasları, düz kaslar ve kalp kası. Bu üç kas yapıcı birbirinden farklı olmasına rağmen güç üretme mekanizması hepsinde yüksek oranda benzerdir. Bir kalp kası veya iskelet kası, ışık mikroskopunda incelendiğinde bu kasların çizgili kas olarak da anılmasına gerekçe oluşturan, uzun eksene dik, koyu ve açık renkte bantlaşmalar gösterir. Kas lifinin stoplazması kas boyunca uzanan lifçiklerle doludur. Bu lifçikler kalın ve ince filamentler olmak üzere ikiye ayrılır. Kasılabilir proteinden oluşan kalın filamentler miyozin olarak adlandırılırken ince filamentler aktin olarak adlandırılır. Aktin üzerinde hayati fonksiyona sahip iki protein daha bulunur troponin ve tropomiyozin. Kasılma sırasında troponine bağlanan  $Ca^{+}$  troponinde şekil değişikliğine sebep olur ve bu da tropomiyozinin aktin üzerindeki miyozin bağlanma bölgesinden uzaklaşmasına sebep olur. Ve son olarak miyozin başının aktine bağlanarak bir çapraz köprü oluşturmaları sağlanır.

Kasılma sırasında her bir miyozin köprüsü bir tane ince aktin flamentine tutunarak, sudaki bir botun kürek çekme hareketiyle ilerlemesi gibi aktin flamentlerinin kasın ortasına doğru hareketini sağlar. Bu aktivite sırasında sarkomerin boyu kısalmır. (33).

#### 4.3.2. Motor Ünite ve Kas Lifi Tipleri

İskelet kasında bir alfa motor nöron ve onun inerve ettiği kas fiberlerinin (kas hücresi) oluşturduğu bütüne motor ünite denir. Motor ünitelerin işe katılım sırasının ve miktarının ayarlanması yumuşak, kuvvetli ve devamlı kas kasılması için anahtar rolü oynar. Güçlü kaslarda bir motor nöron 2000 tane kas hücresini uyarabilir. Aynı şekilde ince motor nöronlardan oluşan küçük motor üniteler de daha az kas lifi içerir. Bu küçük motor üniteli lifler güçsüz fakat uzun sürdürülebilir kasılmalar oluştururlar. Bir kas değişik tipte motor üniteler içerebilir fakat bir motor ünitedeki liflerin tamamı aynı tiptedir. Kas lifi tipleri, yavaş kasılan ama endurans sporları için daha uygun olan, kırmızı renkte, oksidatif tip 1 lifler; hızlı kasılan, güç sporları için uygun beyaz renkte anaerobik, tip 2a ve tip 2X lifler olmak üzere üç farklı kategoride sınıflandırılırlar (33).

Aynı kas içerisindeki farklı tip liflerin farklı oranda güç üretmesini etkileyen bazı yapısal faktörler vardır. Longitudinal uzunluk olarak her bir lif tek başına aynı uzunluğu sahip olduğu için burada farklılık göze çarpmaz. Ancak kas lifinin enine kesit alanı toplam çapraz köprü sayısını etkileyeceği için toplam güç üretimini belirler. Yavaş liflerde mitokondri yoğunluğundan dolayı yeterli alan kalmaması nedeniyle miyozin sayısının azalması da güç üretimini engeller (63).

Aslında hızlı ve yavaş lifler temelde bir çok özellik yönünden farklılaşır. Kırmızı olarak görünen yavaş lifler bu özelliklerini içlerindeki yoğun kapiller damarlanmadan alır. Mitokondri yoğunluğunun da fazla olduğu bu lifler lif çapı olarak diğer tiplerle kıyaslandığında düşük değer gösterir. Miyogloblin içeriği fazladır ve bu da daha çok oksijen taşıma kapasitesiyle ilişkili olarak ATP sentezinde birincil yol olarak aerobik yolun kullanılmasına neden olur. Buna karşın miyozin ATPaz aktiviteleri yavaştır ve glikojen depoları da göreceli olarak düşüktür. Yorgunluğa dirençlidirler ve yavaş liflere bağlı motor üniteler kasılma sırasında her zaman ilk sırada ateşlenir. Yavaş oksidatif lifler endurans sporlarına yatkındırlar ve maraton koşucularında daha yoğun olarak bulunurlar (33). Tablo 5'de bu liflerin özellikleri sıralanmıştır.

**Tablo 5.** Farklı lif tiplerinin özellikleri (Hoehn'den, 63)

|                                                  | <b>Tip 1</b><br>Yavaş<br>oksidatif<br>lifler                           | <b>Tip 2a</b><br>Hızlı oksidatif<br>lifler      | <b>Tip 2x</b><br>Hızlı glikolitik<br>lifler     |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Metabolik karakteristik</b>                   |                                                                        |                                                 |                                                 |
| <b>Kasılma hızı</b>                              | Yavaş                                                                  | Hızlı                                           | Hızlı                                           |
| <b>Miyozin ATPaz aktivitesi</b>                  | Yavaş                                                                  | Hızlı                                           | Hızlı                                           |
| <b>ATP sentezinde kullanılan birincil yollar</b> | Aerobik                                                                | Aerobik (Az miktarda da anaerobik glikoliz ile) | Anaerobik glikoliz                              |
| <b>Myoglobin içeriği</b>                         | Yüksek                                                                 | Yüksek                                          | Düşük                                           |
| <b>Glikojen depoları</b>                         | Az                                                                     | Orta                                            | Yüksek                                          |
| <b>Kasılma sırasında işe katılım sırası</b>      | İlk olarak                                                             | İkinci olarak                                   | Üçüncü olarak                                   |
| <b>Yorgunluğa direnç</b>                         | Fazla                                                                  | Orta                                            | Az                                              |
| <b>Aktivite tipi</b>                             |                                                                        |                                                 |                                                 |
|                                                  | Endurans tipi aktiviteler (Ör:maraton koşusu, vücut postürünün devamı) | Sprint (hızlı koşu)<br>Yürüyüş                  | Kısa dönemli yoğun aktiviteler (Ör: Topa vurma) |
| <b>Yapısal karakteristik</b>                     |                                                                        |                                                 |                                                 |
| <b>Kas lifi çapı</b>                             | Küçük                                                                  | Orta                                            | Büyük                                           |
| <b>Mitokondri miktarı</b>                        | Çok                                                                    | Çok                                             | Az                                              |
| <b>Kapiller miktarı</b>                          | Çok                                                                    | Çok                                             | Az                                              |
| <b>Renk</b>                                      | Kırmızı                                                                | Kırmızı-Pembe                                   | Beyaz                                           |

Hızlı lifler ya da diğer adıyla tip 2 lifler kendi içlerinde iki alt gruba ayrılırlar. Enerji kullanım şekline göre tip 1 liflere daha yakın olan tip 2a diye adlandırılan hızlı oksidatif lifler çok az bir kısmı anaerobik metabolizmayı kullansa da mitokondri depolarında hatırı sayılır derecede glikojen bulunur ve yorgunluğa yavaş oksidatiflere görece olarak daha dayanıksızdırlar. Renkleri pembe veya kırmızı olabilir ve lif çapları yavaş liflere göre uzundur. Kasılma sırasında ikincil olarak uyarılarak kasılmaya katılırlar. Yürüyüş ve koşu gibi sporlarda kullanılırlar (63).

Hızlı liflerin diğer bir alt birimi olan "hızlı glikolitik lifler" enerji üretimini primer olarak anaerobik metabolizma yoluyla gerçekleştirirler; mitokondri sayıları, kapiller miktarı ve miyoglobin içerikleri düşüktür. "Miyozin ATPaz" aktiviteleri hızlıdır. Glikojenin depolanma oranı yüksektir ve çok çabuk yorulurlar. Renkleri beyazdır, lif çapları ise yine yavaş liflere göre uzundur ve kasılma sırasında en son işe katılırlar. Kısa süreli ve güç gerektiren aktivitelerde kullanılırlar (63) (Tablo 5).

#### **4.3.2.1. Vücuttaki Değişik Kasların Lif Tipi Dağılımı**

Bireylerin vücudundaki bütün kaslar hızlı ve yavaş liflerin bir kombinasyonu şeklinde dağılmıştır. Ancak her kasta bu liflerin oransal dağılımı aynı değildir. Örneğin, vastus lateralis, rectus femoris, gastrocnemius gibi kaslarda tip 1 ve tip 2 liflerin dağılımı eşitken, göz kasları ve "triceps" kası %30 daha fazla hızlı lif içerir (64, 33). Vücutta farklı kasların lif tipi dağılımları incelendiğinde bazı kasların daha fazla tip 1 lif oranına sahip olduğu görülebilir (64). Soleus kası diğer kaslara göre %30-40 daha fazla tibialis anterior ise %20-30 daha fazla yavaş lif içerir (64). Bu konuda ilk çalışmayı yapan Johnson ve arkadaşlarıdır. 17 ila 30 yaş arası değişen 6 otopsi vakası ile çalışılmış ve 50 farklı bölgeden örnek alımı yapılmıştır. Sonuç olarak soleus kasının derin liflerinde %89 oranında tip 1 ağırlıklı life rastlanmıştır. Aynı zamanda tibialis anterior kasında %72.7 oranında, biceps femoris kasında %66.9 oranında, addüktör magnus kasında %63.3 oranında, vastus medialis kasında %61.5, gluteus maksimusta %52.4 oranında tip 1 lif olduğu tespit edilmiştir (65). Bir başka çalışmada tibialis anterior kasında %77 biceps femoris kasında %43 oranında tip 1 ağırlıklı life rastlanmıştır (66). Bir diğer çalışmada da tibialis anterior kasında %96, soleus kasında %76, biceps femoris kasında ise %51 oranında tip 1 ağırlıklı lif saptanmıştır (67).

Vikne ve arkadaşları da vücut kas liflerindeki bu dağılımın bireysel farklılıklardan oluştuğunu göstermek için 5 farklı kas grubunu incelemiş ve kas lifi dağılımında farklı kaslar arasında bir ilişki olduğunu göstermiştir. Tip 1 ağırlıklı boyun kaslarına sahip bireylerin aynı zamanda tip 1 ağırlıklı bacak kaslarına da sahip olduğu görülmüştür. Bu çalışmada Vikne'nin vurguladığı bir başka önemli nokta ise, aynı kasın daha derin tabakalarından alınan örneklerin tıpkı "sclaneius medius" kasının "sternokleidomastoideus" kasına göre daha fazla tip 1 ağırlıklı lif içermesi gibi daha yoğun olarak tip 1 ağırlıklı lif içerdğidir. Vikne' ye göre postural kaslar daha yoğun olarak tip 1 ağırlıklı lif içermektedir ve Tip 1 ağırlıklı lif içeren kaslar vücut ağırlık merkezine çok yakındırlar (68).

Vücudumuzdaki tip-1 ağırlıklı lifler günlük akiviteler sırasında daha sık kullanılmaktadır (69). Yürüyüş aktivitesi sırasında yapılan EMG çalışmalarında soleus kasının neredeyse yürüyüş siklusunun %50 kısmında aktif olduğu söylenebilir. Aynı zamanda vastus medialis kasının da yürüyüşün %50'lik siklusu boyunca aktif olduğu görülmektedir (70).

#### **4.3.3. Kas Kuvveti, Kas Gücü Kavramları ve Kas Kuvvetini Etkileyen Faktörler**

Kuvvet tanımı, fizikte kütleli bir cisme hareket kazandıran etki olmakla birlikte kas kuvveti bir kas ya da kas grubunun maksimum çabası sonucu dinamik veya statik gerilim oluşturabilme yeteneğidir (71). Güç, birim zamanda yapılan iş miktarı olarak tanımlanır ve kuvvetin ne denli hızlı bir şekilde ortaya koyulabildiğiyle ilgilenir.

Kas kuvveti kasın boyutu, kasın uzama yada gerilme miktarı, kasılma hızı, kasılmaya katılan motor ünite sayısı, kası oluşturan kas lifi tipleri gibi faktörlerden etkilenir (72).

Kas gücü üretimi aktin ve miyozin arasında yapılan çapraz köprü sayısıyla ilişkilidir. Dolayısıyla bir kasın filament sayısının fazla olması daha çok çapraz köprü olmasını ifade ettiğinden daha yüksek güç üretimi potansiyeli demektir (33). Enine kesit alanı bir kasın en şişkin yerinden alınan ve kas liflerine dik olan alandır. Bu alanın değerinin yüksek olması da yine artmış kas kuvvetiyle ilişkilendirilir (72).

Kasın kasılma hızı, açığa çıkan kas kuvvetini etkileyen önemli faktörlerden bir başkasıdır. Açığa çıkan kuvvet, kasın kasılma hızıyla ters orantılı olarak artar. Bu durumda kasılma hızının maksimum olduğu konsentrik (kasın boyunun gitgide

kısıldığı) kasılmalarda güç üretimi en az iken, izometrik (kasın boyunun sabit olduğu) kasılmalarda güç orta seviyede , eksentrik (kasın boyunun uzadığı) kasılmalarda açığa çıkan güç ise en yüksek düzeydedir (73).

Nöral sistem kasın güç üretimini değiştirmek için üç farklı seçenek kullanır: (72)

1. Bunlardan ilki "Recruitment" (Takviye) kavramıdır. Bu kavram yeni motor üniteleri işe katarak ya da çıkararak toplam kas gücünü derecelendirmek manası taşır (73). Küçük motor nöronlar daha düşük uyarılma eşiğine sahip oldukları için egzersiz sırasında ilk olarak aktive olurlar ve kas daha büyük güç üretimi için artan talebi etkinliği gitgide artan motor üniteleri sırayla işe katarak karşılar (74).

2. Ateşleme hızı bunlardan diğeridir ve bir motor nöronun bir saniyede ne kadar deşarj olduğunu ifade eder. Dinlenimde motor ünitelerde daha düşük ateşleme hızı görülürken güç gerektiren aktivitelerde daha yüksektir. Tip 2 motor üniteler daha yüksek ateşleme hızına sahiptir ve bu şekilde güçlü bir kas kasılması elde edilebilir (69).

3. Senkronizasyon kelimesi eş zamanlı kasılma manasına gelmektedir. Motor ünitelerin kas kuvvetini arttırmak ihtiyacının artışına göre daha fazla senkronize olması güç üretimini arttırmanın bir başka yoludur (69). Normalde motor ünite hassas, yumuşak bir kas kasılması için senkronize şekilde kasılmaz. Ancak elit kuvvet sporcularında maksimal istemli kasılma sırasında senkronize olarak kasıldığıyla ilgili kanıtlar vardır (75).

#### **4.3.4. Kas Dayanıklılığı ve Kas Yorgunluğu**

Kas dayanıklılığı bir kasın kontraksiyonunu uzun süre sürdürebilme ya da tekrar edebilme yeteneğidir (33). Kas yorgunluğu ise kasın güç ve hareket üretim kapasitesinde istirahatle geri dönüşümü mümkün olan kısıtlılıktır (76). Kas yorgunluğu, yapılan egzersizin tipi, egzersiz yapan kasların lif tipleri, egzersiz yapan bireyin form durumu gibi faktörlerden etkilenir. Kas yorgunluğunun nedenleri merkezi ve periferik olmak üzere ikiye ayrılır. Merkezi faktörler beyin ve omurilikteki motor nöronlarla ilişkilendirilir ve bu nöronların aktivitesi kaslardan gelen inhibitör nöronlar, ve bireyin motivasyon durumundan etkilenir (76).

Motor son plaklarda nörotransmitter azalması veya nörotransmitterin motor son plaklardaki reseptörlere bağlanmasındaki sorunlar, sarkolemma ve T tübüllerin



elektiriksel iletimindeki azalma gibi faktörler kas yorgunluğuna neden olan periferik faktörlerden bazılarıdır. ATP azalması, kreatin fosfat ve glikojen azalması da yine yorgunluğa yol açan önemli nedenlerdendir. Kreatin fosfat yokluğu hızlı liflerin yorgunluğuna yol açarken, glikojen yokluğu yavaş liflerin yorgunluğu ile sonuçlanır. Laktat,  $H^+$ ,  $PO_4^-$  birikimi de kas yorgunluğuna yol açar. Laktat ve  $H^+$  birikimi sarkoplazmik retikulumdan serbestlenen kalsiyum miktarını azaltarak, kalsiyumun troponine bağlanmasına karışarak, Sodyum potasyum pompasının işleyişini aksatarak, anaerobik glikolizden sorumlu enzimlerin işleyişini engelleyerek yorgunluğa yol açabilir (77).  $H^+$  birikimi genellikle hızlı liflerde yorgunluğa yol açar (76).

#### **4.4. Egzersiz Kavramı, Tipleri, Etkileri**

##### **4.4.1. Egzersiz ve Antreman Kavramları ve Başlıca Egzersiz Tipleri**

Egzersiz vücuttaki kasların istirahat seviyesinin üzerinde enerji harcayarak, efor ortaya koyma girişimidir (33). Egzersiz kullanılan enerji mekanizmalarına göre ikiye ayrılır. Bunlar enerjinin oksidatif yollardan üretildiği aerobik egzersizler ve fosfokreatin-kreatin, glikojen-laktik asit sisteminin kullanıldığı anaerobik egzersizlerdir (17).

Egzersiz tipleri yapılaş şekillerine göre ,ise, başlıca, denge egzersizleri, esneklik egzersizleri, endurans (dayanıklılık) egzersizleri ve kuvvet egzersizleri (dirençli egzersizler) olarak sınıflandırılabilir (71).

Antrenman kavramı herhangi bir alanda istenilen düzeye ulaşmak için gerçekleştirilen sistemik alıştırma manasına gelir ve iyi bir antrenman programı bu dört egzersiz tipinin hepsini içermelidir. Denge egzersizleri belli bir destek yüzeyi üzerinde kişinin postür ve stabilitesini devam ettirebilme yeteneği üzerinde yoğunlaşır (78). Esneklik egzersizleri ise değişik başlama pozisyonlarında, bir yardımcı veya oto-yardımla yapılan germe egzersizlerinden oluşur.

Dayanıklılık egzersizleri aynı hareketin daha fazla tekrarla yapılabilmesi esasına dayanır. Kuvvet egzersizleri ise herhangi bir kas aktivitesinin daha yüksek dirence karşı yapılması esasına dayanır (78).

Endurans (dayanıklılık) egzersizleri ve dirençli egzersizlerde istenilen amaca yönelik olarak egzersiz uygulanırken, temelde iki değişkenle oynanır. Bunlar egzersiz

volümü ve egzersiz yoğunluğudur. Volüm egzersizin süresi bazında değerlendirilir, yoğunluk ise daha çok yapılan işle ilişkilidir. Antreman programlanırken genellikle bu iki değişkenin birinin artmasıyla diğeri azalır (79). Endurans (Dayanıklılık) egzersizleri uzun süreli hafif veya orta yoğunluktaki egzersizlerken, dirençli egzersizler kısa-orta süreli yüksek yoğunluklu aktivitelerdir.

#### **4.4.2. Endurans (Dayanıklılık) Egzersizleri**

Dayanıklılık genellikle uzun zaman diliminde yapılan bir egzersiz sırasında yorgunluğa dayanabilme kapasitesi olarak tanımlanır. Endurans (dayanıklılık) egzersizi ise en az 20 dakika süreli, maksimal kalp hızının %60-80'inde yapılan kassal aktivite olarak tanımlanabilir (80). Yüzme, yürüyüş, bisiklet çevirme gibi egzersizler bu egzersizlere örnek olarak verilebilir.

Endurans (dayanıklılık) egzersizlerinde ilerleme tekrar sayısının arttırılması, her egzersizin süresinin arttırılması, programdaki egzersizlerin sayısının arttırılması veya egzersiz programının süresinin arttırılması ile sağlanır (71).

Dayanıklılık egzersizleri uzun dönemde, kalp hızında düşme, egzersiz sırasında artmış kardiyak debi, kan basıncında düşme ve oksijen alımında artış sağlarlar (81). Dayanıklılık egzersizleri uzun dönemde sempatik aktiviteyi azaltarak ve parasempatik aktiviteyi arttırarak istirahat kalp hızını düşürür (82, 83). Ayrıca dayanıklılık egzersizi yapmış bireyler, aynı submaksimal yük altındaki egzersiz testi sırasında, sedanter bireylerle kıyaslandığında daha düşük kalp hızına sahip oldukları görülür (84).

Dayanıklılık antremanından sonra diastol sonu ventrikül içi volümün artarak, vurum hacminde artışa yol açtığı ve bunun da hem istirahat hem de egzersiz sırasındaki kardiyak debiyi arttırdığı bilinmektedir (85, 81). Dayanıklılık egzersizi kalp debisindeki artışla aynı oranda toplam kan volümünü ve bunun bir sonucu olarak ta diastol sonu kan volümünü de arttırmaktadır (81). Ancak dayanıklılık egzersizlerinin diastol sonu volümü arttırdığına dair kanıtlar daha çok her gün egzersiz yapan atletlerdeki sonuçlara dayanır (86, 87) Aynı zamanda dayanıklılık antremanı, egzersiz testi sırasında maksimal yükteki kalp hızını düşürmez (7). Ve atletlerde yapılan çalışmalarda da ilk bir dakikalık toparlanma süresindeki kalp hızında, sedanterlere göre anlamlı değişiklik görülememiştir (83).

Dayanıklılık egzersiziyle maksimal oksijen alımında ve aerobik kapasitede artış olur. Ancak maksimal oksijen alımındaki bu artışın, arteriovenöz oksijen farkıyla değil daha çok artmış kardiyak debiyle ilişkili olduğu düşünülmektedir ve kanıtlanmıştır (7, 88). Yük arttıkça ve egzersizin hızı arttıkça yapılan iş artar. Dolayısı ile dayanıklılık aktivitelerinde hızın artmasıyla ve yükün artmasıyla kalp hızı arttığından yoğunluk kalp hızı üzerinden hesaplanır. Örneğin: Tredmilde yürüyen bir kişide hem hız hem de platformun eğimi artırılarak bireyin kalp hızı artırılabilir. Elit atletlerde endurans egzersizin faydasını inceleyen çalışmalarda  $VO_2$  maks seviyesi yüksek olan bu bireylerde dayanıklılık egzersizin devam etmesiyle maksimum oksijen alımında çok küçük bir azalma kaydedilmiştir (6). Belli bir seviyeye ulaşmış bireylerde oksidatif kapasitenin artırılması için dayanıklılık egzersizleri daha yüksek yoğunluklarda yapılabilir. Yüksek yoğunlukta yapılan intervalli (aralıklı) koşu egzersiziyle maksimum oksijen alımında artış sağlanabilir (89, 90). Bununla birlikte dayanıklılık egzersizi kemik mineral yoğunluğunda sınırlı miktarda artışa yol açar ve kas hipertrofisi (kasta kitlesel olarak hatta dışarıdan bakıldığında gözle görülen büyüme) de bu egzersiz tipiyle minimal olmaktadır (91).

#### **4.4.3. Dirençli Egzersiz Kavramı ve Dirençli Egzersiz Değişkenleri**

Dirençli egzersiz kasın eksternal bir güce karşı yaptığı egzersizler olarak tanımlanmaktadır ve burada eksternal güç dambıl, serbest ağırlıklar, su şişesi v.s. olabileceği gibi kişinin kendi ağırlığı da eksternal güç olarak tanımlanabilir. Ağırlık antremanı ya da güç antremanı gibi bir çok farklı terim dirençli egzersiz yerine kullanılabilir. Bir kas grubunu içereceği gibi birden fazla kas grubunu da içerebilir. Dirençli egzersizlerde egzersiz volümü bir tedavi seansı boyunca yapılan toplam tekrar ve set sayısından elde edilir. Egzersiz volümünü değiştirmek her seansta yapılan egzersiz sayısını değiştirmek, her sette yapılan tekrar sayısını değiştirmek ve her egzersiz için yapılan set sayısını değiştirmekle olur (92). Genellikle düşük tekrar sayısı ile yapılan antremanlar düşük volümlü olarak tanımlanır. Yüksek tekrar sayılı egzersizler ise halka tip dirençli egzersizler de denilen peşpeşe bir çok farklı kas grubunun 8-20 tekrar şeklinde çalıştırılması şeklinde olabileceği gibi, aynı kas grubunun arada dinlenme molaları verilerek, tekrar sayısının setlere bölünmesi şeklinde de çalıştırılabilir. Bu çok setli programlar, sabit yoğunluklu- tekrar sayılı; artan egzersiz yoğunluklu (Delorme Tekniği) ve egzersiz yoğunluğu artarken tekrar

sayısının azaldığı piramit tip olmak üzere çeşitli sınıflara ayrılır. Egzersiz yoğunluğu bir antreman sırasında kuvvet elde etmek için kullanılan en önemli değişkendir. Yoğunluk her tekrarda kaldırılan ağırlık miktarıdır. Yoğunluk arttıkça bireyin çok tekrarlı bir sette her tekrarda kaldırdığı ağırlık miktarı da artar (92). Egzersiz yoğunluğunun göreceli hesaplanmasında bireyin bir tekrarda kaldırabildiği maksimum ağırlık miktarının (1MT) (İng=Repetition maksimum= 1RM'in) yüzde olarak ne kadarına tekabül ettiği kullanılmaktadır (93). Bu noktada bireylerarası farklılıklar göze çarpabilir. Örneğin bir birey 1 MT'nin %70 'inde 12 tekrar yapabiliyorken, başka bir birey 24 tekrar yapabilir (94).

Yapılan çalışmalarda yüksek volümlü, çok set içeren ve çok tekrar içeren egzersizlerin dayanıklılık için iyi olduğu fakat kuvvet gelişimini optimize etmediği görülmüştür (95). Bunun yerine kuvvet gelişimi için geleneksel yüksek yoğunluklu az tekrar sayılı ve uzun dinlenme periyotları içeren antreman programları daha fazla kuvvet artışına yol açar (95).

Kuvvet kazanımlarını optimize etmek için genellikle 1MT'nin %60-70'i arasındaki ağırlıklar 8-12 tekrar olacak şekilde uygulanır. Kasta gözle görülür kitlesel artış için (hipertrofi) daha fazla set sayısına ihtiyaç duyulur. Hipertrofi için 1MT'nin %70-%85'i arasındaki yükler 8-12 tekrar olacak şekilde 1-3 set arasında uygulanır (96). Farklı set sayılarında yapılan egzersizlerin kuvvet gelişimi açısından belirgin farklılığa yol açmadığı kaydedilmiştir (97). Ancak ACMS'ye (Amerikan Spor Hekimliği Koleji) göre bir setlik egzersizler kuvvet gelişimi için yetersizdir ve 2-4 setlik 8-15 tekrarın olduğu egzersiz protokolleri kullanılmalıdır (97).

Ayrıca setler arasındaki dinlenme periyotlarının uzunluğunun da kuvvet gelişimini etkilediği bilinmektedir. Son yapılan çalışmalara göre aynı yoğunlukta yapılan egzersizlerde setler arasında dinlenme periyotları 1 dakika yerine 3 dakika olduğunda kuvvet artışı ve hipertrofi daha fazla olmaktadır (98). Ancak güç üretimi açısından 3 dakikalık dinlenme periyodu olan egzersizlerde 1 dakikalık dinlenme periyotları olan egzersizlere göre bir üstünlük gözlenmemiştir (99).

#### **4.4.4. Dirençli Egzersize Akut Cevaplar**

##### **4.4.4.1. Dirençli Egzersiz Sırasında Oluşan Metabolik ve Hormonal Cevaplar**

Kas remodelizasyonu ikili bir sistemi içeren olaylar bütünüdür. Bu sistemin ilki dirençli egzersiz sırasında oluşan katabolik süreç ve diğeri ise iyileşme fazında tamir ve kas büyümesine öncülük eden anabolik süreçtir (100).

Dirençli egzersizler kastaki protein dönüşümünü anabolik hormonlar olan testosteron, büyüme hormonu, IGF-1 ve katabolik bir hormon olan kortizol hormonunu kullanarak ayarlar (100). Kandaki hormonların bu akut yükselmeleri hedef dokunun hücre membranındaki ya da sitoplazmasındaki reseptörleri etkiler. Bu değişikliklerin nihai sonucu protein sentezidir (100). Testosteron nöronlar üzerindeki reseptörlerle etkileşime girerek nörotransmitter salınımını artırır, sinir yenilenmesini sağlar. Testosteron salınımının dirençli egzersizlerde dayanıklılık egzersizlerine göre daha fazla olduğu bilinmektedir (73).

Kasta protein sentezine sebep olan başlıca hormonlar büyüme hormonu ve İnsülin benzeri büyüme hormonu (IGF-1)'dur. Büyüme hormonu dirençli egzersiz başladıktan 30 dakika sonra artar. Dirençli egzersiz sırasında laktik asidozise bağlı artan  $H^+$  'in büyüme hormonunun (BH) salgılanmasını arttırdığı düşünülmektedir (100). Egzersiz sırasında BH sentezinin ardından ekstrasellüler matrikste bulunan IGF-1 sentezi görülür (100).

##### **4.4.2. Dirençli Egzersiz Sırasında Açığa Çıkan Kardiyovasküler Cevaplar**

Kalp hızı, vuru hacmi, kardiyak output, aktif kaslara kan akımı ve kan basıncı dirençli egzersiz sırasında belirgin şekilde artar (101). Dirençli egzersizde açığa çıkan kardiyovasküler cevaplar yüklemenin miktarına, eklem hareket yönü ve de egzersiz süresine göre değişebilmektedir. Çok yüksek yoğunluklu egzersizde kalp hızı 170, kan basıncı 300/220 mmHg gibi değerlere çıkabilir (102). Bunun nedenlerinden biri nefes tutmayla birlikte intraabdominal basıncı arttırarak venöz dönüşün zorlaştıran mekanizma olarak tanımlanan Valsalva manevrasıdır (102). Bireyler 1MT'nin %80-85 'inde yapılan egzersizlerde Valsalva mekanizmasını kullanmazken daha yüksek yoğunluklardaki egzersizlerde gövdeyi stabilize etmek ve kuvvet üretimini arttırmak için valsalva manevrası daha fazla kullanılır. Dirençli egzersizlerde kalp hızı ve kan basıncının kaldırılan yüke bağlı olarak arttığı bilinse de yapılan bir çok çalışmada bu

değişikliklerin genellikle yapılan setin sonlarına doğru ve yorgunluk sınırına yaklaşıldığında gerçekleştiği görülmektedir (103). Egzersiz yorgunluk sınırına doğru ilerledikçe ilerleyen tekraralarda valsalva manevrası daha çok kullanılır. Bu yüzden yorgunluk sınırına doğru devam eden ağır yüklemeli egzersizlerde kalp hızı dakikada 160-170 vuruşa ulaşabilir ve intratorasik basınç artar. Çünkü yorgun kasların aynı gücü açığa çıkarması için daha fazla efor gereklidir, daha fazla motor ünite aktive olur hatta başka yardımcı kaslar da işe katılır. (104).

Dinamik ve statik kontraksiyonların bir kombinasyonu olan dirençli egzersizlerde hareketin başında kaldıracağı ağırlığı da geçecek şekilde yapılan bir statik kasılmayı ağırlığı kaldırmak için yapılan konsentrik bir kontraksiyon takip eder. (105). Ardından ağırlığı indirmek için yapılan eksentrik bir kontraksiyon ve bu kontraksiyonu takip eden gevşeme periyodu gelir (105).

Egzersiz sırasında vuru hacmi ve kardiyak output eksentrik faz sırasında daha fazla artar (101). Çünkü egzersizin konsentrik fazı daha zordur. Bu durum şu hipotezle açıklanabilir: İlk tekrar sırasında bu konsentrik kontraksiyonun öncüsü olan bir eksentrik kontraksiyon yoktur. Dolayısıyla konsantrik kontraksiyondan önceki bu kontraksiyonun gerim etkisi olmadığı için kas bu ilk hareket sırasında daha fazla efor sarfeder ve valsalva manevrası daha fazla kullanıldığından venöz dönüş zorlaşarak diyastol sonu ventriküllerdeki kan miktarı azalır. Dolayısıyla dirençli egzersize hemodinamik cevap gecikmiş olarak eksentrik fazda görülür (104).

Egzersiz sırasında bir seti tamamladıktan sonraki 5. saniyede kalp hızı set sırasındakinden daha yüksektir. Maksimal kas kuvvetinin %20'sinden fazlasıyla yapılan dirençli egzersizlerde egzersiz sırasında kan akımı engellenir ancak dinlenme periyotlarında kasa olan kan akımı artar. Bu sıradaki pH düşüşü kas büyümesi için stimülasyon oluşturur (101).

#### **4.4.4.3. Dirençli Egzersize Ventilatuvar Cevaplar**

Dirençli egzersiz sırasında ventilasyon set boyunca belirgin şekilde artar. Ancak dinlenme sırasındaki ilk birinci dakikada bu artış maksimaldir. Hatta dakikada 60 litreyi bulabilir. Dinlenme aralıklarının uzunluğu da ventilatuvar cevap oluşumunu etkiler. 30 saniyeden 1 dakikaya kadar olan kısa dinlenme periyotları en belirgin artışı sağlar (101).

Dirençli egzersiz sırasında ( $a-vO_2$ ) arterio-venöz oksijen farkı aynı kalır ancak egzersizin kesildiği andan itibaren hızla artar. Ventilasyon ve oksijen alımı da egzersiz boyunca yavaşça artış gösterir ancak egzersiz kesildikten sonra çok hızlı bir zirve yaparlar (33). Anaerobik enerji dirençli egzersiz sırasında her ne kadar baskın olsa da aerobik enerji kaynakları da kullanılır. Örneğin: 6-12 tekrarlı 5 setten oluşan bir dirençli egzersiz hareketinde, oksijen alımı birinci setde hızlı bir artış yapar ardından 3. sete kadar artmaya devam eder. Oksijen alımı platoya ulaştıktan sonra 4 ve 5. setde sabit kalır. Bu şekilde yapılan test sırasında ölçülen oksijen alımının maksimal oksijen alımının %33-47'sine tekabül ettiği gösterilmiştir (106). Yapılan bazı çalışmalara göre çok yaygın olarak kullanılan anaerobik testlerde dahi (30 saniyelik wingate testte) enerji %25-30 oranında aerobik yoldan karşılanır (33).

#### **4.4.5. Dirençli Egzersizin Kronik Etkileri**

##### **4.4.5.1. Nöro-muskular Değişiklikler**

Dirençli egzersiz sırasında olan nöral değişiklikler başlıca daha fazla motor ünitenin aktivasyonu ile sinirsel uyarının artırılması ve motor ünitelerin daha fazla senkronize şekilde kasılmasıdır. Bu değişiklikler kronik dönemde kasta daha fazla güç üretimi ve artmış kuvvetle sonuçlanır (107).

Motor uyarıları artırma kapasitesi üst düzey nöral merkezlerde gerçekleşir. Daha fazla güç üretimi için motor kortekste daha fazla nöral aktivite görülür ve bu da bireyin iradesiyle gerçekleşir (108). Bireyin kaldıracağı ağırlıkları görmesi ve konsantre olması güç üretimini artırır (73). Bazı bireylerde yapılan çalışmalarda bireylerin aslında kaldırmadıkları ağırlıkları gözlerinde kaldırıyormuş gibi canlandırmalarının kasta kuvvet artışına yol açtığı görülmüştür (109). Dirençli egzersizler bu özellikleri sayesinde sadece kuvvet artışı değil koordinasyon artışını ve motor öğrenmeyi de sağlarlar.

Yapılan çalışmalara göre normal bireyler maksimum efor sırasında dahi kas kitlesinin %71'ini aktive edebilirler (110). Bunun kortikospinal yollar boyunca ortaya çıkan inhibisyonun kaynaklandığı ve dirençli antrenmanın bu eksikliği fazlasıyla giderebileceği ve antrenmanlı bireylerin daha yüksek oranda kas liflerini aktive edebilecekleri düşünülmektedir (111-113).

Kasta yüksek oranda güç gerektiğinde bütün motor üniteler aktive olmalıdır. Bir motor ünite herhangi bir şekilde bir kez kasılmaya katıldığında beklenen sinaptik uyarının daha düşük seviyesinde uyarıya maruz kalsa bile aktive olabilir (114). Dirençli egzersizlerle bu özellikten dolayı kuvvet ve güç kazanımı elde edildiği düşünülmektedir. Dirençli egzersizlerdeki kuvvet kazanımları hipertrofiden önce gerçekleşir.

#### **4.4.5.2. Dirençli Egzersiz Sonrası Kardiyovasküler Değişiklikler**

Dirençli egzersiz yapan bireylerde vücudun artan ihtiyaçları doğrultusunda birçok kardiyovasküler adaptasyon gelişir (73). Dirençli egzersiz yapan bireyler daha kalın sol ventrikül duvarına ve interseptal duvar kalınlığına sahiptir (115). Ancak vücut kas kitlesindeki artış düşünüldüğünde bu artışın göreceli olarak değeri çok minimal olur. Dirençli egzersiz yapan bireylerde ventriküler boşlukta genellikle minimal artış olur ya da hiç olmaz (73). Ancak bazı yazarlara göre ağırlık antrenmanı yapan bireyler antremansız bireylere göre daha geniş ventriküler kaviteye sahiptir (116).

Dirençli egzersizle istirahat vuru hacmi hiç değişmeyebilir ya da biraz artabilir. Vuru hacmi büyük ölçüde vücut büyüklüğüyle ilişkili olduğu için kas hipertrofisinin vuru hacmindeki artış için bir stimulator olabileceği ve egzersiz sırasındaki vuru hacmini arttırabileceği düşünülmektedir (116).

Dirençli egzersizle istirahat kalp hızını etkilemez veya çok az düşebilir. Kısa dönemli dirençli egzersizle istirahat kalp hızının %4-13 arasında düştüğü gösterilmiştir (116). Dirençli egzersizden sonra genellikle belirli bir submaksimal yük altındaki egzersiz sırasındaki kalp hızında azalma görülür. Vücut geliştirme egzersizleri yapan bireyler submaksimal ve maksimal yük altındaki egzersizler sırasında daha düşük kalp hızı gösterir (116).

Yaşla birlikte vasküler geçirgenlik ve periferik kan akımında azalma olduğu bilinmektedir. Bu durumun da kas perfüzyonu ve fonksiyonel kapasiteyi negatif etkilediği düşünülmektedir (117). Dirençli egzersiz yapan erkeklerde yaşlılık döneminde periferik kan akımında azalma olmadığına dair kanıtlar mevcuttur (118-119). Yaşlı bireylerde yapılan başka bir çalışmada da dirençli egzersiz programının femoral arterin kan akımı ve vasküler geçirgenliğinde artışla sonuçlandığı görülmüştür



(120). Bazı çalışmalarda da dirençli egzersiz ile birlikte, endotel fonksiyonunda gelişme ve kasa olan kan akımında artış görülmüştür (121, 122).

#### *Dirençli Egzersizin Kas Kapillerizasyonuna Etkisi*

Kapillerizasyonla ilgili kanıtlar genellikle dayanıklılık egzersizlerinin kas kapillerizasyonunu arttırırken, dirençli egzersizin azalttığı ya da değiştirmedığı yönündedir (123-125). Dirençli egzersizin kas kapillerizasyonunu arttırdığı yönünde az sayıda kanıt mevcuttur (126-128). Kas kapillerizasyonu genellikle milimetrekaareye düşen kapiller miktarı manasına gelen kapiller yoğunlukla değerlendirilir. Ancak bu parametrenin büyük ölçüde kasın boyutundaki değişimlerden etkilendiği bilinmektedir. (129). Jensen ve arkadaşları dirençli egzersizle hem kapiller yoğunlukta hem de kas hücresi başına düşen kapiller miktarda artış bulmuştur (130). Krainski ise dirençli egzersiz programıyla kasta kitlesel artış olmadan kas hücresi başına düşen kapiller miktarda yine artış bulmuştur (128). McCall ve arkadaşları da dirençli egzersiz programının kas lifi başına düşen kapiller miktarda artışa neden olduğunu göstermiştir (126). Bu parametrenin kapiller yoğunluğun aksine kas hücresinin boyutundaki bir gelişmeden etkilenmediği bilinmektedir. Kas lifi boyutundaki büyümeyle birlikte, her bir lifle kontakt halinde olan kapiller miktarda da artış görülmüştür. Ancak her bir kapilleri paylaşan lif sayısı ve kapiller yoğunluk oranlarında bir değişim olmaması kapiller büyümenin kas gelişimine paralel olduğunu düşündürmektedir (126). Yeni kapiller formasyonun tip 1 liflerde en yoğun olmak üzere lifler arası hiyerarşiyi bozmadan oluştuğunun da vurgulanması gerekmektedir (131).

#### **4.4.5.3. Dirençli Egzersiz Sonrası Görülen Pulmoner Değişiklikler**

Dirençli egzersiz yapan bireyler sedanter bireylere yakın istirahat ventilasyon (VE) miktarına sahiptir (132). Ayrıca dirençli egzersizle pulmoner difüzyon istirahat sırasında ve submaksimal egzersiz sırasında değişmezken, maksimal egzersiz sırasında artar (132).

#### **4.4.5.4. Dirençli Egzersiz Sonrası Maksimal Oksijen Alımı**

Dirençli egzersizlerin oksijen alımı üzerine etkisi minimaldir. Ağırlık antrenmanı yapan bireylerin  $VO_2$  değeri sedanter bireylerle minimal farklılık gösterir. Vücut geliştirme sporu yapanlar diğer güç antrenmanı yapan kişilerden daha yüksek  $VO_2$  değerlerine sahiptir. Çünkü vücut geliştiriciler setler arasında kısa dinlenme arası

verdikleri için aerobik egzersizlere yakın antreman yapmış olurlar. Uzun dinlenme aralıklarıyla yapılan egzersizlerde setler arasındaki dinlenme periyotlarında kalp hızı toparlanır ve  $VO_2$  eşik değerine ulaşamaz (73).

Orta ve yüksek yoğunluklu yüksek volümlü, büyük kas gruplarının kullanıldığı, kısa dinlenme aralıkları içeren programlar  $VO_2$  maks'ı arttırabilir. Halka tip dirençli egzersizlerle aerobik kapasitenin %8'e kadar arttırılabileceği gösterilmiştir (8). Dayanıklılık antremanı ile birlikte yapılan dirençli egzersizin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada dirençli egzersizle birlikte aerobik egzersizin aerobik kapasiteyi %13 oranında arttırdığı görülmüştür (133).

#### **4.4.5.5. Dirençli Egzersizin Dayanıklılığa Etkisi**

Aynı zamanda hem dayanıklılık hem de kuvvet eğitimi yapmanın aerobik kapasite, dayanıklılık performansı üzerine etkisi tartışmalı bir konudur. 1980'li yılların sonuna kadar birçok atlet dirençli antreman yapmamıştır. Çünkü bu konuda yaygın kanı dirençli egzersizlerin kontraktil protein miktarını arttırırken dayanıklılık kapasitesini azalttığı idi. Bu yaklaşıma gerekçe olarak MacDougall ve arkadaşlarının 1979 yılında yapmış olduğu bir çalışmada dirençli egzersizin mitokondrial yoğunluğu azalttığının öne sürülmüş olması gösteriliyor idi (134). Yapılan bazı çalışmalara göre dirençli egzersizin dayanıklılık kapasitesini azaltmadığı gibi tersine mitokondrial yoğunluğu da arttırır ve kuvvet antremanı ile dayanıklılıkta artış gözlenebilir (135-137) .

#### **4.4.6. İlerleyici Dirençli Egzersiz**

##### **4.4.6.1. İlerleyici Dirençli Egzersiz Kavramı**

İlerleyici dirençli egzersiz kavramı bir egzersiz seansı boyunca yükün (egzersiz yoğunluğunun) ilerleyici bir biçimde arttırıldığı üç setlik dirençli egzersiz programı olarak tanımlanabilir. Bu yöntemi ilk kez askeri bir doktor olan DeLorme 1945 yılında uygulamıştır (73).

Progresif (İlerleyici) yüklenme bir egzersiz programı dizayn edilirken kullanılan en önemli anahtar kurallardan biridir (138). Çünkü insan vücudu daha yüksek fiziksel ihtiyaçlara cevap vermeye zorlanmadıkça kendini geliştirmek için gerekçe duymaz. Periodizasyon egzersiz değişkenlerinin planlı bir şekilde değiştirilmesini ifade eder. Bu

da dirençli egzersiz yapılırken aşağıdaki bir ya da daha fazla değişken değiştirilerek mümkün olmaktadır:

1. Egzersiz yoğunluğu değiştirilerek
2. Sabit bir yoğunluktaki egzersiz sırasında tekrar sayısı artırılarak
3. Maksimalin hemen altında yapılan yüklemelerde tekrar hızı değiştirilerek
4. Set sayısı artırılarak
5. Veya setler arasındaki dinlenme aralıkları kısaltılarak (92).

Kas kuvvetini optimize etmek için kullanılacak dirençli egzersizlerde bu progresif yüklenme yük artırılarak sağlanır. Yükün artırılması farklı seanslar ya da haftalar ilerledikçe olabileceği gibi aynı seans içerisinde setler arasında da olabilir (92). Direncin aynı seans boyunca progresif olarak artması egzersizin güvenli sınırlarda yapılmasını ve egzersize tolerasyonu düşük hasta bireylerde de uygulanmasını sağlar (139).

İkinci dünya savaşından sonraki yıllarda yaralı Amerikan askerlerinin sayıca hastanelere fazla gelmesi ve yatakların yetersiz kalması o yıllarda Dr.DeLorme'yi yeni bir konsept arayışına itmiştir. Eski rehabilitasyon protokollerinin uzamış periyotlarının, askerlerden oluşan ve çoğunlukla lokal yaralanmaların neden olduğu genel immobilizasyon neticesinde yatağa bağımlı hale gelmiş bu hasta grubuna hitap etmemesi yüklemenin arttığı, bireyin sınırlarının zorlandığı lokal etkilerle genel etkinin sağlandığı dirençli egzersiz konseptinin gelişmesini sağlamıştır. DeLorme'nin femoral kırığı olan hastaların ekstansör kas kuvvetini geliştirmek için kullandığı bu konsept ilk başlarda atletik performans geliştirmeye yaygın olan genç bireylerde yaygın kullanım alanı bulmuştur. Ancak DeLormenin bu yöntemi daha sonra sadece kas kuvvetlenmesinde değil egzersiz için motivasyonu artırıcı bir potansiyelinin de olması nedeniyle farklı hastalıkların tedavisinde de kullanılmış, "İlerleyici Dirençli Egzersiz " yöntemi tıp dünyasına kazandırılmıştır (140).

Her ne kadar kuvvet kazanımı dışında amaçlar için kullanılsa da DeLorme ve Watkins bu egzersizleri altmış yıl önce ilk tanımladığından beri ilerleyici dirençli egzersiz kuralları hiç değişmemiştir. Bu kurallar, yorgunluk oluşana kadar az sayıda tekrar yapılması, egzersizlerin arasında toparlanmanın sağlanması için yeterli miktarda

bir dinlenme süresinin uygulanması, direncin kademeli olarak artırılmasıdır. İlerleyici dirençli egzersizler 10 tekrarlı ve 3 set olacak şekilde uygulanır ve bireyin on kez yorulmadan kaldırıp 11. kez kaldıramadığı ağırlık kullanılır. İlk sette bireyin kaldırabileceği 10 MT'nin %50 'si, ikinci setde %75'i, üçüncü setde %100'ü kaldırılır (140).

DeLorme'nin yönteminin en önemli özelliği hem kas kuvvetlenmesini sağlayan hem de anaerobik koşulları zorlamayan ve optimal sınırlarda olan 10 tekrar kuralıdır. Zira Amerikan Spor Hekimliği Koleji (ACSM) tarafından tavsiye edilen ve yaygın kabul gören çalışma genel çalışma prensibi, haftada 2 ya da üç gün 8-12 maksimum tekrara tekabül eden ağırlıkların 1-3 sette kaldırılması gerektiği şeklindedir (141). Bu yöntemin bir diğer önemli özelliği ise birinci ve ikinci setler sırasında bireyin egzersize hazırlanmasıdır. Daha düşük yoğunlukta yapılan bu ısınma periyotları sırasında, kas sıcaklığı ve kasa olan kan akımı artar. Metabolik reaksiyonların, oksijenin hemoglobin ve myoglobinden serbestlenmesinin hızı, kalp hızı, kardiyak debi ve oksijen alımı artar. Kas glikojen yıkımı ve glikoliz oranı artar. Bu ısınma periyodu bireyin mental olarak da egzersize hazırlanmasını sağlar (142).

#### **4.4.6.2. İlerleyici Dirençli Egzersizin Faydaları**

İlerleyici dirençli egzersizi diğer dirençli egzersizlerden ayıran en önemli farklılık, günlük periodizasyonla yapılmasıdır. Yapılan bazı çalışmalara göre kısa periodizasyonlu (değişkenlerin her seansta değiştirildiği) dirençli egzersizlerde uzun süreli periodizasyon yapılan egzersizlere göre daha fazla kuvvet kazanımı elde edilmiştir (143).

Ayrıca İlerleyici dirençli egzersizler düşük yoğunluklardan başlamaları nedeniyle osteoartritte kırıkta ve diğer akut ağrılı durumlarda güvenli bir tedavi imkanı sağlar (141, 144). İlerleyici dirençli egzersizlerin bu özellikleri, kas kuvvetinin azaldığı ve düşme riski nedeniyle aerobik aktivitelerin zorlaştığı yaşlı bireylerde sadece kas kuvvetlenmesi için değil diğer fiziksel kapasitelerin geliştirilmesi için de kullanılabilmesini sağlar. Yaşlı bayanlarda yapılan bir çalışmada ilerleyici dirençli egzersizin respiratuar kas kuvvetini arttırdığı görülmüştür (145). Bu etki yaşlı bireylerle sınırlı değildir, zira genç bireylerde yapılan bir başka çalışmada da İDE'nin yorgunluğa dayanıklılık bakımından aerobik egzersizle aynı etkiyi gösterdiği görülmüştür (146).

## **5. GEREÇ ve YÖNTEM**

### **5.1. Etik Kurul Onayı**

Bu tez çalışması Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulunun 25 Aralık 2015 tarih ve 738 sayılı yazısı ile onaylanmıştır (Ek 4).

### **5.2. Çalışmaya Katılan Kişilerin Seçimi**

Çalışmada Karadeniz Teknik Üniversitesi ve Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi öğrencilerinden oluşan bayan ve erkek öğrenciler alındı. Gönüllülük esasına göre seçilen bireylerin 16'sı tıp fakültesi öğrencilerinden oluşmakta iken diğerleri mühendislik ve iki öğrenci de dış hekimliği fakültesi öğrencisi idi. Çalışmaya 10'u bayan 28'i erkek olmak üzere toplam 38 gönüllü katıldı. Bir erkek gönüllü sağlık sorunları gerekçesiyle 2. haftada çalışmadan ayrıldı. Bir bayan gönüllü de 4. haftada çalışma prokolü ile ilgili olmayan sağlık sorunları nedeniyle çalışmadan ayrıldı. Gönüllülerin yaş aralığı 19- 25 arasında idi. Ancak çalışmaya katılan bireylerden sadece iki tanesi 25 yaşında idi.

Çalışmanın hedef kitlesi sedanter bireyleri içerdiğinden gönüllülerin seçiminde bu kıstas göz önünde bulunduruldu. Bireylerin aktivite durumu uluslararası fiziksel aktivite ölçeği ile belirlendi (EK-1). Bu form işle ilgili fiziksel aktiviteler, ulaşım, ev işleri evin bakımı ve ailenin bakımı, dinlenme spor ve boş zaman aktiviteleri ve oturarak geçirilen zaman gibi alt başlıkları içeren beş farklı bölümden oluşmaktadır. Aynı zamanda formun kısaltılmış şekli de mevcuttur. Bu formun bir kopyasına Ek-1 de yer verilmiştir. Çalışma sırasında formun kısaltılmış hali kullanılmış olup, bireylerin verdikleri cevaplara göre yaptıkları fiziksel aktivitenin MET değeri egzersizi yaptıkları süre ile çarpılarak haftalık oksijen alımı 600 MET'in altında olan bireyler sedanter olarak belirlendi (147, 148).

### **5.3. Bilgilendirilmiş Olur Formu**

Çalışmaya katılan bireylere yapılacak tüm işlemlerin ve bu işlemlerin olması muhtemel risklerini içeren bilgilerin yer aldığı ayrıntılı bir form sunularak okumaları istendi. Formda verilen bilgileri okuyup onay niteliğinde imzalayan gönüllüler çalışmaya kabul edildi. Formun bir kopyası Ek-2 de gösterilmiştir.

#### **5.4. Egzersiz Testi Uygunluk ve Onam Formu**

Çalışmada aerobik kapasitenin belirlenmesinde kardiyopulmoner egzersiz testi kullanıldı. Bu test maksimum sınırlarda yapıldığı için bazı güvenlik kriterlerini elimine etmek adına bireylere, kardiyak genetik bir hastalığın olup olmadığı, sigara içme durumu, astım vb. kronik rahatsızlıklarının olup olmadığı ile ilgili soruları içeren bir form verilerek okumaları istendi. Ek-3'de bu forma yer verilmiştir. Belgeyi imzalayarak risk grubunda olmadığını beyan etmiş olan bireyler egzersiz testine alındı.

#### **5.5. Çalışma Dizaynı**

Gönüllüler çalışmaya katılım sırasına göre gruplara yerleştirildi. Sırayla her gelen ilk iki kişi dirençli egzersiz grubuna ikinci iki kişi yürüyüş grubuna üçüncü iki kişi kontrol grubuna koyuldu. Sırasıyla gruplarda İDE=13, Y=13, K=12 kişi vardı. Dirençli egzersiz grubundaki bir bayan gönüllü 4. haftada, yürüyüş grubundaki bir bay gönüllü ise 2. haftada çalışmadan ayrıldı. Böylelikle gruplardaki n sayıları İDE=12, Y=12, K=12 oldu.

#### **5.6. Ölçümler**

##### **5.6.1. Somatotip Ölçümler**

##### **5.6.1.1. Çevre Ölçümü**

Bireylerde kas kitlesinin artıp artmadığını belirlemek için bireylerin hepsinin uyluk ve baldır bölgesinden çevre ölçümleri yapıldı. Ölçümler kasın en şişkin olduğu yerden, hem sağ hem de sol ekstremiteden mezura ile yapıldı.

##### **5.6.1.2. Vücut Kitle İndeksi (VKİ) ve Yağsız Vücut Ağırlığı Ölçümü**

Bireyin boy uzunluğunun kilonun karesine oranı manasına gelen VKİ ölçümünde ve yağsız vücut ağırlığının belirlenmesinde “Tanita Body Composition Analyzer TBF-300 (FEED)” marka cihaz kullanıldı. Bu cihazın çalışma yöntemi elektriğin yüksek su ve elektrolit içeren dokularda daha hızlı yayıldığı esasına dayanmaktadır. Yağsız doku yüksek oranda elektrolit içermesi nedeniyle yağlı dokulara göre elektriğe daha az direnç gösterir. 800 mikroamperlik sabit frekansta (genellikle 50 kHz) sabit bir akım elektrotlar arasında geçiş yapar ve elektrotlar arasındaki voltaj, impedans hakkında bilgi verir. Bu sayede vücuttaki yağ ve kas dokusu miktarı ve toplam vücut ağırlığı hakkında bilgi sahibi olunur. Testten 12 saat öncesine kadar bireylerin çay ya da kahve içmemiş

olmasına mesanenin mümkün olduğunca boş olmasına dikkat edildi. Bireylerin üzerindeki metal eşyalar, bilezik, saat, yüzük çıkarıldı. Bireyin çıplak ayakla cihaza basması istenerek ölçüm yapıldı (Resim 1).



**Resim 1.** Vücut kitle indeksi ölçümü

#### **5.6.2. Spirometre Testi**

Spirometre testleri sırasında "masterscreen" marka ( $O_2$  ve  $CO_2$ ) gaz analizatörü ve Lab manager 4.0 yazılım programının spirometre modülü kullanıldı. Bireylerden önce bir kaç tekrarlı yüzeyel soluk almaları ve daha sonra alabilecekleri maksimum havayı solumaları ve ciğerlerinde hiç hava kalmayacak şekilde hızlı bir biçimde üflemleri istendi. Uyum sağlayamayan bazı bireyler için bu test iki-üç kez tekrarlandı. Spirometre testi istirahat sırasındaki vital kapasite miktarını ve solunum yedeğini belirlemek için yapıldı. Vital kapasite bireyin maksimal inhalasyondan sonra expire ettiği maksimal hava miktarıdır (33). Solunum yedeği ise maksimal istemli ventilasyonun egzersiz sırasındaki ventilasyondan çıkarılması ile elde edilir. Solunum yedeği hesaplanırken genellikle bu değerin maksimum ventilasyona oranını yüzde cinsinden ifade kullanılır (24).

### 5.6.3. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi

Kardiyopulmoner egzersiz testi sırasında VIA sprint 150P marka bisiklet modüllü, bilgisayara entegre olabilen QRS-card, 12 derivasyonlu EKG (Cardinal Health, Norristown, ABD), pulse oksimetre, ergospirometre ve gaz analizatörü donanımlı Cardinal Health marka (Norristown, ABD) kardiyopulmoner egzersiz testi ünitesi ve Lab Manager 4.0 yazılım programı sistemi kullanıldı. Test sırasında iki dakikada bir tansiyon takibi ergoline marka tansiyon aleti ve ergoline marka tansiyon monitörü ile yapıldı.

Tüm testler sabah 9.00 ve öğleden sonra 14.00 arasında yapıldı. Bireylerin sabah kahvaltı yapmış olması ve öğlen yemeği yemiş olması ve yemekten sonra en az bir saat süre geçmiş olmasına dikkat edilerek yapıldı.

Gaz maskesi her birey teste başlamadan önce dezenfekte edildi. Ayrıca her testten önce gaz analizatörleri atmosfer havası ve karışımı önceden bilinen bir gaz havası ile kalibre edildi. Her birey için 12 derivasyonlu EKG kullanıldı. "Breath-by-breath" yöntemi denilen, her nefeste ölçüm yapan sistemle her 5 sn' de bir kayıt alınarak solunum gaz değerleri takibi yapıldı. Tansiyon ölçümü her 2 dakikada bir yapıldı. Yük ilk beş dakikalık ısınma sürecinde 20 wattta sabitdi daha sonra her bir dakikada 15 wattlık artışlar gösteren protokol kullanıldı. EKG ekranı izlenerek ST segmentinde çökme ya da yükselme olup olmadığı takip edildi. Saturasyon ölçümünde saturasyonun %95'in altına düşmesi güvenlik sınırı olarak değerlendirildi ancak bu sınırın altına düşen denek olmadı.

Birey bisikleti dakikada 60 devir olacak şekilde çevirdi. Yorgunluk oluşana kadar birey bisikleti çevirmeye devam etti. Daha sonra yük alınarak 30-35 devir/dk hızda bireyin bisikleti çevirmeye devam etmesi istendi. Bu toparlanma periyodu RER değeri 1.00'ın altına düşünceye kadar ve kalp hızı 100 atım/dk'nın altına düşünceye kadar devam etti. Ardından birey testi sonlandırdı (Resim 2). Egzersiz testinin maksimal sayılabilmesi için belli kriterler göz önünde bulunduruldu. Bu kriterler RER değerinin 1.10'dan büyük olması, bireyin artık testi devam ettiremeyecek durumda olduğunun beyanı ve maksimal oksijen alımının plato noktasına ulaşmış olması idi. Oksijen alımının egzersiz yoğunluğu arttırıldığı halde aynı kalması plato noktası olarak kabul edildi (149).





**Resim 2.** Kardiyopulmoner Egzersiz Testi

#### **5.6.4. 10 Maksimum Tekrarın Belirlenmesi**

Bireylerin hangi ağırlıktaki yüklerle çalışacağını belirlemek için, Vastus Medialis, Soleus, Tibialis Anterior, Adduktör Magnus, Biceps Femoris kaslarına yönelik 10 maksimum tekrar sayısı yaralanmanın en aza indirilmesi için, 1 ya da 3 maksimum tekrar üzerinden değil 7-10 maksimum tekrar üzerinden hesaplandı (150). Bireylerin ayak bileklerine ağırlık bağlanarak, tibialis anterior kası için ise kettlebell dambıl ile, daha önce belirtilen kaslara yönelik 7-10 tekrar arası yapabilecekleri tekrar sayısı belirlenerek bu değer üzerinden 10 maksimum tekrar ağırlığı belirlendi. Egzersiz grubunda bütün kaslar için maksimum tekrar sayısı bulunurken yürüyüş grubunda vastus medialis oblikus ve adduktör magnus kaslarının değerlerine bakıldı.

#### **5.6.5. Müdahale**

##### **5.6.5.1. Dirençli Egzersiz**

Dirençli egzersiz grubuna alınan bireylerden haftanın üç günü beş farklı kas grubuna yönelik dirençli egzersiz yapmaları istendi. Egzersiz yoğunluğu bireyin 10

maksimum tekrar sırasında kaldırdığı ağırlık üzerinden hesaplandı. Bireyin 10 maksimum tekrara tekabül eden kum ve kurşun ağırlıkları (Resim 3) ayak bileğine bağlayarak egzersiz yapması istendi. Bu egzersizler üç set ve her sette 10 tekrar olacak şekilde yapıldı. Egzersiz ağırlığı 1 MT'nin %75'i olarak belirlendi. Birinci sette kaldırılacak ağırlığın %50 si ikinci sette %75'i üçüncü sette %100 'ü kaldırıldı.



**Resim 3.** Bireylerin egzersiz sırasında kullandığı kum ve kurşun ağırlıklar

Egzersizler sırasında bireyin ekstremitayı kasın kısaldığı pozisyona doğru getirip o pozisyonda yerçekimine karşı tutması istendi. Gönüllülerin bu tutma işlemini, beşe kadar sayı sayarak ve bu sayma işlemini de "Valsalva manevrasını" önlemek için sesli olarak nefes tutmadan yapmaları daha sonra ekstremitayı tekrar gevşemiş pozisyona getirmeleri istendi. Bireyler egzersizlerin ilk seansını egzersizleri pekiştirmek için egzersiz fizyolojisi labaratuvarında yaptılar (Resim 4). Diğer egzersizler ise kum ya da kurşun ağırlıklar bireylere verilerek destekleyici video eşliğinde evde yapmaları istendi. Bireylerin egzersizleri yaptığından emin olabilmek için kendilerine her hafta uluslararası fiziksel aktivite anketi e-mail yoluyla gönderilerek bu anketi doldurmaları istendi.



**Resim 4.** Dirençli egzersiz grubu ilk egzersiz çalışmalarını yaparken

Soleus kası için birey oturur pozisyonda iken dizleri ve kalçası tam 90 derecede olacak şekilde femur orta noktasına ağırlıklar koyularak yapıldı. Bu pozisyonda literatürde yer alan bilgiler çerçevesinde bireyin topuğunu yerden kaldırarak bu pozisyonda tutması istendi. (151). Birey bu pozisyonda beşe kadar sesli olarak saydı (Resim 5). Bu egzersizde yüksek miktarlarda ağırlık gerektiği için kurşundan yapılmış ağırlıklar üst üste koyularak egzersiz tamamlandı.



**Resim 5.** Soleus kası için egzersiz yapılışı

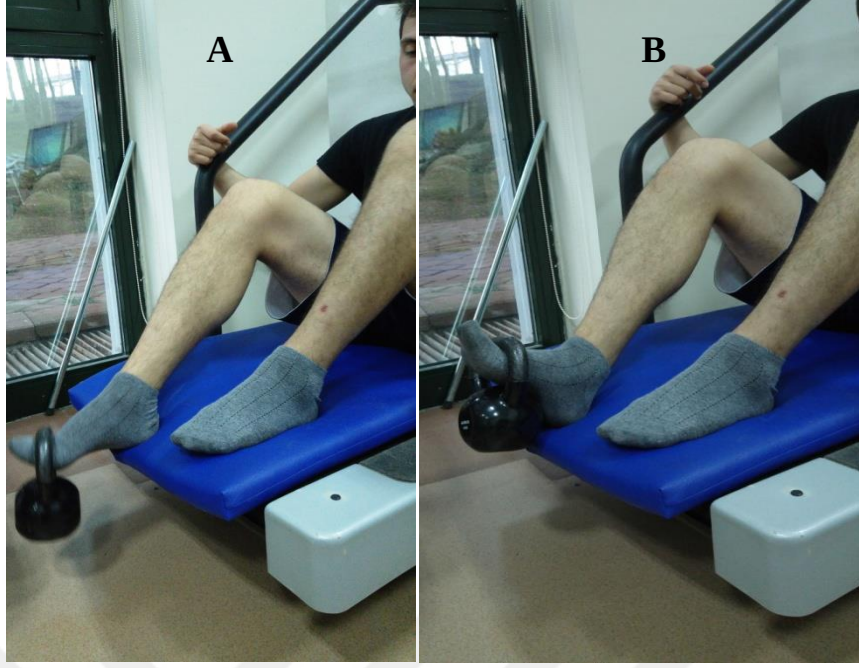
"Vastus medialis oblikus" kası uyluğun iç tarafına yerleşmiş olup görevi bacağı ekstansiyon yaptırmakla birlikte genellikle bacağın son 20 derecelik ekstansiyonundan sorumludur. Bu kasın çalıştırılması ayak bileği yataktan sarkmış durumda, dizin altında rulo yapılmış bir havlu varken ayak bileğine bağlanan ağırlıkla beraber dizin son 20 derecede kitlenmesi şeklinde yapıldı. Diz bu tam ekstansiyon pozisyonunda birey sesli olarak beşe kadar sayacak şekilde tutuldu.



**Resim 6.** VMO kası için egzersiz yapılışı

Tibialis anterior kası için "kettlebell" tipi dambıl "metatarsophlangeal" eklem hizasına geçirilerek ve ayak topuğu destekli ancak ucu serbest olacak şekilde yapıldı (152) (Resim 7). Bu pozisyonun en doğru şekilde alınabilmesi için bireylerin egzersizleri bir merdivenin en üst basamağına oturarak ve topuklarını 3-4 basamak daha aşağıya ayağın topuk dışında kalan kısmı serbest olacak şekilde yapılması istendi.





**Resim 7.** Tibialis anterior kasına yönelik egzersizin yapılışı

Biceps femoris kası için bireyin ayakta durduğu pozisyonda ayak bileğine bağlı ağırlığı yerden kaldırması istendi. Bu pozisyonda sesli olarak beşe kadar sayıp ayağını başlangıç pozisyonuna getirmesi istendi (Resim 8). Biceps femoris kasına daha iyi odaklanılabilmesi için egzersizlerin uyluğun hafif dışa dönük olduğu pozisyonda yapılması istendi (152). Ancak bireylerin egzersizlerini evde yaptıkları dönemlerde bu pozisyonun takibi yapılamadı.



**Resim 8.** Biceps femoris kası için egzersiz yapılışı

Addüktör magnus kası için yan yatış pozisyonunda egzersiz yaptırılacak bacak altta kalacak şekilde, diğer bacak bükülü ve ayak tabanının yere temas ettiği pozisyonda yapıldı (Resim 9).



**Resim 9.** Addüktör magnus için egzersiz yapılışı

Toplam 150 egzersiz haftanın üç günü antrenman aralarında bir gün olacak şekilde yapıldı (Tablo 7). Dirençli egzersiz sırasında setler arasında 30 saniye dinlenme arası verildi. Her egzersiz seansı ortalama 25-30 dakika sürmekte idi.

**Tablo 6.** Dirençli egzersiz grubu için haftalık çalışma takvimi:

| Pazartesi      | Salı           | Çarşamba       | Perşembe       | Cuma           | Cumartesi      | Pazar          |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Çalışma<br>var | Çalışma<br>yok | Çalışma<br>var | Çalışma<br>yok | Çalışma<br>var | Çalışma<br>yok | Çalışma<br>yok |

#### 5.6.5.2. Yürüyüş Egzersizi Grubu

Bu gruptaki gönüllülerin haftanın üç günü 25-30 dakika boyunca maksimal kalp hızının %65-75'inde yürüyüş egzersizi yapmaları istendi. Antrenman programı egzersiz yapılan günler arasında birer gün olacak şekilde yapıldı (Tablo 8) Bireylere "pulse oksimetre" verilerek nabız ölçümlerini egzersiz sırasında parmağın ucuna yapmaları istendi (Resim 10)



**Resim 10.** Yürüyüş egzersizi grubunun egzersizleri boyunca kullandığı oksimetreler

Bireylerin yürüyüşü rampa olmayan düz bir yolda, mümkünse bu amaç için ayrılan Trabzon Belediyesi sahil yürüyüş parkurlarında yapmaları istendi. Bireyler bu

süreçte bu aktiviteler haricinde çalışma prosedürüne uymayan başka bir yüksek yoğunluklu egzersiz, ya da uzun süreli aerobik olarak sınıflandırılabilir (halı saha maçı vb. gibi) aktivite yapmamaları konusunda uyarıldı. Bireylerin çalışmaya girmeden önce de yaptıkları evle ilgili veya ulaşım ile ilgili kısa süreli yürüyüş v.b. aktiviteler gözardı edildi. Bireylerin bu süreçteki fiziksel aktivite durumu hafta hafta kendilerine yollanan ve doldurmaları istenen uluslararası fiziksel aktivite anketi ile kontrol edilerek egzersizleri yaptıklarından emin olundu. Bu egzersizlerde diğer egzersizler gibi altı hafta sürdü.

**Tablo 7.** Yürüyüş grubu haftalık çalışma takvimi

| Pazartesi   | Salı        | Çarşamba    | Perşembe    | Cuma        | Cumartesi   | Pazar       |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Çalışma var | Çalışma yok | Çalışma var | Çalışma yok | Çalışma var | Çalışma yok | Çalışma yok |

#### 5.6.5.3. Kontrol Grubu

Bu gruptaki bireyler çalışmaya katılmadan önce yaptıkları aktiviteler haricinde (ulaşım, ev içindeki küçük günlük aktiviteler) farklı, uzun süreli yada kısa süreli aerobik ya da anarebik olarak tanımlanabilecek aktivite (halı saha maçı, vücut geliştirme, koşu) yapmamaları konusunda uyarıldı. Bu bireylerin fiziksel aktivite durumları yine her hafta kendilerine yollanan ve doldurmaları istenen fiziksel aktivite anketi ile belirlendi.

#### 5.7. İstatistiksel Analiz

Bütün istatistiksel analizlerde SPSS Windows 15.0 programı kullanıldı. Grup içi çalışma öncesi ve sonrası analizlerde eşleştirilmiş örneklem T testi kullanıldı (Paired-sample T testi). Gruplar arasında müdahale sonrası fark olup olmadığı ise tek yönlü kovaryans analizi (ANCOVA) testi ile belirlendi.



## 6. BULGULAR

### 6.1. Çevre Ölçümü

Müdahale öncesi ilerleyici dirençli egzersiz (İDE) grubundaki bireylerin sağ uyluk çevresi ortalama değerleri  $56.4 \pm 4.0$  cm, sağ bacak ise  $36.9 \pm 2.1$  cm , sol uyluk  $55.5 \pm 4.1$  cm sol bacak ise  $36.6 \pm 2.3$  cm, program sonrası ise sağ uyluk  $56.6 \pm 3.9$  cm, sağ bacak  $36.9 \pm 2.3$  cm sol uyluk  $56.0 \pm 4.6$  cm sol bacak  $36.4 \pm 2.2$  cm idi.

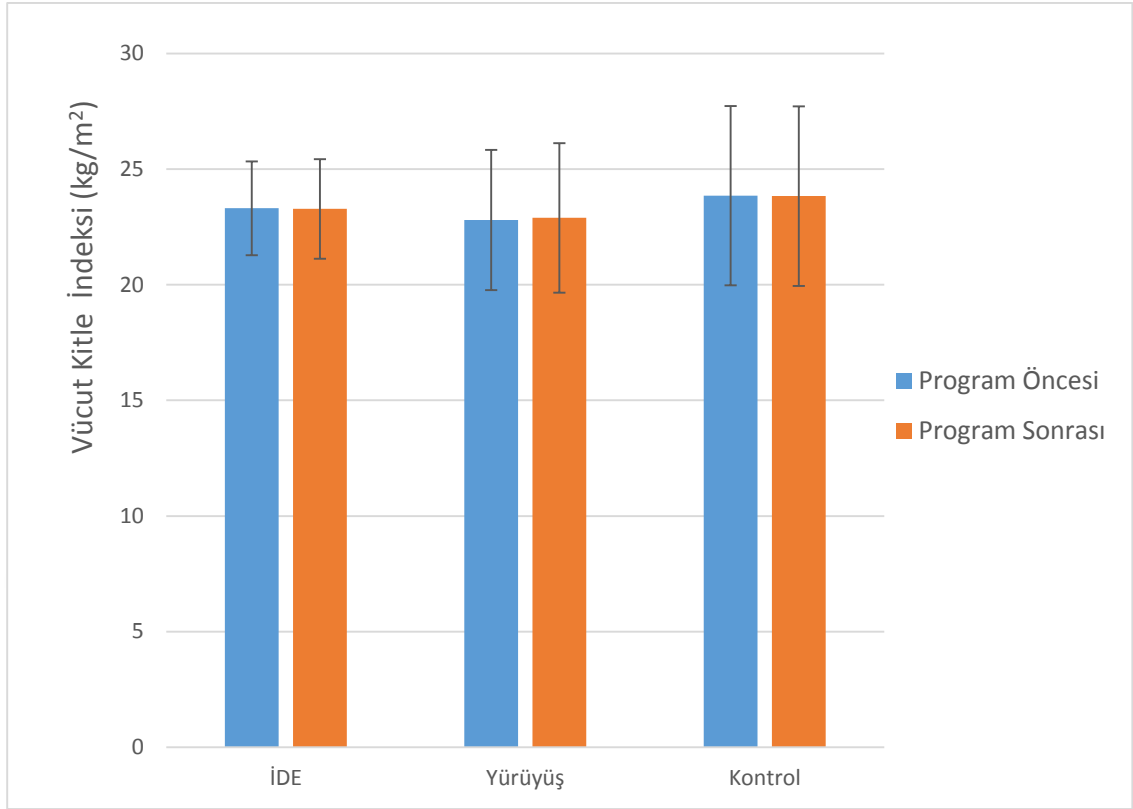
Yürüyüş grubunda tedavi öncesi sağ uyluk çevresi  $56.9 \pm 4.4$  cm sağ bacak çevresi  $36.6 \pm 2.8$  cm sol uyluk  $56.8 \pm 4.6$  cm sol bacak  $36.3 \pm 2.9$  cm, tedavi sonrası ise sağ uyluk  $56.4 \pm 5.1$  cm sağ bacak  $36.5 \pm 2.8$  cm sol uyluk  $56.1 \pm 5.0$  cm sol bacak  $36.4 \pm 2.7$  cm idi.

Kontrol grubunda ise müdahale öncesi sağ uyluk  $56.5 \pm 5.9$  cm, sağ bacak  $36.7 \pm 5.1$  cm, sol uyluk  $56.6 \pm 5.4$  cm sol bacak  $36.5 \pm 4.9$  cm, program sonrası sağ uyluk  $57.6 \pm 6.4$  cm, sağ bacak  $36.7 \pm 5.1$  cm, sol uyluk  $57.4 \pm 6.3$  cm sol bacak  $36.5 \pm 4.7$  cm idi. İDE grubunda ve yürüyüş grubunda uyluk ve bacak çevre ölçümlerinde egzersiz öncesi ve sonrası anlamlı farklılık yoktu. Kontrol grubunda ise sadece sol uyluk çevresinde minimal artış oldu ( $p=0.041$ ).

### 6.2. Vücut Kitle İndeksi (VKİ)

İDE grubundaki ( $n=12$ ), yürüyüş grubu  $n=12$  ve kontrol grubu  $n=12$  vücut kitle indeksi (VKİ) ayrı ayrı hesaplandı. İDE grubunun VKİ ortalaması  $23.30 \pm 2.11$  kg/m<sup>2</sup>, Y grubunun  $22.80 \pm 3.16$  kg/m<sup>2</sup>, K grubunun ise  $23.85 \pm 4.04$  kg/m<sup>2</sup> idi. Grup içi ve gruplar arasında değişkenler homojen dağılım göstermekteydi. Grupların VKİ değerleri arasında başlangıçta istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktu ( $p=0.724$ ).

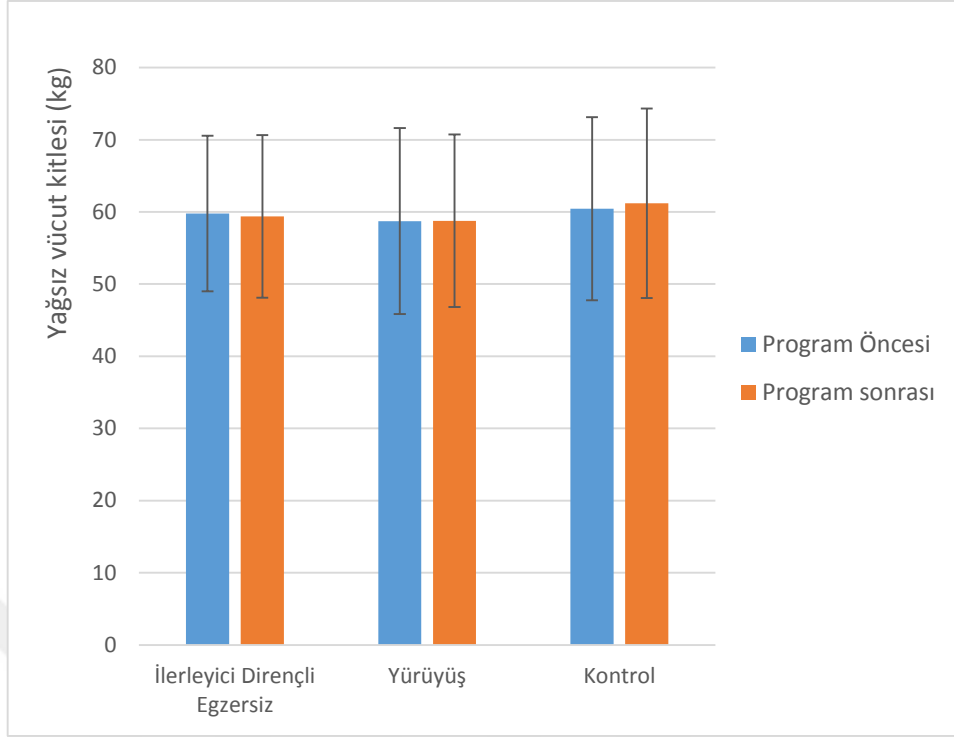
Çalışma sonrasında grupların VKİ ortalama değerleri İDE  $23.28 \pm 2.24$  kg/m<sup>2</sup>, yürüyüş grubu  $22.89 \pm 3.38$  kg/m<sup>2</sup>, kontrol grubu için  $23.83 \pm 4.05$  kg/m<sup>2</sup> şeklinde idi. Değişkenler gruplar arasında homojen dağılım göstermekteydi. VKİ yönünden gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktu ( $p=0.888$ ). Grupların kendi içinde çalışma öncesi ve sonrası değerleri arasında da farklılık yoktu (İDE grubu için  $p=0.907$ , yürüyüş grubu için  $p=0.722$ , kontrol grubu için  $p=0.623$ ). Bireylerin egzersiz programı öncesi ve sonrası değerleri Şekil 10'da gösterilmiştir.



**Şekil 10.** Grupların egzersiz programı öncesi ve sonrası vücut kitle indeksi değerleri

### 6.3. Yağsız Vücut Kütlesi

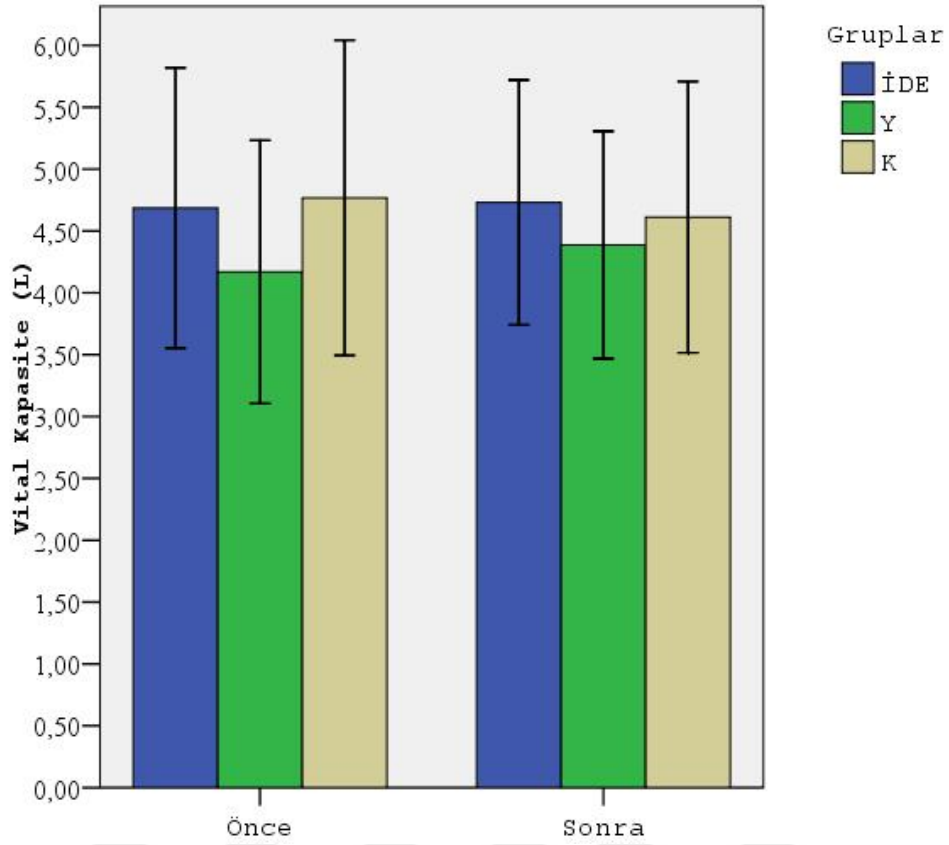
İlerleyici dirençli egzersiz grubunda egzersiz öncesi yağsız vücut kütlesi,  $59.7 \pm 11.2$  kg ve egzersiz programı sonrası ise  $59.3 \pm 11.7$  kg idi. Yürüyüş grubunda ise egzersiz öncesi  $58.7 \pm 13.4$  kg egzersiz sonrası ise  $58.7 \pm 12.4$  kg idi. Yürüyüş grubunda ve dirençli egzersiz grubunda yağsız vücut kütlesinde egzersiz öncesi ve sonrası anlamlı değişim yoktu. (İDE için  $p=0.359$ , yürüyüş grubu için  $p=0.337$ ). Grupların program öncesi ve sonrası yağsız vücut ağırlığı miktarları Şekil 11’de gösterilmiştir.



**Şekil 11.** Grupların program öncesi ve sonrası yağsız vücut kitlesi miktarları

#### 6.4. Vital Kapasite

Bireylerin vital kapasite değerleri başlangıçta İDE grubunda  $4.68 \pm 1.13$  L egzersiz sonrası ise  $4.73 \pm 0.98$  L idi. Yürüyüş grubunda ise bu değerler başlangıçta  $4.17 \pm 1.06$  L egzersiz sonrası  $4.38 \pm 0.91$  L idi. Kontrol grubu vital kapasite değerleri ise  $4.76 \pm 1.27$  L ve çalışma sonrası  $4.61 \pm 1.09$  L idi. Hem İDE grubunda hem de Y ve K gruplarında egzersiz öncesi ve sonrası değerler karşılaştırıldığında anlamlı farklılık yoktu İDE grubu için  $p=0.724$  Y grubu için  $p=0.376$  idi. Grupların egzersiz öncesi ve sonrası vital kapasiteleri Şekil 12'de gösterilmiştir.



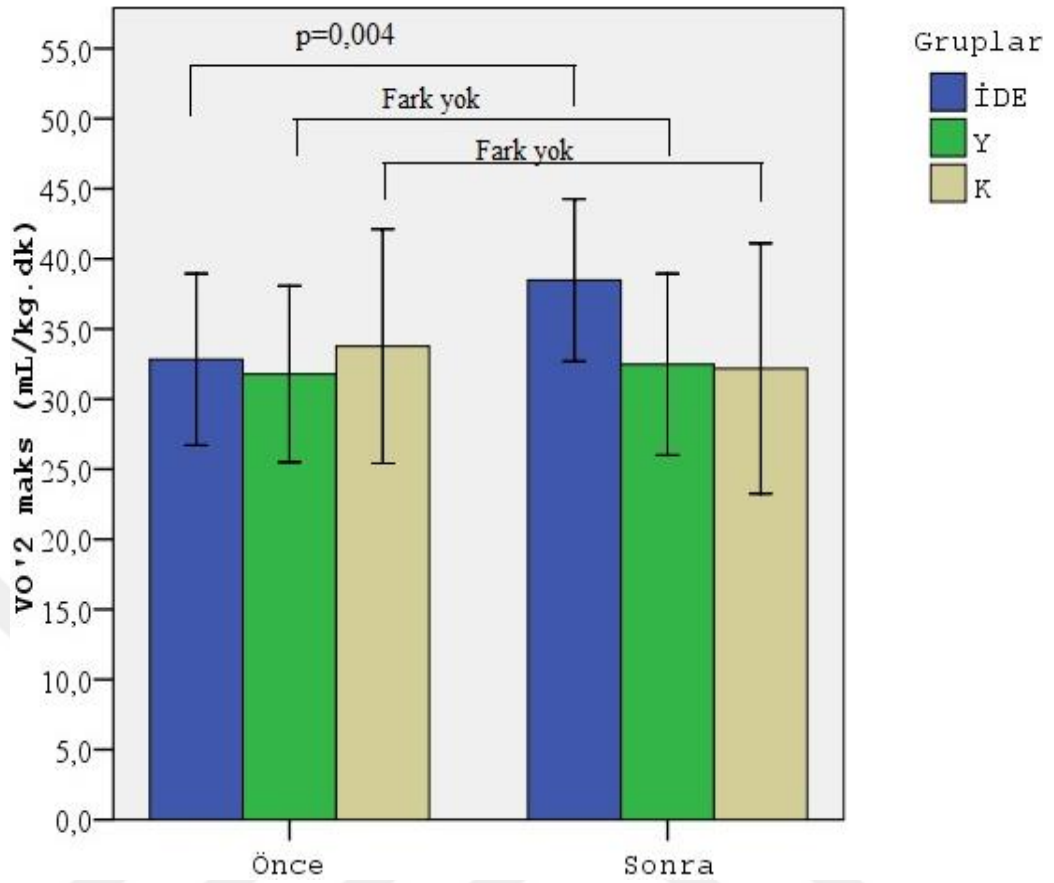
**Şekil 12.** Grupların egzersiz öncesi ve sonrası vital kapasite değerleri

## 6. 5. Maksimal Oksijen Alımı (VO<sub>2</sub> maks)

İDE grubu başlangıç VO<sub>2</sub> maks değeri 32.8±6.1 mL/kg.dk<sup>-1</sup>, yürüyüş grubu başlangıç değeri 31.7± 6.2 ml/kg.dk<sup>-1</sup>, kontrol grubu başlangıç değeri 33.7± 8.3 <sup>1</sup> idi. Grup ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık yoktu, değişkenler normal dağılım göstermişti ve homojendi.

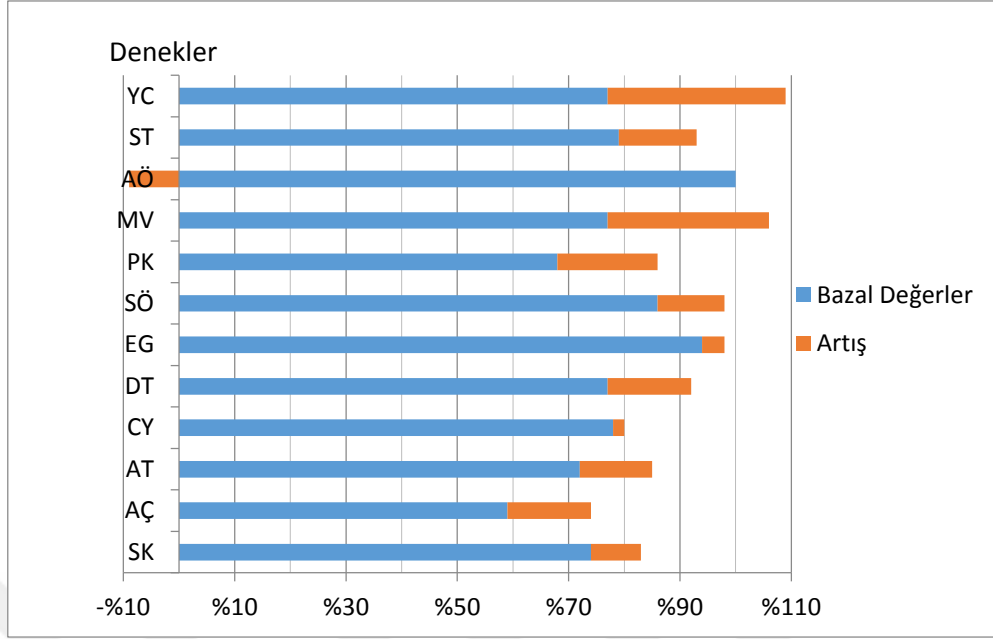
Çalışma sonrası grupların VO<sub>2</sub> maks değerleri ortalamaları İDE grubunda 38.4± 5.7 mL/kg.dak<sup>-1</sup>, yürüyüş grubunda 32.4± 6.4 ml/kg.dk<sup>-1</sup>, kontrol grubunda ise 32.1± 8.9 mL/kg.dak<sup>-1</sup> idi.

Çalışma sonrası dirençli egzersizle yürüyüş; dirençli egzersizle kontrol grupları arasında anlamlı farklılık vardı (p=0.032) (p=0.02). Dirençli egzersiz grubu tedavi öncesi ve sonrası değerler karşılaştırıldığında anlamlı düzeyde artış görüldü (p=0.004).Yürüyüş grubu ve kontrol grubunda program öncesi ve sonrasında anlamlı farklılık görülemedi. Aşağıdaki grafikte bütün grupların çalışma öncesi ve sonrası değerleri gösterilmiştir.

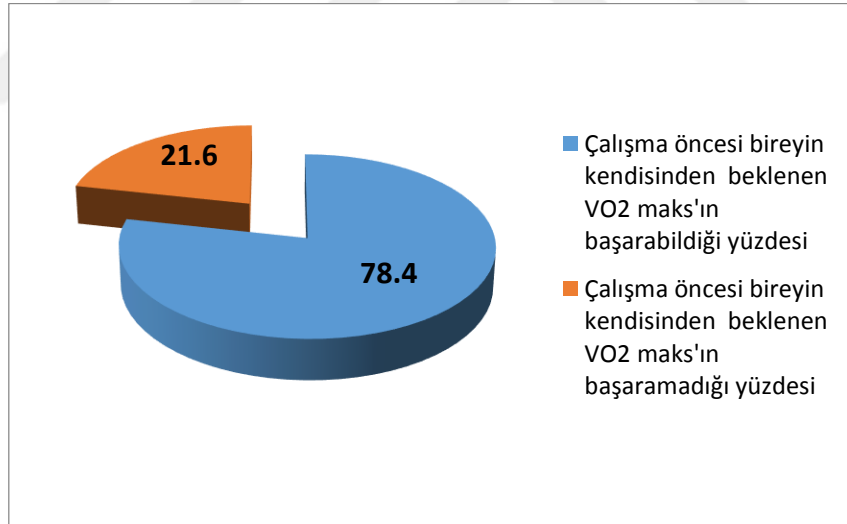


**Şekil 13.** Grupların çalışma öncesi ve sonrası VO<sub>2</sub> maks değerleri

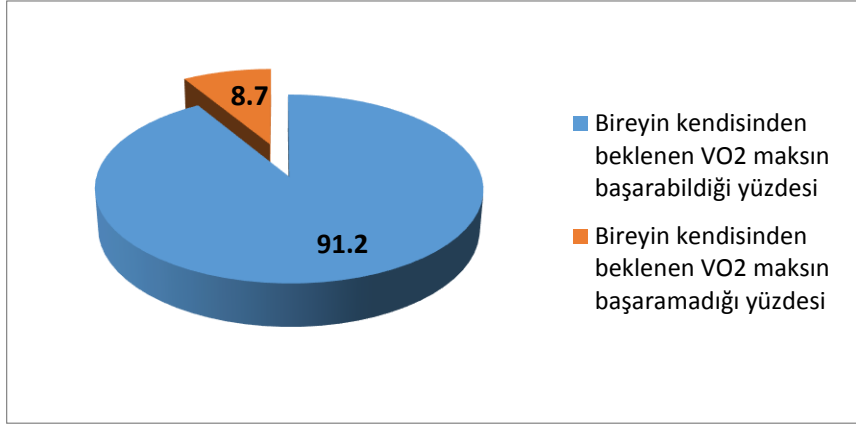
Çalışma öncesi İDE grubundaki bireyler kendilerinden beklenen VO<sub>2</sub> maks'ın (41.8 mL/dk.kg) % 78.4'ünü başarabilmişlerdi (Şekil 14,15), Çalışma sonrası ise bireyler kendilerinden beklenen VO<sub>2</sub> maks düzeyinin %91.2'sini ortaya koyabildi (Şekil 13). Yürüyüş grubu ise egzersiz programı öncesi kendilerinden beklenen VO<sub>2</sub> maks'ın % 76.5'ini başarabilmişti. Egzersiz programı sonrası ise yürüyüş grubunda beklenen VO<sub>2</sub> maksı ortaya koyma yüzdesi % 81.9 idi (Şekil 16).



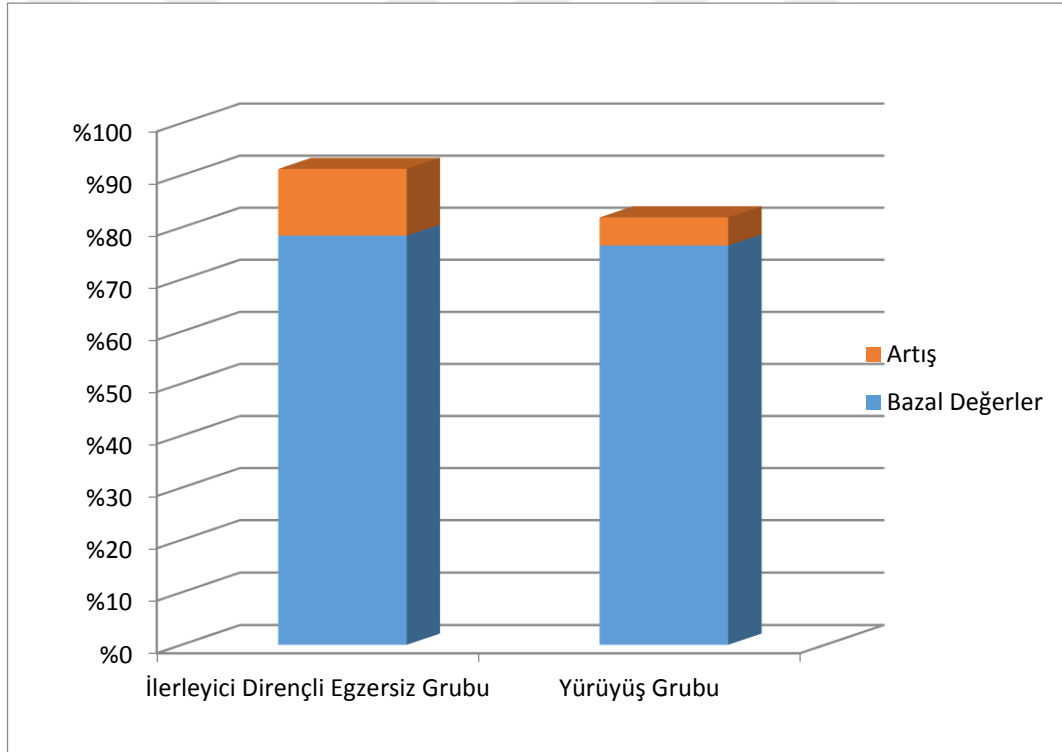
**Şekil 14.** Çalışma öncesi İDE grubundaki her bireyin kendisinden beklenen VO<sub>2</sub> maks düzeyine erişme oranı ve artışlar. Harfler çalışmaya katılanların ad ve soyadlarının ilk harflerini temsil etmektedir.



**Şekil 15.** Çalışma öncesi İDE grubundaki bireylerin kendilerinden beklenen VO<sub>2</sub> maks'ın başarabildikleri ve başaramadıkları yüzdelерinin ortalamaları



**Şekil 16.** Çalışma sonrası İDE grubundaki bireylerin kendilerinden beklenen VO<sub>2</sub> maks'ın başarabildiği ve başaramadığı yüzdelerinin ortalamaları



**Şekil 17.** Yürüyüş grubu ve dirençli egzersiz grubunun egzersiz öncesi kendilerinden beklenen VO<sub>2</sub> maksı başarma yüzdeleri ve egzersiz sonrası artış oranları.

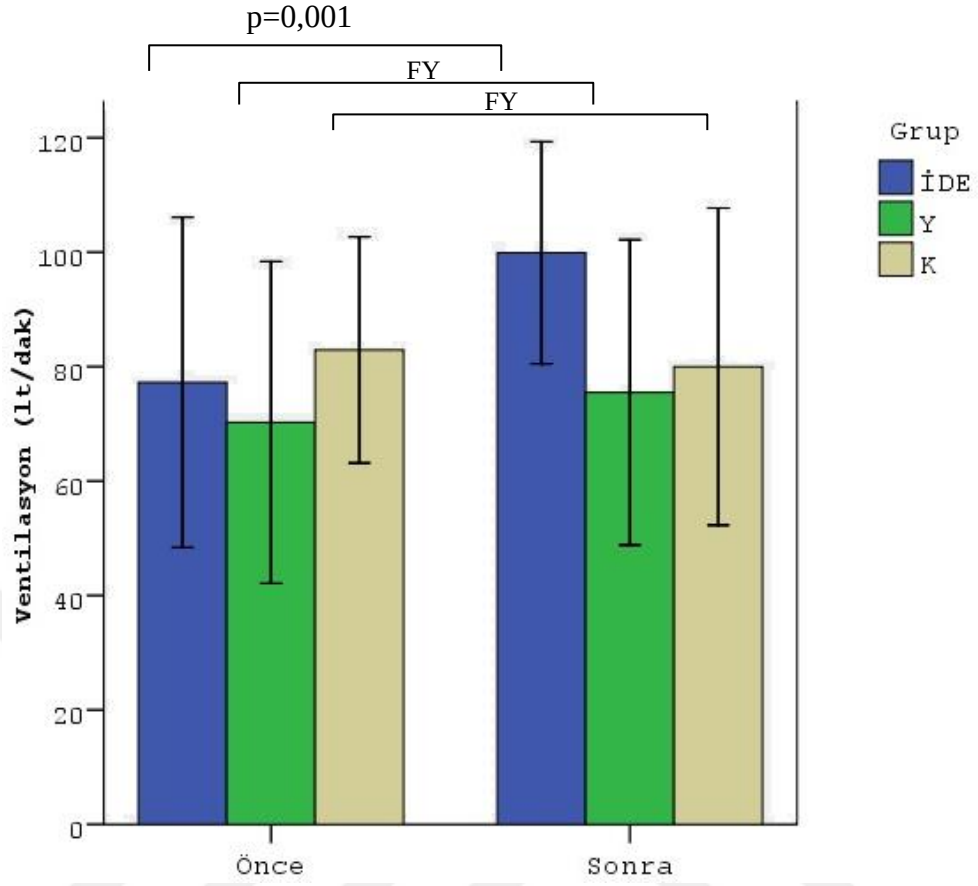
## 6.6. VO<sub>2</sub> maks Sırasındaki Ventilasyon

Başlangıçta VO<sub>2</sub> maks sırasındaki ventilasyon değerleri gruplarda İDE 77.2±28.8 Lt/dk, yürüyüş grubunda 70.2± 28.1Lt/dk, kontrol grubunda 82.9±19.7 Lt/dk idi. Değişkenler normal dağılım göstermişti ve homojendi. Gruplar arasında ventilasyon değeri bakımından başlangıçta istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktu (p=0.495).

Çalışma sonrası değerleri İDE grubunda 99.9±19.4 Lt/dk, yürüyüş grubunda 75.5±26.6 Lt/dk, kontrol grubunda 80.0±27.7 olarak tespit edildi. Çalışma sonunda grupların ventilasyon değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardı. İDE grubu ile yürüyüş grubu arasında ve kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardı (p=0.014) (p= 0.004). Yürüyüş grubu ile kontrol grubu arasında ise istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmedi (p=0.627).

Dirençli egzersiz grubu çalışma öncesi değerlerine bakıldığında çalışma sonrasında anlamlı düzeyde artmıştı. İDE grubunda son testteki ventilasyon miktarı ilk teste göre anlamlı düzeyde artmıştı (p= 0.001). Yürüyüş ve kontrol gruplarında ilk teste göre anlamlı değişiklik görülmedi (p=0.529) (p=0.481). Ventilasyon miktarındaki artış Şekil 18'de gösterilmiştir.

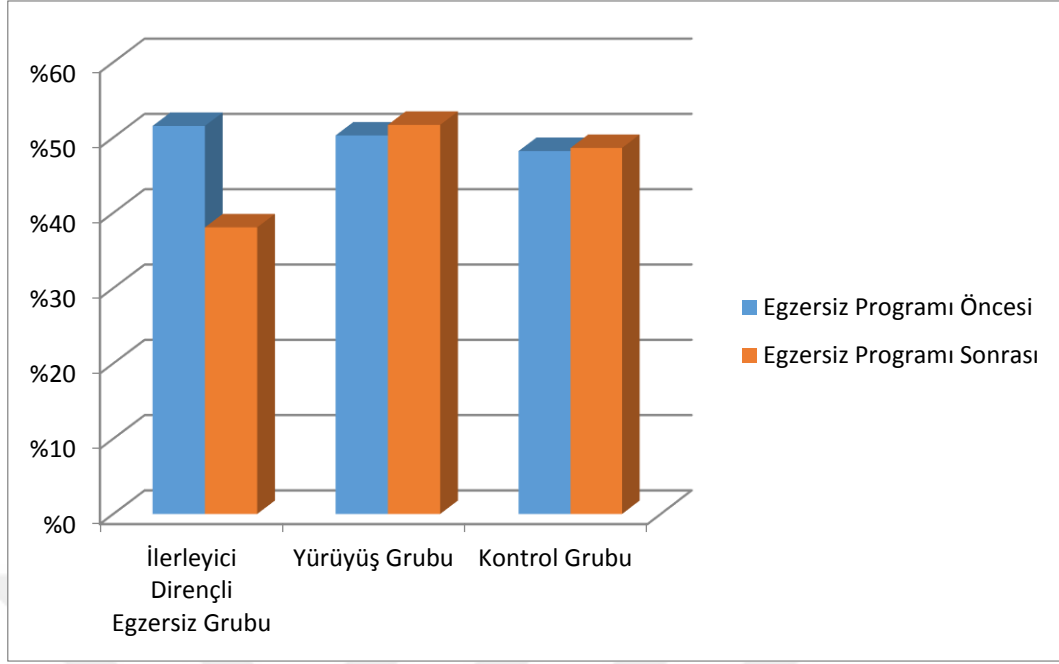




**Şekil 18.** Grupların çalışmadan önce ve sonra maksimum oksijen alımı sırasında ölçülen ventilasyon miktarları.

### 6.7. Solunum Yedeği

İDE grubunda egzersiz programı öncesi solunum yedeği % 51.5 iken egzersiz programı sonrası %38.7 idi. Yürüyüş grubunda ise egzersiz öncesi %50.3 iken egzersiz sonrası %51.6 olmuştur. Kontrol grubunda ise %48.2 iken %48.6 olarak kalmıştır. Şekil 19'da gruplar arasındaki bu değişim miktarları görülmektedir.

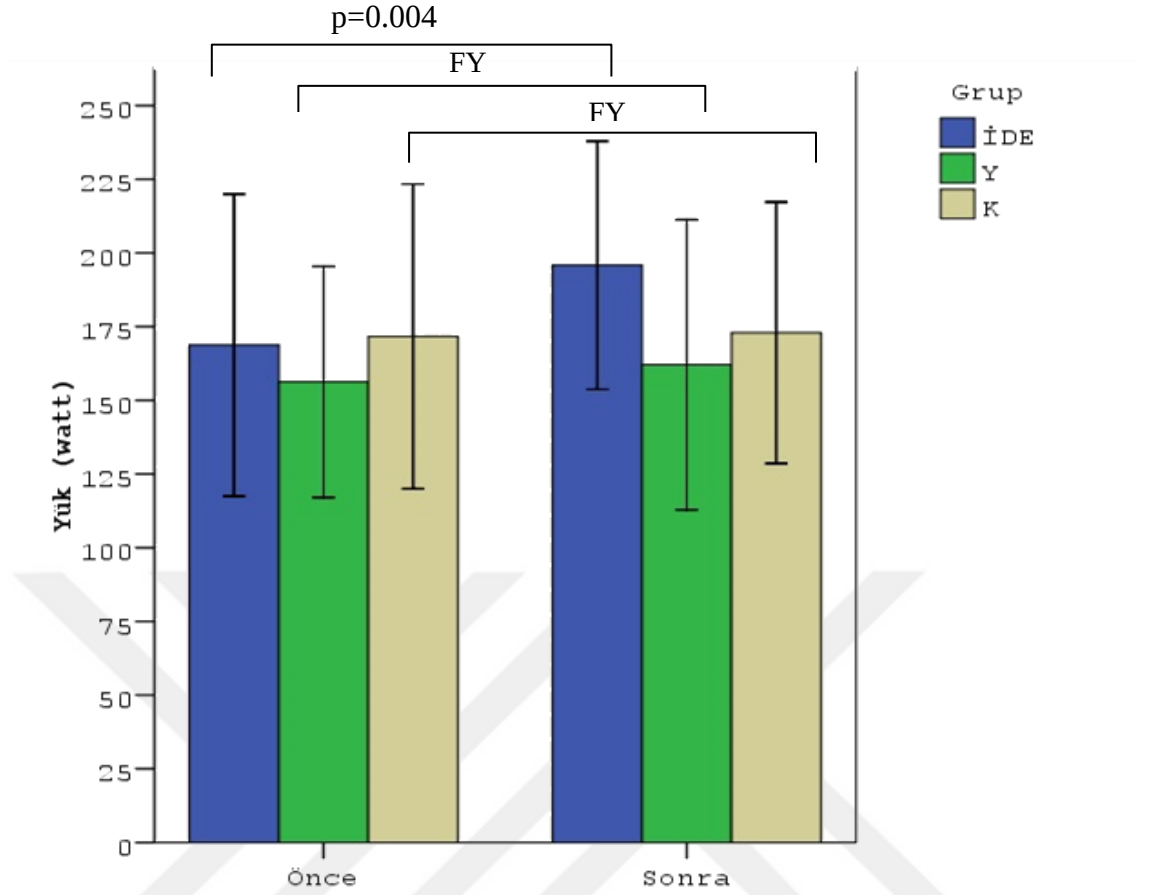


**Şekil 19.** İlerleyici dirençli egzersiz grubu, yürüyüş grubu ve kontrol grubu egzersiz programı öncesi ve sonrası solunum yedeği ortalama değerleri.

#### 6.8. Maksimal Yük

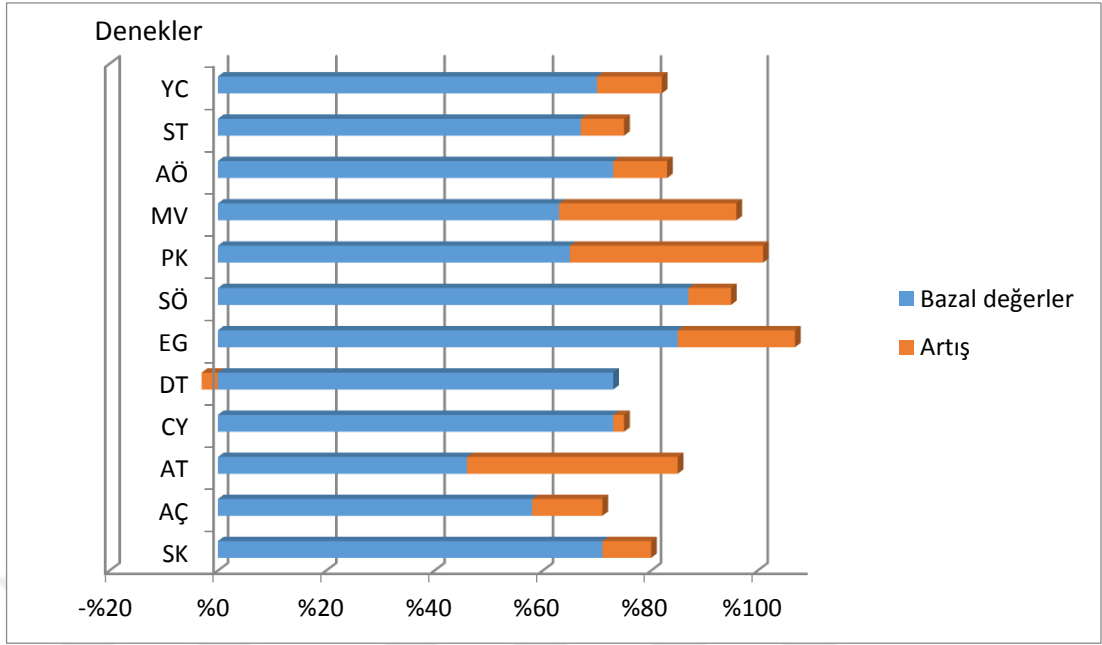
Gönüllülerin çalışma öncesi KPET testinde başardıkları maksimal yük miktarları İDE grubunda  $168 \pm 51$  watt, yürüyüş grubunda  $156 \pm 39$  watt, K grubunda  $171 \pm 51$  watt idi. Değişkenler normal dağılım göstermişti ve gruplar arasında homojenlik vardı. Grup ortalamaları arasında da anlamlı bir farklılık yoktu ( $p=0.705$ ).

Çalışma sonrası grup ortalamaları İDE grubunda  $195 \pm 42$  watt, Y grubunda  $162 \pm 49$  watt, kontrol grubunda ise  $172 \pm 44$  watt idi. Çalışma sonrası İDE grubunda maksimal yük ilk teste göre anlamlı düzeyde artmıştı ( $p=0.004$ ). Çalışma sonrası İDE grubu ile Y grubu arasında anlamlı farklılık bulundu (fark=22) ( $p=0.32$ ). Y ve K grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülemedi ( $p=0.768$ ). İDE ve K grubunda çalışma sonrası anlamlı farklılık vardı (fark=25) ( $p=0.007$ ). Tedavi öncesi ve sonrası bireylerin maksimal yüklerindeki değişimler Şekil 20'deki grafikte gösterilmiştir.

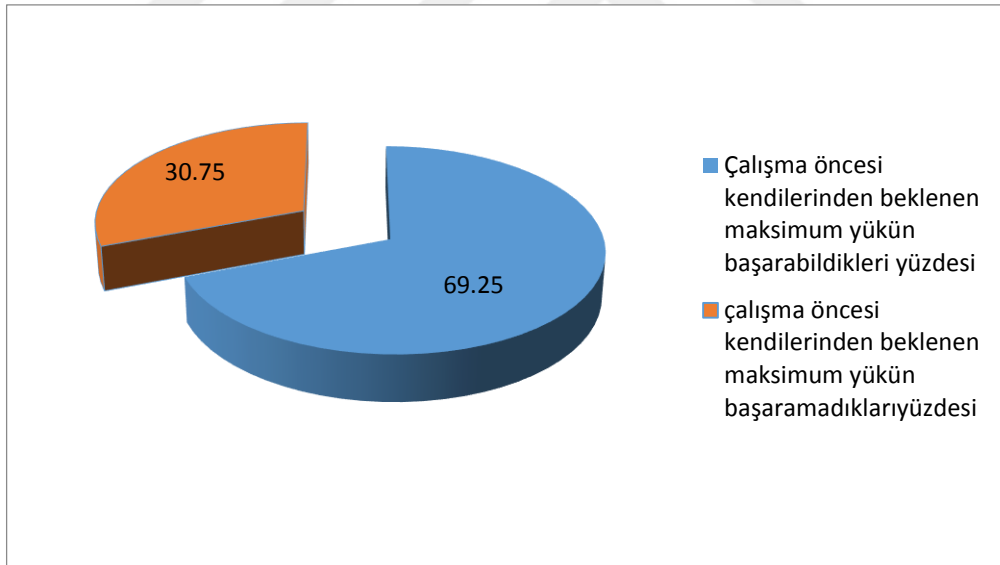


**Şekil 20.** Egzersiz gruplarının çalışma öncesi ve sonrası başardıkları maksimal yük miktarları

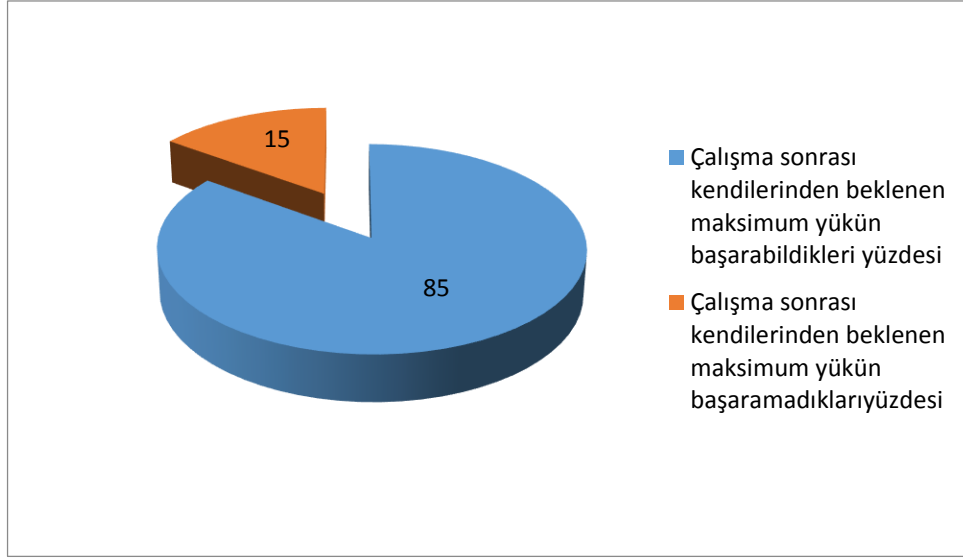
Çalışma öncesi İDE grubundaki kendilerinden beklenen maksimum yüke ulaşma yüzdesi % 69.2 egzersiz sonrası ise %85 olarak tespit edildi (Şekil 21, 22, 23). Yürüyüş grubunda ise egzersiz öncesi maksimum yüke ulaşma yüzdesi %67.6 ve egzersiz sonrası %75.5 idi. Çalışma öncesi ve sonrası İDE ve yürüyüş grubundaki bireylerin kendilerinden beklenen maksimal yüke ulaşma oranları ortalama değerleri ve artışlar şekil 24'de gösterilmiştir.



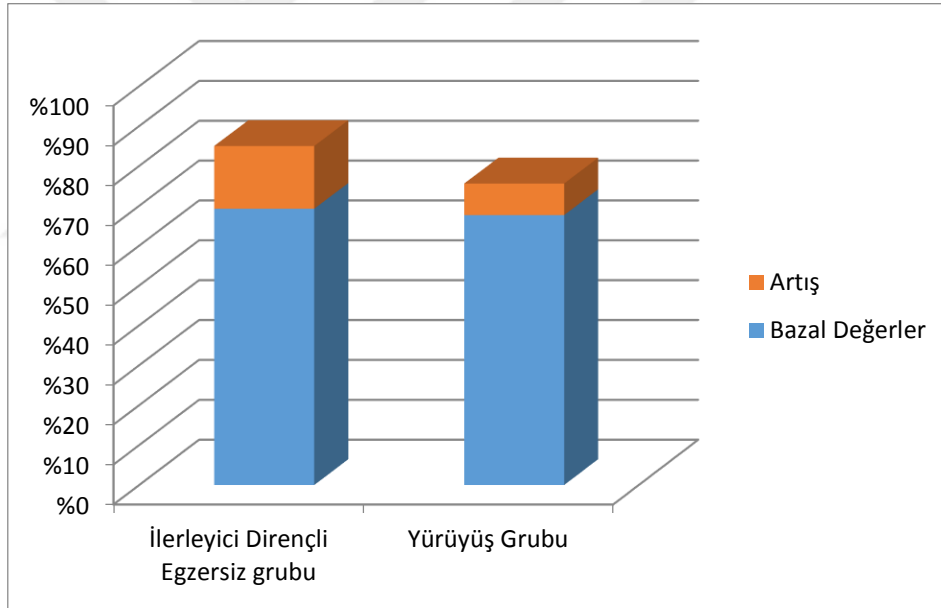
**Şekil 21.** İlerleyici dirençli egzersiz grubunun kendilerinden beklenen maksimum yüke ulaşma oranı ve dirençli egzersiz protokolü sonrası sağlanan artışlar



**Şekil 22.** Çalışma öncesi İDE grubunun kendilerinden beklenen maksimum yüke ulaşma yüzdesi



**Şekil 23.** Çalışma sonrası İDE grubunun kendilerinden beklenen maksimal yüke ulaşma yüzdesi

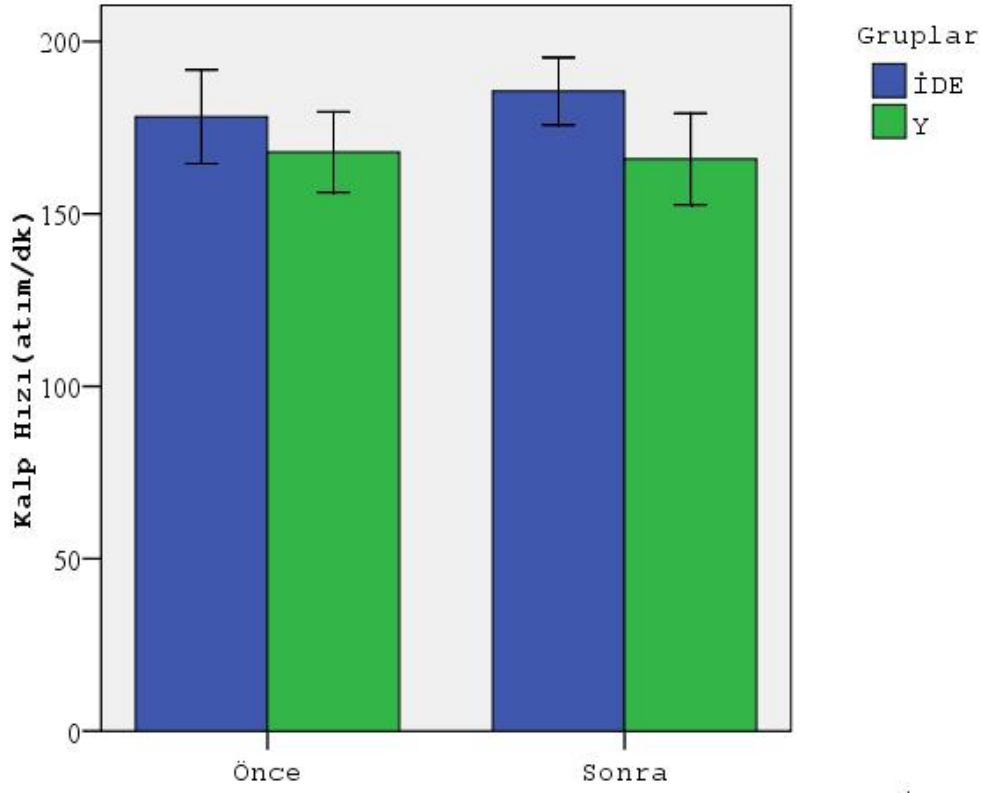


**Şekil 24.** Egzersiz programı öncesi ilerleyici egzersiz ve yürüyüş gruplarının maksimum yüke ulaşma oranı ve artışlar

### 6.9. VO<sub>2</sub> maks Sırasındaki Kalp Hızı

Bireylerin VO<sub>2</sub> maks sırasındaki kalp hızı test öncesi ve sonrası ilerleyici dirençli egzersiz grubu ve yürüyüş grubunda ölçüldü. Başlangıçta maksimum VO<sub>2</sub> sırasında kalp hızı İDE grubunda  $178 \pm 13$  egzersiz sonunda ise  $185 \pm 9$  idi. Yürüyüş grubunda ise başlangıçta maksimum VO<sub>2</sub> sırasında kalp hızı  $167 \pm 11$  egzersiz sonrası ise  $165 \pm 13$  idi. Dirençli egzersiz grubunda egzersiz öncesine göre anlamlı farklılık

yoktu ( $p=0.123$ ). Yürüyüş grubunda da egzersiz öncesi değerlere göre anlamlı farklılık yoktu ( $p=0.604$ ).



**Şekil 25.** İDE ve yürüyüş grubunun egzersiz öncesi ve sonrası maksimum oksijen alımı sırasındaki kalp atım hızları

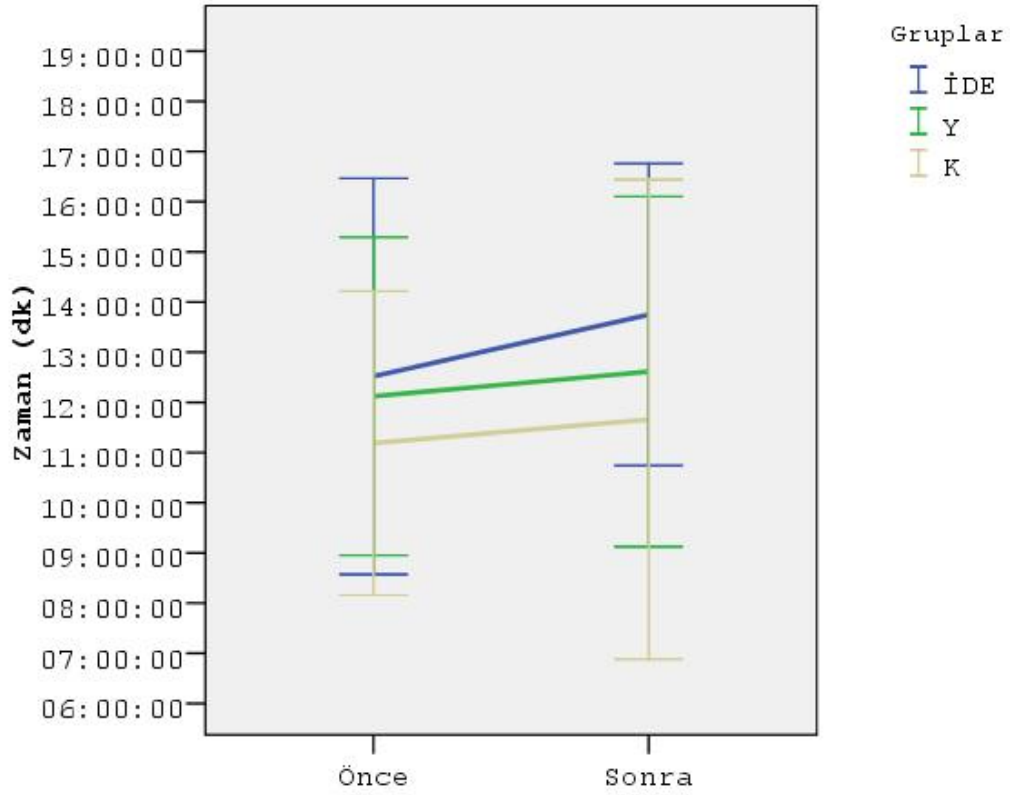
#### 6.10. Anaerobik Eşik Zamanı

Gönüllülerin başlangıçtaki anaerobik eşiğe girme süreleri normal dağılım göstermekteydi ve homojendi. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktu. Başlangıç ortalamaları İDE grubunda  $12:31 \pm 03:56$  dk, yürüyüş grubunda  $12:07 \pm 03:10$  dk, kontrol grubunda  $11:11 \pm 03:01$  dk idi.

İDE grubu sonuç ortalaması  $13:45 \pm 03:00$  dk, yürüyüş grubunun sonuç ortalaması  $12:36 \pm 03:29$  dk, kontrol grubu  $11:39 \pm 04:46$  dk idi.

Çalışma sonunda İDE ile yürüyüş grubu arasında anlamlı farklılık görülmedi ( $p=0.561$ ). İDE ile kontrol grubu arasında da anlamlı farklılık görülmedi ( $p=0.194$ ). Yürüyüş ile kontrol grubu arasında da anlamlı farklılık görülmedi ( $p=0.448$ ). Hiç bir

grupta ilk ve son testler arasında da bir farklılık görülmedi. Bireylerin anaerobik eşik zamanı aşağıdaki tabloda verilmiştir.



**Şekil 26.** Müdahale öncesi ve sonrası bireylerin KPET protokolünde egzersiz başlangıcından anaerobik eşığa ulaşma zamanı

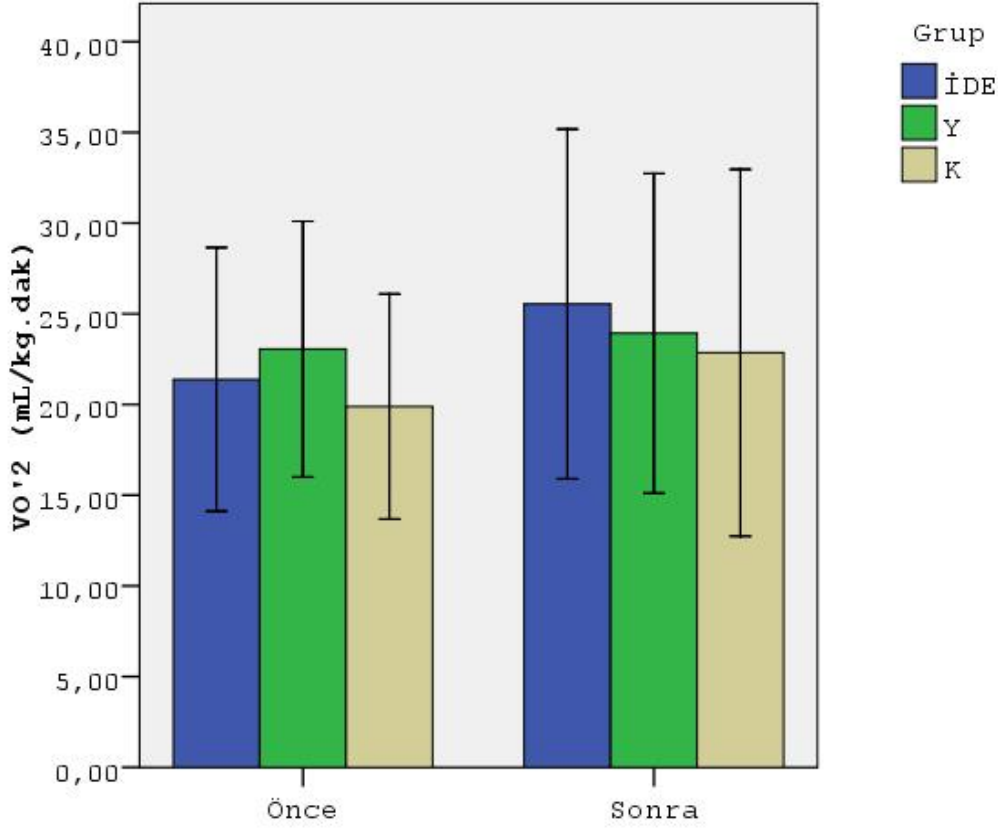
### 6.11. Anaerobik Eşikteki Oksijen alımı

Anaerobik eşikteki oksijen alımı ölçülürken anaerobik eşik gözlemlenmeyen üç kişi istatistiksel hesaplama katılmadı. Bunlardan her biri ayrı bir gruba aitti. Böylece grupların her birinde denek sayısı 11 olarak analiz yapıldı.

Başlangıçta varyanslar normal, homojen dağılımlıydı ve istatistiksel olarak gruplar arasında anlamlı bir farklılık yoktu ( $p=0.563$ ). İDE grubunda başlangıçta anaerobik eşikteki oksijen alımı  $21.38 \pm 7.27 \text{ ml/kg.dk}^{-1}$ , yürüyüş grubunda  $23.0 \pm 7.0 \text{ ml/kg.dak}$ , kontrol grubunda  $19.8 \pm 6.2 \text{ ml/kg.dk}^{-1}$  idi.

Müdahale sonrasında grupların anaerobik eşikteki maksimal oksijen alımı değerleri İDE grubunda  $25.5 \pm 9.6 \text{ ml/kg.dk}^{-1}$ , yürüyüş  $23.9 \pm 8.8 \text{ ml/kg.dk}^{-1}$ , kontrol grubunda  $22.8 \pm 10.1 \text{ ml/kg.dk}^{-1}$  şeklinde idi. Gruplar arasında çalışma sonunda istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktu ( $p=0.823$ ). Grupların test öncesi ve sonrası

değerleri de karşılaştırıldığında bir farklılık görülmedi. Şekil 27'de gruplar arasındaki farklılık gösterilmiştir.



Şekil 27. Anaerobik eşikteki oksijen tüketiminin her grupta egzersiz öncesi ve sonrası ortalama değerleri

#### 6.12. Maksimal Yük Altındaki Kalp Hızı Yedeği ve Eşdeğer Yükteki Kalp Hızı Yedeğinin Karşılaştırılması

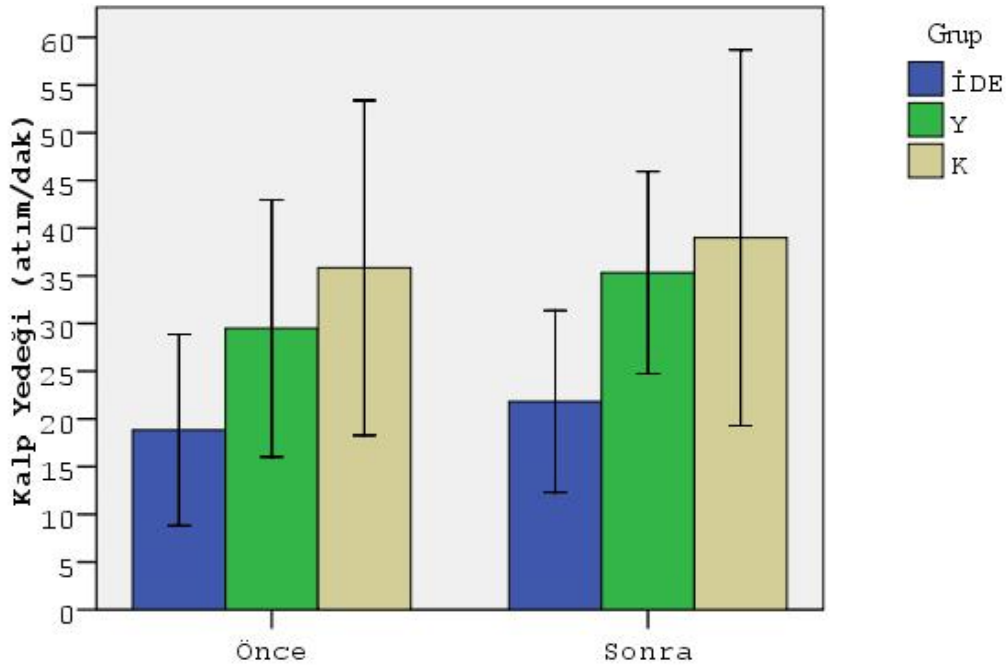
Bireylerin birinci testte yapabildikleri maksimal yükteki kalp yedeği ile, ikinci test sırasındaki eşdeğer yükteki kalp yedeği karşılaştırıldı. Maksimal yükte azalma gösteren bireyler için ikinci testte yapabildikleri maksimal yükteki kalp yedeği ile birinci testteki kalp yedeği karşılaştırıldı.

Gönüllülerin çalışma öncesi maksimal yük altındaki kalp yedekleri ortalaması sırasıyla İDE grubunda  $18 \pm 10$  atım/dk, yürüyüş grubunda  $29 \pm 13$  atım/dk, kontrol grubunda  $35 \pm 17$  atım/dk idi. Değişken normal dağılım göstermişti ve gruplar homojendi. Ancak başlangıçta grup ortalamaları arasında anlamlı farklılık vardı. Bu yüzden gönüllülerin çalışma öncesi ve sonrası değerleri karşılaştırıldı.



İDE grubunda müdahale sonrası  $21 \pm 9$  atım/dk, yürüyüş grubunda  $35 \pm 10$  atım/dk, kontrol grubunda  $39 \pm 19$  atım/dk idi.

İDE grubunda çalışma öncesi ve sonrası maksimal yük altındaki kalp yedeği değerleri arasında anlamlı farklılık görülmedi ( $p=0.093$ ). Yürüyüş grubunda çalışma sonrasında kalp yedeğinde artış vardı ancak istatistiksel olarak anlamlı değildi ( $p=0.054$ ). Kontrol grubunda da ilk ve son değerler karşılaştırıldığında anlamlı farklılık görülmedi ( $p=0.362$ ). Aşağıdaki grafikte gönüllülerin maksimal yük altındaki ortalama kalp yedeği miktarları verilmektedir.

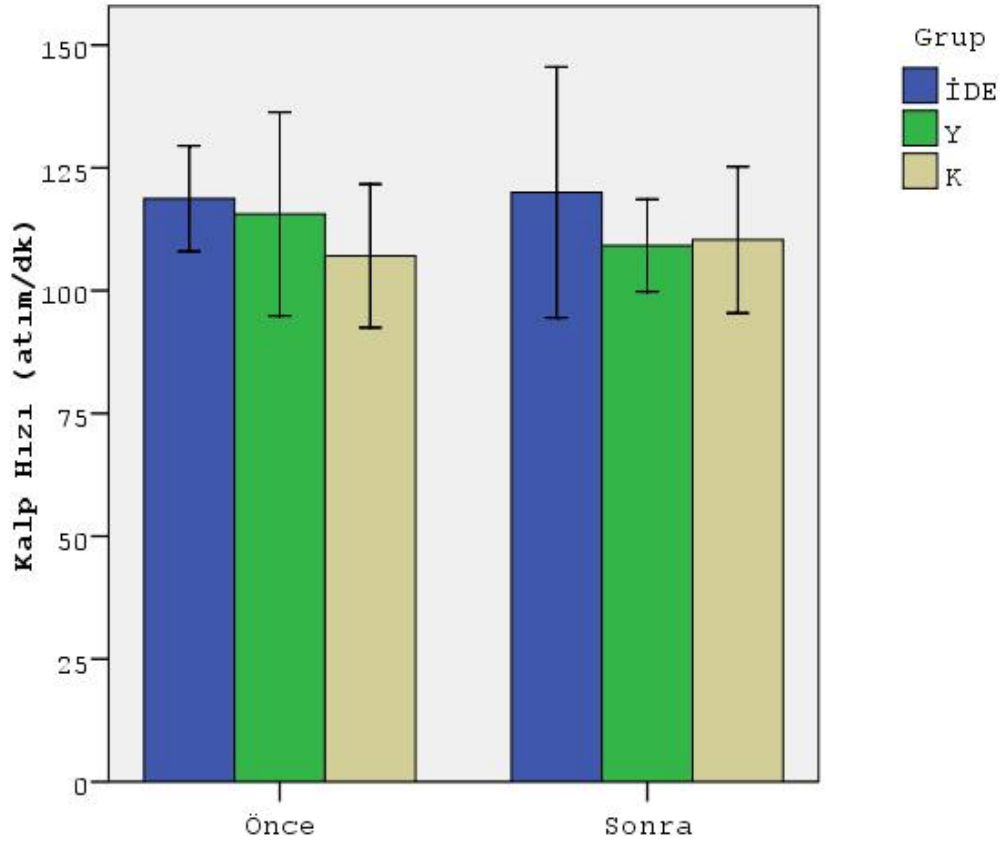


Şekil 28. Bireylerin aynı maksimal yük altındaki kalp yedekleri

### 6.13. İlk Beş Dakikalık Toparlanma Dönemindeki Kalp Hızı

Toparlanma sırasındaki kardiyovasküler uygunluk hesaplanırken bireylerin egzersiz bittikten sonraki ilk beş dakikadaki kalp hızı verileri kullanıldı. Bir gönüllüden egzersiz testi sırasındaki teknik aksaklıklardan dolayı veri alınamadığı için o gönüllü bu test sırasında hesaplamaya katılmadı. Gruplardaki gönüllü sayıları İDE=11, Y=12, K=12 idi. Çalışma öncesi İDE grubunda yük alındıktan sonraki beşinci dakikada ortalama kalp hızı  $118 \pm 10$  atım/dk yürüyüş grubunda  $115 \pm 20$  atım/dk, kontrol grubunda  $107 \pm 14$  atım/dk idi. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktu ( $p=0.209$ ).

Çalışma sonrasında İDE grubunda ilk beş dakikalık toparlanma dönemindeki kalp hızı  $120 \pm 25$ , yürüyüş grubunda ilk beş dakikalık toparlanma dönemindeki kalp hızı  $109 \pm 9$ , kontrol grubunda ise ortalama  $110 \pm 14$  idi. Gruplar arasında anlamlı farklılık yoktu ( $p=0.399$ ). Grupların tek tek ilk ve son değerleri arasında da farklılık saptanmadı.



**Şekil 29.** İlk beş dakikalık toparlanma dönemindeki kalp hızının egzersiz programı öncesi ve sonrasındaki ortalama değerleri

## 7. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada 36 kişilik bir grup üçe ayrılarak, bu gruplardan ilkinde ilerleyici dirençli egzersiz, ikincisine ise maksimal kalp hızının %65-75 inde yürüyüş egzersizi haftada üç gün ve süre bazında her iki grupta da eşit olacak şekilde yaptırılmıştır (25-30 dk). Üçüncü grup ise kontrol grubu olarak seçilmiştir. Altı hafta süren çalışma sonucunda ilerleyici dirençli egzersiz grubunda kardiyovasküler uygunluğun en önemli göstergelerinden biri olan  $VO_2$  maks hem çalışma öncesine göre hem de yürüyüş ve kontrol grubuyla karşılaştırıldığında anlamlı düzeyde artmış olarak kaydedilmiştir. Paralel olarak ilerleyici dirençli egzersiz grubunda maksimal  $VO_2$  sırasındaki ventilasyon da artmıştır. Yapılan spirometre testiyle vital kapasitenin bütün gruplarda normal sınırlarda ve birbirine yakın olması gruplarda istirahat akciğer kapasitelerinde bir kısıtlılık olmadığını göstermektedir. Wasserman'a göre solunum yedeği (istirahat halindeki maksimum ventilasyon ile egzersiz sırasındaki maksimum ventilasyon farkının istirahat halindeki maksimum ventilasyona oranı) %10 ile %40 arasında olmalıdır (24). İlerleyici dirençli egzersiz grubunda bu değer başlangıçta %51 iken %38 olarak değişmiştir. Yürüyüş grubunda ise %50 iken %51 olarak değişmiştir. Sedanter bireylerde egzersiz sırasındaki maksimum ventilasyon düşük olduğu için bu değer yüksek olması beklenebilir. İDE grubunda uygun egzersiz müdahalesi ile maksimum ventilasyon artmış ve solunum yedeği değeri normal sınırlara düşmüştür.

İlerleyici dirençli egzersizler ortalama tekrar sayısına sahip, yüksek yoğunluklu egzersizler olarak bilinirler. Literatür her ne kadar düşük yoğunluklu ve uzun süreli antrenman üzerine yoğunlaşsa da düşük yoğunluklu ve uzun süreli dayanıklılık egzersizlerinin faydalarına dair kanıtlar daha çok her gün egzersiz yapan atletlerdeki sonuçlara dayanır (86, 87). Ayrıca bazı çalışmalara göre egzersiz yoğunluğu ne kadar fazla olursa kazanım da o kadar fazla olur (153-155). Yapılan birçok çalışmaya göre yüksek yoğunluklu antrenman maksimum  $VO_2$  değerini yükseltir (156-157).

Helgerud farklı egzersiz yoğunluklarının etkisini belirlemek için maksimal kalp hızının %70-85'inde yapılan; 15 saniye süreyle maksimal kalp hızının %90-95'inde yapılan koşuyu takiben maksimal kalp hızının %70'inde 15 saniyelik aktif dinlenmenin olduğu ve 4 dakikalık maksimal kalp hızının % 90-95'inde yapılan koşuyu takiben kalp hızının % 70 inde yapılan 3 dakikalık aktif dinlenmenin olduğu egzersiz protokollerini karşılaştırmışlardır (155). 8 hafta süren ilgili araştırma sonucunda  $VO_2$  maks düzeyinde

orta şiddette sürekli egzersiz yapan grupta bu artış görülmezken, yüksek yoğunlukta ve kesikli olarak antreman yapan grularda VO<sub>2</sub> maksta % 5-7 artış görülmüştür (155). MacDonald'a göre bu şekilde yüksek yoğunluklarda ve kesikli olarak yapılan dayanıklılık egzersizlerinin en çok göze çarpan özelliği bu egzersizlerin günlük hayatta sıkça kullanılan merdiven çıkma, ev işleri gibi aktivitelere benzemesidir (158). Dirençli egzersizler ise bu yönleriyle günlük hayatta kullanılan (Ör: Bahçe işleri, ev işleri, eşyaların yerlerini değiştirme, odun kesme gibi) aktivitelere daha çok benzemektedirler.

Dirençli egzersizlerin aerobik kapasiteye etkisi ile ilgili çalışma sayısı ise çok azdır. Kalp hastalarında yapılan ve sadece bir kas grubu (Quadriceps) çalıştırılan dirençli egzersizle aerobik kapasitede anlamlı farklılık görülememiştir (159). Ancak ilgili araştırmada tek kas grubuna yönelik yapılan egzersizle dahi yürüme mesafesinde artış görülmüştür. Bu tez çalışmasında ise dirençli egzersizler beş farklı kas grubuna yönelik olarak yapılması yönünden ilgili çalışmadan ayrılmaktadır. Olimpik tipteki bir başka dirençli antremanla (halter antremanı) aerobik kapasitede minimal artış görülmüştür . (8). Olimpik tipteki ağırlık kaldırma antremanları bir çok kas grubunun aynı anda çalıştırılması yönünden aerobik (dayanıklılık) egzersizlere daha çok benzemektedir. Olimpik tipteki antremanlarda soleus ve biceps femoris gibi bu tez çalışması sırasında çalıştırılan kaslar da çalıştırılır. Ancak bu antremanlarda üst ekstremitelerde egzersizler sırasında aktif olarak kullanılır. Ayrıca bu antremanlarda ağırlıklar yüksek, tekrar sayıları düşük ve dinlenme araları uzundur. Bu tez çalışması adı geçen ilgili çalışmadan bu yönlerden ayrılmaktadır. Bu tez çalışması sırasında setler arasında 30 sn ara verilmiştir. Genellikle dirençli egzersizlerde 2-3 dakikalık dinlenme aralıklarının 30-40 sn'lik dinlenme aralarına göre daha fazla kuvvet artışı ile sonuçlandığı bilinmektedir. Dirençli egzersiz sırasında dayanıklılığı arttırmak için ise dinlenme aralıkları mümkün olduğunca kısaltılmalıdır. 15-20 tekrar için 1-2 dk arası dinlenme periyotları kullanılırken, 10-15 tekrarı içeren setler için 1 dakikadan daha az dinlenme periyotlarının kullanılması tavsiye edilmektedir (160). Konuyla ilgili yapılan bir çalışmada 3 set şeklinde yapılan dirençli egzersizlerindeki 1 dk, 2dk ve 3 dk'lık dinlenme aralıklarının aerobik kapasiteye etkisi bakılmış ve 1 dakika aralıkla yapılan egzersizin aerobik kapasiteyi daha fazla arttırdığı görülmüştür (161). Bu bulgular ışığında, bu tez çalışması sırasında aerobik kapasitede daha fazla artış elde etmek amacıyla dinlenme aralıkları kısa tutulmuştur.

Benzer bir başka çalışma da Kim ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Kim ve arkadaşları 1 MT'nin %80' inde 8 tekrarlı 3 setlik dirençli antrenman programını beş farklı kas grubuna yönelik olarak uygulamış dört haftanın sonunda ise aerobik kapasitede %5 lik artış bulmuştur. İlgili araştırma üst ekstremit ve sırt kaslarına yönelik olması ve bacak için sadece bir egzersiz içermesi yönüyle bu tez çalışmasından ayrılmaktadır. Ayrıca süre olarak da dört haftalık etkinin incelenmesi nedeniyle dirençli egzersizin sadece erken dönem etkilerinin saptandığı ilgili çalışmada beklenen şekilde aerobik kapasitede mevcut çalışmaya göre daha az artış olmuştur (162).

Frank ve arkadaşlarının yaşlı bireylerde yaptığı üç setlik ve 10 MT' nin %75'inde yapılan ve birçok büyük kas grubunu (bacak, karın, omuz, göğüs) içeren çalışma yöntem olarak bu tez çalışmasına benzetilmektedir. Bu çalışma sonucunda aerobik kapasite ile ilişkili birçok parametrede bu tez çalışmasına paralel şekilde artış gözlenmiştir (163). Bunlardan birincisi Frank'ın bu çalışması sonucunda tip 2x liflerin daha oksidatif özellik gösteren tip 2a liflere dönüşmesidir. Diğer ise sadece 8 hafta süren bu egzersiz programı ile mitokondrial protein olarak bilinen proteinlerin sentezindeki artıştır (163). Bu bulgular "Myonükleer Alan Teorisi" ile açıklanabilir. Bu teoriye göre: fiziksel zorlanma ile insülin benzeri büyüme faktörünün yakındaki uydu hücreyi aktive etmesi ile satellite (uydu) hücre bölünür. Satellite hücrenin bölünmesiyle oluşan yeni hücre hemen kendi altında uzanan kas hücresi ile kaynaşır. Bu birleşim kas hücresinin daha fazla kontraktıl protein sentezlemesini sağlar (164). Burada dikkat çeken nokta hücrede sadece filamentlerde sayısal bir artış olmadığı, hücre çekirdeğinin de bölündüğüdür. Yukarıdaki bulgularla birleştirildiğinde bu iki çekirdekli hücrenin yeni mitokondrial protein sentezi de yapabileceği ve neticede bu şekilde aerobik kapasitenin artabileceği akıllara gelmektedir. Mevcut tez çalışması sırasında üzerinde yoğunlaşılan yavaş tip liflerde bu etkinin maksimum olması beklenmekle birlikte tez kapsamında kullanılan yöntemlerle birlikte direkt bir tespit yapılamamıştır. İlerleyici dirençli egzersiz yapan grupta VO<sub>2</sub> maks seviyesinde başlangıca göre saptanan %17'lik artış yukarıdaki bahsi geçen çalışmaların hepsinden yüksektir. Bu tez çalışmasını diğer ilgili çalışmalardan ayıran en önemli özellik tip 1 liflere yönelik olarak yapılmış olmasıdır. Bu çalışma ilerleyici dirençli egzersizin tip 1 lif ağırlıklı kaslara yönelik etkisini inceleyen ilk çalışma olması yönüyle de özgündür.

Hipertrofi ile kaslarda sadece kapiller dansitede azalma görülmektedir. Bunun nedeni ise aslında kapiller azalma değil lif çapının büyümesiyle milimetreye düşen kapiller miktarında oransal olarak bir azalma olmasıdır. Çünkü yapılan bazı çalışmalarda her bir lifle kontakt halinde olan kapiller miktarında artış görülmüştür. Ancak buna paralel olarak hipertrofi de gerçekleştiği için kapiller yoğunluk aynı kalır ya da azalır (126). Aynı zamanda yeni kapiller formasyonun tip 1 liflerde en yoğun olmak üzere lifler arası hiyerarşiyi bozmadan oluştuğunun da vurgulanması gerekmektedir (131). Bu tez çalışmasında uyluk ve baldır çevresinden yapılan çevre ölçümlerinde egzersiz öncesi ve sonrası farklılık olmaması bu kaslarda gözle görülür kesitsel artış yani hipertrofi olmadığını gösterir. Buradan hareketle bu tez çalışmasında, tip 1 liflere yönelik yapılan kuvvetlendirmenin bu kaslarda, yeni kapiller formasyon oluşturduğu ve bu kasların hipertrofi özelliği de kısıtlı olduğu için histolojik veri olmamasına rağmen kapiller yoğunlukta artış dolayısı ile oksidatif metabolizmada artış olduğu akıllara gelebilir.

Oksidatif kapasite merkezi olduğu gibi bir çok periferik faktöre bağlı olarak artabilir. Bunlardan birisi de arterio-venöz oksijen farkıdır ve kasların oksijenden yararlanma kapasitesinin önemli bir göstergesidir. Bu fark bir çok faktörden etkilenebilir. Kas kitlesindeki artışa bağlı olarak kasların oksijen ihtiyacı artabilir. Ancak bu tez çalışması sırasında yağsız vücut ağırlığında IDE grubunda anlamlı farklılık görülmemesi kas kitlesinde bir artış olmadığını düşündürür. Bu bulgu aynı zamanda kas çevresi ölçümünde artış olmaması bulgusuyla da paralellik gösterir. Bu durumda oksijen alımındaki artışın kas kapillerizasyonu ya da mitokondrial yoğunlukta artıştan kaynaklandığı düşünülebilir. Ancak altı haftalık egzersiz süresinin yeni kas kapillerizasyonu oluşumu için yetersiz olabileceği de gözden kaçırılmaması gereken önemli bir noktadır.

Bu tez çalışması sırasında ilerleyici dirençli egzersizle birlikte maksimal yükte %16'lık bir artış sağlandığı bulunmuştur. Çalışmaya paralel başka bir çalışmada 8 haftalık dirençli egzersiz sonrası maksimal yük anlamlı şekilde artmıştır ancak bu artış %3.66 oranında olmuştur (165). Adı geçen çalışmada bireylerin maksimal yük değeri bu çalışmaya benzer şekilde bisiklet ergometrisi ile ölçülmüştür, ancak egzersiz testi bu çalışmadan farklı şekilde supramaksimal sınırlarda yapılmıştır. Bireylerin antrenman programı da bu çalışmadan farklı olarak sadece çömelleme aktivitesiyle sınırlıdır.

Bu konuda yakın zamanda yapılan başka bir çalışma Kronik Obstruktif Akciğer Hastalığı olan bireylerle çalışılmış ve dirençli egzersizle birlikte kombine edilmiş aerobik egzersizle maksimal yükte %13 lük bir artış bulunmuştur (166). Loveless ve arkadaşları ise beş tekrarlı ve dört setlik yüksek yoğunluklu alt ekstremiteleri içeren dirençli egzersiz programından sonra bisiklet ergometrisi testinde maksimum yükte %3 oranında artış bulmuştur (167). Ancak bu çalışma da birçok kas grubunun aynı anda çalıştırılması yönüyle tez çalışması protokolünden ayrılmaktadır.

Bu tez çalışması sırasında hedef kas olarak seçilen tip 1 lif oranı yüksek kaslar günlük aktiviteler sırasında sık kullanılmakla birlikte esasında güç gerektiren ve dirence karşı yaptıkları aktiviteler sınırlıdır. Örneğin, bu tez çalışmasında egzersiz yaptırılan kaslardan biri olan tibialis anterior kası yürüyüşün neredeyse %50 'lik kısmında aktiftir. Ancak tibialis anterior çok az güç açığa çıkarır. Tibialis anterior'un bazı günlük aktiviteler sırasında etkinliği ise çok azdır. Örneğin yerçekimine karşı yapılan oturmadan ayağa kalkma aktivitesi sırasında tibialis anterior kası neredeyse hiç çalışmaz (168). Yine oturmadan ayağa kalkma aktivitesi sırasında bu tez çalışmasında egzersiz yaptırılan vastus medialis kası da lateralis kasına göre daha az aktive olmaktadır (168). Buradan hareketle çalışmada egzersiz yaptırılacak olan bazı kasların günlük aktiviteler sırasında bir miktar atıl durumda olduğu ve kuvvet gerektiren aktivitelere katılmadıkları söylenebilir. Çalışmaya alınan bu kasların çalışmaya alınma sebebi tamamen bu özellikleri olmamakla birlikte bu kasların ilerleyici dirençli antrenmanla birlikte kuvvet geliştirebildikleri söylenebilir. Bisiklet ergometrisi testi sırasında maksimal yükteki artış aerobik dayanıklılık mekanizmasıyla ilişkili olduğu gibi alt ekstremita kas kuvvetiyle de ilişkilidir. Çünkü bilhassa egzersiz testinin ilerleyen safhalarında pedal yükü oldukça artmaktadır. Bisiklet ergometrisi testi sırasında maksimum yükteki artış alt ekstremita kas kuvvetindeki artışla ilişkili olarak artmış olabilir.

Ayrıca ilerleyici dirençli egzersizlerin en önemli özelliği daha önce de dile getirildiği gibi her seferinde yeni motor üniteleri aktive ederek güç gelişim hızını arttırmalarıdır. 8 haftalık ilerleyici dirençli antrenmanla birlikte çalışmada hedeflenen kaslarda kuvvet gelişimiyle birlikte maksimal güç üretim hızının artarak, hedeflenen güce daha çabuk ulaşılması ve kasılma sırasındaki relaksasyon zamanının arttırılmasının sağlandığı düşünülmüştür. Bunun da kasın yol açtığı damar obstrüksiyonunu

azaltılabileceği, kasa olan kan akımını arttırılabileceği dolayısı ile oksidatif metabolizmaya katkı sağlayılabileceği akıllara gelir.

Bu tez çalışmasında egzersiz programından sonra anaerobik eşikte ilerleyici dirençli egzersiz yapan grupta anlamlı olmasa da minimal artış olmuştur. Mevcut çalışmaya yakın şekilde bisiklet yarışçılarındayapılan bir başka çalışmada klasik dayanıklılık egzersiz programına dirençli egzersizin eklenmesiyle anaerobik eşik-güç profilinde gelişim saptanmıştır (169). Ayrı bir çalışmada da tek başına dayanıklılık egzersiziyle, hem dirençli hem de dayanıklılık egzersizi yapan bireyler karşılaştırılmış ve tredmildeki anaerobik eşikteki hız bakımından gruplar arasında anlamlı bir farklılık görülememiştir (170). Bir başka çalışmada da dirençli egzersizle kombine dayanıklılık antrenmanının anaerobik eşikteki yüke etki etmediği, dayanıklılık antrenmanıylanaerobik yükte daha çok artış olduğu görülmüştür (171). Bu tez çalışması anaerobik eşik zamanında anlamlı bir artış görülmemesi yönünden yukarıdaki çalışmalara benzerlik göstermektedir. Ancak bu çalışmada oksidatif kapasitesi yüksek olan tip 1 ağırlıklı liflere odaklanması, hem anaerobik eşik zamanında hem de anaerobik eşikteki oksijen alımında minimal artışla sonuçlanmıştır.

Aerobik kapasitenin en önemli göstergesi olan  $VO_2$  maks, maksimum yükte ve maksimum oksijen alımı sırasındaki ventilasyon miktarında tip 1 ağırlıklı liflere yönelik dirençli egzersiz yapan grupta anlamlı artış görülmemesi bu durumun sadece yukarıda bahsedilen kuvvet artışı ve kademeli egzersizin doğal bir sonucu olarak egzersiz testinin daha yüksek yüklere kadar devam edebilmesi neticesinde olduğunu akıllara getirebilir. Çünkü kademeli yapılan egzersizlerde egzersiz yoğunluğu arttıkça mevcut tez çalışmasında da olduğu gibi oksijen alımı ve dokunun oksijen alımını karşılamak için de ventilasyon artar. Ancak maksimal oksijen alımının belli bir noktadan sonra birey daha yüksek yüklere kadar egzersizi devam ettirebilse dahi sabit kaldığı ve bir plato noktasına ulaştığı bilinmektedir. Burda dikkat edilmesi gereken önemli bir başka nokta anaerobik eşik zamanının ve anaerobik eşikteki oksijen alımının anlamlı olmasa da dirençli egzersiz grubunda bir miktar artmış olmasıdır. Bu da maksimum oksijen alımındaki artışın dokuların oksijenden yararlanım kapasitesindeki artıştan yani arterio-venöz oksijen farkından kaynaklanılabileceğini akıllara getirmektedir. Oksijen alımı daha önce de belirtildiği gibi iki faktöre bağlı olarak artar, kardiyak debi ve arterio-venöz oksijen farkı.  $VO_2$  maks sırasındaki kalp hızında bu tez çalışması sırasında çok minimal



artış görülmüştür ( $p=0,123$ ). Bu da maksimal oksijen alımındaki artışın daha çok arteriovenöz oksijen farkından kaynaklandığını düşündürür. Arteriovenöz oksijen farkı kasın difüzyon kapasitesi, mitokondrial yoğunluk ve kapiller yoğunluk gibi faktörlerden etkilenmektedir. Bu tez çalışmasında direkt ölçüm yapılmamakla birlikte tip 1 lifler hedef alındığı için  $\dot{V}O_2$  alımındaki artışın kas kapillerizasyonun artması ya da stres altında yeni mitokondri sentezinin olmasına bağlı olabileceğini akıllara getirir.

Bu tez çalışması sırasında maksimal yük altındaki kalp yedeğiyle bu yüke eşdeğer yük altındaki kalp yedeği karşılaştırıldığında İDE grubunda ve Y grubunda anlamlı artış görülmemiştir. Bu konuda yapılan başka bir çalışmada 3-4 setlik 1MT'nin %70'inde 10-12 tekrarlı egzersiz sonucunda 12 hafta sonunda ölçülen maksimal yük altındaki kalp yedeğinde anlamlı olmasa da minimal artış saptanmıştır. Bu çalışma bacak ekstansiyonu ve bacak fleksiyonu gibi egzersizleri içermesi yönünden bu tez çalışmasına benzemektedir. Ancak ilgili çalışma göğüs ve sırt gibi kasları da kapsamaktadır (172).

Başka bir çalışmada da 12-15 tekrarlı 3 set olarak yapılan 6 haftalık dirençli egzersizle genç sedanter erkeklerde egzersiz sonrası toparlanma kalp hızı ölçülmüş. Dirençli egzersiz sonrası, egzersiz testi sırasındaki kalp hızı ile egzersiz kesildikten sonraki birinci dakikadaki kalp hızı farkı arasında egzersiz öncesi ve sonrası değerler karşılaştırıldığında dirençli egzersiz yapan grupta diğer gruba göre anlamlı artış bulunmuştur (173). Bu çalışma mevcut tez çalışmasına benzemekle birlikte göğüs ve sırt gibi kasları da içermesi yönünden farklıdır.

Mevcut tez çalışmasında 6 haftalık ilerleyici dirençli egzersiz sonunda maksimal oksijen alımı ve maksimal aerobik güçte artış olmuştur. Eş süreli egzersiz yapan yürüyüş grubunda ise bu artışlar daha düşüktür. Bireyler kendilerinden beklenen  $\dot{V}O_2$  maks ve maksimum aerobik güç değerine sırasıyla %13 ve %15 oranında yaklaşmıştır. Bununla birlikte bayan ve erkek sayısının aynı olmayışı tezin önemli bir eksikliğidir. Egzersiz çalışmalarının hepsinin labaratuarda yapılmamış olması nedeniyle egzersizlerin yanlış ya da eksik yapılmış olması riski de mevcut olmakla birlikte bu risk bireylere hafta hafta e-mail olarak gönderilen fiziksel aktivite anketleri doldurularak minimize edilmeye çalışılmıştır. Biceps femorisin çalışma pozisyonu olarak ayakta duruş pozisyonu seçilmiştir. Ancak biceps femoris kasının aslında en çok sırtüstü

pozisyonda köprü kurma egzersiziyle birlikte yapılan diz fleksiyonuyla çalıştırıldığı da eklenmelidir (174). Terabant ya da farklı direnç ekipmanlarının (bireyin kendi vücut ağırlığı v.s.) egzersiz biçimlerinde eğer egzersizin yatak içerisinde yapılması gerekiyorsa ve denge problemi de varsa ilgili pozisyon tercih edilebilir.

Bu kısıtlılıklara rağmen uygulanan bu yeni konsept ile orta vadede önemli gelişme sağlanmış bireyler kendilerinden beklenen değerlerle karşılaştırıldığında vasat denilebilecek aerobik kapasite düzeyinden orta düzeyde seviyeye ilerlemiştir. Bu bulgular ışığında bu konsept bilhassa düşme korkusu nedeniyle aerobik egzersiz yapamayan ve yeterince güçlü kaslara sahip olmayan yaşlı bireylerde umut vadeden bir metod olarak kullanılabilir. Herhangi bir sebeple yatağa bağımlı hale gelmiş ve aerobik egzersiz yapması mümkün olmayan hastalarda, uzun süreli yoğun bakım sonrası, hemen akut devrede yatak içerisinde aerobik kapasite arttırılabilir. Spor için zaman kısıtlaması olan bireylerde aerobik egzersizle karşılaştırıldığında daha kısa süreli egzersizle daha etkili sonuçlar verebilir.

Egzersiz kalp hızı ve toparlanma kalp hızında olumlu değişiklik olmayışı ancak olumsuz bir etkisinin de bulunmayışı sebebiyle aerobik kapasitesi düşük olan ve kardiyak rehabilitasyon programına devam eden bireylerde de kullanılabileceği düşünülmüştür. Kardiyak rehabilitasyon programına katılan bayanların antreman programına ilerleyici dirençli egzersiz eklenmesiyle bu bayanların günlük yaşam aktivitelerini yerine getirebilme becerilerinde anlamlı oranda artış bulunmuştur (175). Ancak bu hastalarda kullanım etkinliğinin belirlenmesi için bilhassa bu hasta grubuna yönelik yapılan daha çok ve daha kapsamlı çalışmaya ihtiyaç vardır.

## 9. KAYNAKLAR

1. Azizbeigi K, Azarbayjani MA, Peeri M, Agha-alinejad H, Stannard S.(2013). The effect of progressive resistance training on oxidative stress and antioxidant enzyme activity in erythrocytes in untrained men. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 23(3):230-8.
2. Iepsen UW, Jorgensen KJ, Ringbaek T, Hansen H, Skrubbeltrang C, Lange P (2015). A systematic review of resistance training versus endurance training in COPD. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 35(3): 163-172.
3. Clark JE, Goon DT (2015). The roles of resistance training for treatment of obesity related health issue and for changing health status of the individual who is overfat or obese: A review. *J Sports Med Phys Fit* 55(3): 205-22.
4. Ng CL, Goh SY, Malhotra R, Ostbye T, Tai ES (2010). Minimal difference between aerobic and progressive resistance exercise on metabolic profile and fitness in older adults with diabetes mellitus: a randomised trial. *J Physiother* 56(3): 163-170.
5. Grabiner MD, Koh TJ, Lundin TM, Jahnigen DW (1993). Kinematics of recovery from a stumble. *J Gerontol* 48(3): M97-M102.
6. Armstrong N, Barker AR (2010). Endurance training and elite young athletes. *Med Sport Sci* 56: 59–83.
7. Montero D, Díaz-Cañestro C (2015). Endurance training and maximal oxygen consumption with ageing: Role of maximal cardiac output and oxygen extraction. *Eur J Prev Cardiol* 23(7): 733-43
8. Šentija D, Maršić T, Dizdar D (2009). The effects of strength training on some parameters of aerobic and anaerobic endurance. *Coll Antropol* 33(1):111-116.
9. Williamson, JW, Nobrega, AC, Winchester PK, Zim S, Mitchell JH (1995). Instantaneous heart rate increase with dynamic exercise: central command and muscle-heart reflex contributions. *J Appl Physiol* 78(4):1273.
10. Matsukawa K, (2012). Central command: control of cardiac sympathetic and vagal efferent nerve activity and the arterial baroreflex during spontaneous motor behaviour in animals. *Exp Physiol* 97(1): 20-28.

11. Nobrega AC, O'Leary D, Silva BM, Marongiu E, Piepoli MF, Crisafulli A (2014) Neural regulation of cardiovascular response to exercise: role of central command and peripheral afferents. *Biomed Res Int* doi: 10.1155/2014/478965.
12. McArdle WD, Katch FI, Katch VL (2010). *Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance*. Lippincott Williams & Wilkins, 295-360.
13. Arkinstall M, Dawson T, Johnson C, Sinclair, Peter Z (2010). *MarkMacmillan VCE Physical Education*. MacMillan Education, Australia, 122-145.
14. Chaytor A (2015). Control of cardiac function: an overview. *Anaesth Intensive Care* 16(5): 209-211.
15. Sathyaprabha TN, Pradhan C, Rashmi G, Thennarasu K, Raju TR (2008). Noninvasive cardiac output measurement by transthoracic electrical bioimpedence: influence of age and gender. *J Clin Monit Comput* 22(6): 401-408.
16. Sundstedt M, Hedberg P, Jonason T, Ringqvist I, Brodin LÅ, Henriksen E (2004). Left ventricular volumes during exercise in endurance athletes assessed by contrast echocardiography. *Acta Physiol Scand* 182(1): 45-51.
17. Guyton AC, Hall JE (2007). *Tıbbi fizyoloji*. Çeviren:Çavuşoğlu H, Yeğen BÇ, Aydın Z, Alican İ. Nobel Tıp Kitabevleri, 235-250.
18. Esfandiari S (2012). Short-term high-intensity interval training and continuous moderate-intensity training improve peak aerobic capacity and diastolic filling during exercise. *Doctoral Dissertation, University of Toronto*.
19. Sawka MN, Convertino VA, Eichner ER, Schnieder SM, Young AJ (2000). Blood volume: importance and adaptations to exercise training, environmental stresses, and trauma/sickness. *Med Sci Sports Exerc* 32(2): 332-348.
20. Convertino VA (2007). Blood volume response to physical activity and inactivity. *Am J Med Sci* 334(1): 72-79.
21. U.S. Department of Health and Human Services (1999) Chapter 3 : Physiologic Responses and Long-Term Adaptations to Exercise. *Physical Activity and Health(A report of the surgeon general)*. Atlanta, U.S. Department of Health and Human Services.

22. Fadel PJ (2015). Reflex control of the circulation during exercise. *Scand J Med Sci Sports* 25(S4), 74-82.
23. Astrand PO, Rodahl K (1986) *Textbook of Work Physiology*. 3rd edition. New York:McGraw-Hill.
24. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Stringer WW, Sietsema KE, Sun XG, Whipp BJ (2012). *Principles of Exercise Testing and Interpretation*. Wolters Kluwer, 88-213.
25. Bell HJ (2006). Respiratory control at exercise onset: an integrated systems perspective. *Respir Physiol Neurobiol* 152(1): 1-15.
26. Miyamura M (1994). Control of Ventilation during Exercise in Man with Special Reference to the Feature at the Onset. *Jpn J Physiol* 44(2): 123-139.
27. Singer D, Schunck O, Bach F, Kuhn HJ (1995). Size effects on metabolic rate in cell, tissue, and body calorimetry. *Thermochim Acta* 251: 227-240.
28. Joyner MJ, Casey DP (2015). Regulation of increased blood flow (hyperemia) to muscles during exercise: a hierarchy of competing physiological needs. *Physiol rev* 95(2): 549-601.
29. Ward J (2006) Oxygen delivery and demand. *Surgery (Oxford)* 24(10): 354-360.
30. Morgan DW, Martin PE, Krahenbuhl GS (1989). Factors affecting running economy. *Sports Med* 7 (5): 310-330.
31. Daniels JT (1985). A physiologist's view of running economy. *Med sci sport exer* 7(3): 332-338.
32. Volkov NI, Kornienko TG, Tambovtseva RV (2014). Rates of breathing values and kinetics of respiration response in critical patterns of muscular activity in middle and long distance running. *Human Physiol* 40(5): 542-547.
33. Plowman SA, Smith DL (2013). *Exercise physiology for health fitness and performance*. Lippincott Williams & Wilkins.
34. American College of Sports Medicine (2013). *ACSM's health-related physical fitness assessment manual*. . Lippincott Williams & Wilkins.
35. Ranković G, Mutavdžić V, Toskić D, Preljević A, Kocić M, Nedin-Ranković G, Damjanović N (2010). Aerobic capacity as an indicator in different kinds of sports. *Bosn J Basic Med Sci*. 10(1): 44-48.

36. Bassett DR, Howley ET (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc* 32(1): 70-84.
37. Kravitz L, Dalleck LC (2002). Physiological factors limiting endurance exercise capacity. IDEA Health & Fitness Association. Advanced sports conditioning for enhanced performance. IDEA Resource Series, 21-7.
38. Inbar O, Oren A, Scheinowitz M, Rotstein A, Dlin R, Casaburi R (1994) Normal cardiopulmonary responses during incremental exercise in 20 to 70 year-old men. *Med Sci Sports Exerc* 26: 538–546.
39. Betik AC, Hepple RT (2008). Determinants of V O<sub>2</sub> max decline with aging: an integrated perspective. *Appl Physiol Nutr Metab* 33(1): 130-140.
40. McMurray RG, Harrell JS, Bradley CB, Deng SH, Bangdiwala SI (2002). Predicted maximal aerobic power in youth is related to age, gender, and ethnicity. *Med Sci Sports Exerc* 34(1): 145-151.
41. Ilmarinen J (1992). Job design for the aged with regard to decline in their maximal aerobic capacity. *Int J Ind Ergon* 10: 53–77.
42. Writing Committee to Revise the 2002 Guidelines on Perioperative Cardiovascular Evaluation for Noncardiac Surgery (2008). ACC/AHA 2007 guidelines on perioperative cardiovascular evaluation and care for noncardiac surgery: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Anesth Analg* (106) 3: 685-712.
43. Fleg JL, Piña IL, Balady GJ, Chaitman BR, Fletcher B, Lavie C, Limacher MC, Stein RA, Williams M, Bazzarre T (2000) Assessment of Functional Capacity in Clinical and Research Applications. An Advisory From the Committee on Exercise, Rehabilitation. American Heart Association, *Circulation* 102: 1591-1597
44. Ergen E (2013). Egzersiz Fizyolojisi. Nobel Yayınevi, 195-210.
45. Hill AV (1932). The revolution in muscle physiology. *Physiol rev* 12(1): 56-67.
46. Wasserman K, Whipp BJ, Koysl SN, Beaver WL (1973). Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 35(2): 236-43.

47. Ribeiro JP, Hughes V, Fielding RA, Holden W, Evans W, Knuttgen HG (1986). Metabolic and ventilatory responses to steady state exercise relative to lactate thresholds. *Eur J Appl Physiol* 55(2): 215-221.
48. Hill AV, Long CNH, Lupton H (1924). Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilisation of oxygen. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character* 97(681): 84-138.
49. Wasserman K, Whipp BJ, Koil SN, Beaver WL (1973). Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 35(2): 236-243.
50. Chatterjee S, Sengupta S, Nag M, Kumar P, Goswami S (2013). Cardiopulmonary Exercise Testing: A Review of Techniques and Applications. *J Anesth Clin Res* 4(340): 2.
51. Vallier JM, Bigard AX, Carré F, Eclache JP, Mercier J (2000) Determination of lactic and ventilatory thresholds. *Sci Sport* 1 5(3): 133-140.
52. Binder RK, Wonisch M, Corra U, Cohen-Solal A, Vanhees L, Saner H, Schmid JP (2008) Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. *Eur J Cardio Prev R* 15(6): 726-734.
53. Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ (1986) A new method for detecting the anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol* 60: 2020-2027
54. Kano H, Koike A, Hoshimoto-Iwamoto M, Nagayama O, Sakurada K, Suzuki T, Wasserman K (2012). Abnormal end-tidal PO<sub>2</sub> and PCO<sub>2</sub> at the anaerobic threshold correlate well with impaired exercise gas exchange in patients with left ventricular dysfunction. *Circ J* 76(1): 79-87.
55. Wasserman K, Zhang YY, Gitt A, Belardinelli R, Koike A, Lubarsky L (1997). Lung function and exercise gas exchange in chronic heart failure. *Circulation* 96: 2221 – 2227.
56. Ramos-Jiménez A, Hernández-Torres RP, Torres-Durán PV, Romero-Gonzalez J (2008). The respiratory exchange ratio is associated with fitness indicators both in trained and untrained men: a possible application for people with reduced exercise tolerance. *Clin Med Circ Respir Pulm Med* 2:1-9

57. Solberg G, Robstad B, Skjonsberg OH, Borchsenius F (2005). Respiratory gas exchange indices for estimating the anaerobic threshold. *J Sport Sci Med* 4(1): 29.
58. <http://www.topendsports.com/testing/tests/>. [Erişim tarihi 15 Aralık 2015].
59. Ergen E (2004). Spor Bilimleri ve hekimliği yazıları. Nobel Yayınevi, Ankara, 100-106.
60. Rankovic G, Mutavdzic V, Toskic D (2010) Aerobic capacity as an indicator of different kind of sports. *Bosnian J Basic Med* 10: 45-48.
61. American Thoracic Society, American College of Chest Physicians (2003). ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Medicine* 167(2): 211-77.
62. Luks AM, Glenny RW, Robertson HT (2013). Introduction to cardiopulmonary exercise testing, NY: Springer, New York, 6-10.
63. Hoehn K, Marieb EN (2010). Human Anatomy & Physiology. Pearson, 280-326.
64. Nygaard E, Gorické T (1976). Morphological studies of skeletal muscles in women. August Krogh Institute.
65. Johnson M, Polgar J, Weightman D, Appleton D (1973) Data on the distribution of fibre types in thirty-six human muscles: an autopsy study. *J Neurol Sci* 18(1): 111-129.
66. Dahmane R, Valenčič V, Knez N, Eržen I (2001) Evaluation of the ability to make non-invasive estimation of muscle contractile properties on the basis of the muscle belly response. *Med Biol Eng Comput* 39(1): 51-55.
67. Dahmane R, Djordjević S, Šimunić B, Valenčič V (2005). Spatial fiber type distribution in normal human muscle: histochemical and tensiomyographical evaluation. *J Biomech* 38(12): 2451-2459.
68. Vikne H, Gundersen K, Liestol K, Maelen J, Vollestad N (2012). Intermuscular relationship of human muscle fiber type proportions: slow leg muscles predict slow neck muscles. *Muscle Nerve* 45(4): 527-535.
69. Enoka RM (2015). Neuromechanics of human movement. Human kinetics. Kinddle edition, 3000-3500



70. Heintz S, Gutierrez-Farewik EM (2007). Static optimization of muscle forces during gait in comparison to EMG-to-force processing approach. *Gait Posture* 26(2): 279-288.
71. Otman AS (2006). Egzersiz tedavisinde temel prensipler ve yöntemler. Meteksan AŞ. Ankara, 12-13.
72. Oatis CA (2008). *Kinesiology: The mechanics and pathomechanics of human movement*. Wolters&Kluwer, 45-65.
73. Ratamess NA (2012). *ACSM's foundations of strength training and conditioning*. Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, Kindle Edition, 1600-8000
74. Zatsiorsky VM (1992). Intensity of Strength Training: Facts and Theory Russian and Eastern European Approach. *National Strength and Conditioning Association Journal* 14: 40-40.
75. Beck TW, DeFreitas JM, Stock MS (2011). The effects of a resistance training program on average motor unit firing rates. *Clinical Kinesiology* 65(1): 1.
76. Fitts RH (2008). The cross-bridge cycle and skeletal muscle fatigue. *J Appl Physiol* 104(2): 551-558.
77. Cairns SP (2006). Lactic acid and exercise performance. *Sports Med* 36(4): 279-291.
78. Sullivan GM, Pomidor AK (2015). *Exercise for Aging Adults: A Guide for Practitioners*. Springer, 53-57.
79. Laursen PB (2010). Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training? *Scand J Med Sci Spor* 20(s2): 1-10.
80. Carter JB, Banister EW, Blaber AP (2003). Effect of endurance exercise on autonomic control of heart rate. *Sports Med* 33(1): 33-46.
81. Carrick-Ranson G, Hastings JL, Bhella PS, Fujimoto N, Shibata, S, Palmer, MD, Levine BD (2014). The effect of lifelong exercise dose on cardiovascular function during exercise. *J Appl Physiol* 116(7): 736-745.
82. Yamamoto K, Miyachi M, Saitoh T, Yoshioka A, Onodera S (2001) Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. *Med Sci Sport Exer* 33(9): 1496-1502.

83. Kwon O, Park S, Kim YJ, Min SY, Kim YR, Nam GB, Kim YH (2014). The exercise heart rate profile in master athletes compared to healthy controls. *Clin Physiol Funct I* DOI: 10.1111/cpf.12226
84. Borresen J, Lambert MI (2008). Autonomic control of heart rate during and after exercise. *Sports Med* 38(8): 633-646.
85. Seals DR, Hagberg JM, Spina RJ, Rogers MA, Schechtman KB, Ehsani AA (1994). Enhanced left ventricular performance in endurance trained older men. *Circulation* 89(1): 198-205.
86. Walsh H, Carrick-Ranson G, Whalley G, Lalande S, Gusso S, Doughty R, Baldi J (2006). 1117 Mitral and tissue Doppler evaluation of diastolic filling response during rest and submaximal exercise in trained and untrained subjects. *Eur Heart J - Cardiovascular Imaging* 7(suppl 1): S195-S195.
87. Prasad A, Popovic ZB, Arbab-Zadeh A, Fu Q, Palmer D, Dijk E, Levine BD (2007). The effects of aging and physical activity on Doppler measures of diastolic function. *Am J Cardiol* 99(12): 1629-1636.
88. Slordahl SA (2004). Atrioventricular plane displacement in untrained and trained females. *Med Sci Sports Exerc* 36(11): 1871-5.
89. Trilk JL, Singhal A, Bigelman KA, Cureton KJ (2011). Effect of sprint interval training on circulatory function during exercise in sedentary, overweight/obese women. *Eur J Appl Physiol* 111(8): 1591-1597.
90. Metcalfe RS, Babraj JA, Fawcner SG, Vollaard NB (2012). Towards the minimal amount of exercise for improving metabolic health: beneficial effects of reduced-exertion high-intensity interval training. *Eur J Appl Physiol* 112(7): 2767-2775.
91. Marques EA, Wanderley F, Machado L, Sousa F, Viana JL, Moreira-Gonçalves D, Carvalho J (2011). Effects of resistance and aerobic exercise on physical function, bone mineral density, OPG and RANKL in older women. *Exp Gerontol* 46(7): 524-532.
92. Ratamess NA, Alvar BA, Evetoch TK, Housh TJ, Kibler WB, Kraemer WJ (2009). Progression models in resistance training for healthy adults [ACSM position stand]. *Med Sci Sports Exerc* 41(3): 687-708.

93. Hoeger WW, Hopkins DR, Barette SL, Hale DF (1990). Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: A comparison between untrained and trained males and females. *J Strength Cond Res* 4(2): 47-54.
94. Tan B (1999). Manipulating Resistance Training Program Variables to Optimize Maximum Strength in Men: A Review. *J Strength Cond Res* 13(3): 289-304.
95. Fleck SJ, Kraemer WJ (1997). *Designing Resistance Training Programs* 2nd Ed. Champaign, IL: Human Kinetics Books, 1–115.
96. Lorenz DS, Reiman MP, Walker JC (2010). Periodization Current review and suggested implementation for athletic rehabilitation. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach* 2(6): 509-518.
97. Baker JS, Davies B, Cooper SM, Wong DP, Buchan DS, Kilgore L (2013). Strength and body composition changes in recreationally strength-trained individuals: comparison of one versus three sets resistance-training programmes. *BioMed research international*, doi:10.1155/2013/615901.
98. Schoenfeld BJ, Pope ZK, Benik FM, Hester GM, Sellers J, Nooner JL, Just BL (2015). Longer inter-set rest periods enhance muscle strength and hypertrophy in resistance-trained men and conditioning research. *National Strength & Conditioning Association*, DOI: 10.1519/JSC.0000000000001272.
99. Martorelli A, Bottaro M, Vieira A, Rocha-Júnior V, Cadore E, Prestes J, Martorelli S (2015). Neuromuscular and blood lactate responses to squat power training with different rest intervals between sets. *J Sport Sci Med* 14(2): 269.
100. Crewther B, Cronin J, Keogh J (2006). Possible stimuli for strength and power adaptation. *Sports Med* 36(1): 65-78.
101. Baechle TR, Earle RW (2008). *Essentials of strength training and conditioning*. Human Kinetics, 108-113.
102. Haykowsky M, Taylor D, Teo K, Quinney A, Humen D (2001). Left ventricular wall stress during leg-press exercise performed with a brief Valsalva maneuver. *Chest Journal* 119(1): 150-154.
103. Fleck SJ, Dean LS (1987) Resistance-training experience and the pressor response during resistance exercise. *J Appl Physiol* 63 (1): 116-20.

104. MacDougall JD, McKelvie RS, Moroz DE, Sale DG, McCartney N, Buick F (1992) Factors affecting blood pressure during heavy weight lifting and static contractions. *J Appl Physiol* 73(4): 1590-1597.
105. McCARTNEY N (1999). Acute responses to resistance training and safety. *Med Sci Sports Exerc* 31(1): 31-37.
106. Tesch PA, Buchanan P, Dudley GA (1990). An approach to counteracting long-term microgravity-induced muscle atrophy. *Physiologist* 33(1 Suppl):S77-9
107. Gabriel DA, Kamen G, Frost G (2006). Neural adaptations to resistive exercise. *Sports Med* 36(2): 133-149.
108. Dettmers C, Ridding MC, Stephan KM, Lemon RN, Rothwell JC, Frackowiak RS (1996). Comparison of regional cerebral blood flow with transcranial magnetic stimulation at different forces. *J Appl Physiol* 81(2): 596-603.
109. Ranganathan VK, Siemionow V, Liu JZ, Sahgal V, Yue GH (2004). From mental power to muscle power—gaining strength by using the mind. *Neuropsychologia* 42(7): 944-956.
110. Adams GR, Harris RT, Woodard D, Dudley GA (1993). Mapping of electrical muscle stimulation using MRI. *J Appl Physiol* 74(2): 532-537.
111. Pensini M, Martin A, Maffiuletti NA (2002). Central versus peripheral adaptations following eccentric resistance training. *Int J Sports Med* 23(8): 567-574.
112. Del Olmo MF, Reimunde P, Viana O, Acero RM, Cudeiro J (2006). Chronic neural adaptation induced by long-term resistance training in humans. *Eur J Appl Physiol* 96(6), 722-728.
113. Pucci AR, Griffin L, Cafarelli E (2006). Maximal motor unit firing rates during isometric resistance training in men. *Exp Physiol* 91(1): 171-178.
114. Gorassini M, Yang JF, Siu M, Bennett DJ (2002). Intrinsic activation of human motoneurons: reduction of motor unit recruitment thresholds by repeated contractions. *J Neurophysiol* 87(4): 1859-1866.
115. Adler Y, Fisman EZ, Koren-Morag N, Tanne D, Shemesh J, Lasry E, Tenenbaum A (2008). Left ventricular diastolic function in trained male weightlifters at rest and during isometric exercise. *Am J Cardiol* 102(1): 97-101.

116. Fleck SJ (2008). Cardiovascular responses to strength training. Strength and power in sport, 387-406.
117. Dinunno FA, Jones PP, Seals DR, Tanaka H. (1999) Limb blood flow and vascular conductance are reduced with age in healthy humans: relation to elevations in sympathetic nerve activity and declines in oxygen demand. *Circulation* 100 (2): 164-70.
118. Dinunno FA, Seals DR, DeSouza CA, Tanaka H (2001) Age-related decreases in basal limb blood flow in humans: time course, determinants and habitual exercise effects. *J Physiol* 531 (Pt 2): 573-9.
119. Miyachi M, Tanaka H, Kawano H, Okajima M, Tabata I (2005) Lack of age-related decreases in basal whole leg blood flow in resistance-trained men. *J Appl Physiol* 99(4): 1384-90.
120. Anton MM, Cortez-Cooper MY, DeVan AE, Neidre DB, Cook JN, Tanaka H (2006). Resistance training increases basal limb blood flow and vascular conductance in aging humans. *J Appl Physiol* 101 (5): 1351-1355.
121. Hare DL, Ryan TM, Selig SE, Pellizzer AM, Wrigley TV, Krum H (1999). Resistance exercise training increases muscle strength, endurance, and blood flow in patients with chronic heart failure. *Am J Cardiol* 83 (12): 1674-7.
122. Selig SE, Carey MF, Menzies DG, Patterson J, Geerling RH, Williams AD, et al (2004). Moderate-intensity resistance exercise training in patients with chronic heart failure improves strength, endurance, heart rate variability, and forearm blood flow. *J Card Fail* 10 (1): 21-30.
123. Weber MA, Hildebrandt W, Schröder L, Kinscherf R, Krix M, Bachert P, Krakowski-Roosen H (2010). Concentric resistance training increases muscle strength without affecting microcirculation. *Eur J Radiol* 73(3): 614-621.
124. Skovgaard C, Christensen PM, Larsen S, Andersen TR, Thomassen M, Bangsbo J (2014). Concurrent speed endurance and resistance training improves performance, running economy, and muscle NHE1 in moderately trained runners. *J Appl Physiol* 117(10): 1097-1109.
125. Prior SJ, Goldberg AP, Ortmeyer HK, Chin ER, Chen D, Blumenthal JB, Ryan AS (2015). Increased skeletal muscle capillarization independently enhances insulin

- sensitivity in older adults after exercise training. and detraining. *Diabetes* 64(10): 3386-3395.
126. McCall GE, Byrnes WC, Dickinson AL, Pattany PM, Fleck (1996). Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. *J Appl Physiol* 81(5): 2004-2012.
  127. McGuigan MR, Bronks R, Newton RU, Sharman MJ, Graham JC, Cody DV, Kraemer WJ (2001). Resistance Training in Patients With Peripheral Arterial Disease Effects on Myosin Isoforms, Fiber Type Distribution, and Capillary Supply to. Skeletal Muscle. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(7), B302-B310.
  128. Krainski F, Hastings JL, Heinicke K, Romain N, Pacini EL, Snell PG, Levine BD (2014). The effect of rowing ergometry and resistive exercise on skeletal muscle structure and function during bed rest. *J Appl Physiol* 116(12): 1569-81
  129. Harris BA (2005). The influence of endurance and resistance exercise on muscle capillarization in the elderly: a review. *Acta Physiologica Scandinavica* 185(2): 89-97.
  130. Jensen L, Bangsbo J, Hellsten Y (2004). Effect of high intensity training on capillarization and presence of angiogenic factors in human skeletal muscle. *The J Phycol* 557(2): 571-582.
  131. Degens H (1998). Age-related changes in the microcirculation of skeletal muscle. *Adv Exp Med Biol* 454: 343-348.
  132. Ratamess NA, Falvo MJ, Mangine GT, Hoffman JR, Faigenbaum AD, Kang J (2007). The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise. *Eur J Appl Physiol* 100(1): 1-17.
  133. Winett RA, Wojcik JR, Fox LD, Herbert WG, Blevins JS, Carpinelli RN (2003). Effects of low volume resistance and cardiovascular training on strength and aerobic capacity in unfit men and women: a demonstration of a threshold model. *J Behav Med* 26(3): 183-195.
  134. MacDougall JD, Sale DG, Moroz JR, Elder GC, Sutton JR, Howald H. (1979). Mitochondrial volume density in human skeletal muscle following heavy resistance training, *Med Sci Sports*. Summer 11(2):164-6.

135. Hennessy LC, Watson AW (1994). The Interference Effects of Training for Strength and Endurance Simultaneously. *J Strength Cond Res* 8(1): 12-19.
136. Chilibeck PD, Syrotuik DG, Bell GJ (2002). The effect of concurrent endurance and strength training on quantitative estimates of subsarcolemmal and intermyofibrillar mitochondria. *Int J Sports Med* 23(1): 33-9.
137. Seynnes O, Singh MAF, Hue O, Pras P, Legros P, Bernard PL (2004). Physiological and functional responses to low-moderate versus high-intensity progressive resistance training in frail elders. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 59(5): M503-M509.
138. Strohacker, K, Fazzino D, Breslin WL, Xu X (2015). The use of periodization in exercise prescriptions for inactive adults: A systematic review. *Prev Med Rep* 2: 385-396.
139. Ciccolo JT, Kraemer WJ (2013). Resistance training for the prevention and treatment of chronic disease. CRC Press, 193-198.
140. Todd JS, Shurley JP, Todd TC (2012). Thomas L. DeLorme and the science of progressive resistance exercise. *J Strength Cond Res* 26(11): 2913-2923.
141. Taylor NF, Dodd KJ, Damiano DL (2005). Progressive resistance exercise in physical therapy: a summary of systematic reviews. *Phys Ther* 85(11): 1208-1223.
142. Bishop D (2003). Warm up I. *Sports Med* 33(6): 439-454.
143. Prestes J, Frollini AB, de Lima C, Donatto FF, Foschini D, de Cássia Marqueti R., Fleck SJ (2009). Comparison between linear and daily undulating periodized resistance training to increase strength. *J Strength Cond Res* 23(9), 2437-2442.
144. Horschig AD, Neff TE, Serrano AJ (2014). Utilization of autoregulatory Progressive resistance exercise in transitional rehabilitation periodization of a high school football-player following anterior cruciate ligament reconstruction: A Case Report. *Int J Sports Phys Ther* 9(5): 691.
145. Abrahin O, Rodrigues RP, Nascimento VC, Da Silva-Grigoletto ME, Sousa EC, Marçal AC (2014). Single- and multiple-set resistance training improves skeletal and respiratory muscle strength in elderly women. *Clin Interv Aging* 16(9): 1775-82.

146. Gordon BA, Knapman LM, Lubitz L (2010). Graduated exercise training and progressive resistance training in adolescents with chronic fatigue syndrome: a randomized controlled pilot study. *Clin Rehabil* 24(12):1072-9.
147. Booth ML, Ainsworth BE, Pratt M, Ekelund U, Yngve A, Sallis JF, Oja P (2003). International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med sci sports Exerc* 195(9131/03): 3508-1381.
148. Savci S, Ozturk M, Arikan H, Inal ID, Tokgozoglu L (2006). Üniversite öğrencilerinin fiziksel aktivite düzeyleri. *Türk Kardiyol Dern Ars* 34(3): 166-172.
149. Midgley AW, McNaughton LR, Polman R, Marchant D (2007). Criteria for determination of maximal oxygen uptake. *Sports Med* 37(12), 1019-1028.
150. Dohoney P, Chromiak JA, Lemire D, Abadie BR, Kovacs C (2002). Prediction of one repetition maximum (1-RM) strength from a 4-6 RM and a 7-10 RM submaximal strength test in healthy young adult males. *J Exerc Physiol* 5(3): 54-59.
151. Burgess EM, Rappoport A (1993). *Physical fitness: a guide for individuals with lower limb loss*. DIANE Publishing.
152. Roberts K, Shelton L (2012). *Stronger Legs and Lower Body*. Human Kinetics. s. 8-123.
153. Warburton DE (2005) Effectiveness of high-intensity interval training for the rehabilitation of patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* 95(9): 1080-4.
154. Swain DP, Franklin BA (2006). Comparison of cardioprotective benefits of vigorous versus moderate intensity aerobic exercise. *Am J Cardiol* 97(1): 141-7.
155. Helgerud J (2007) Aerobic high-intensity intervals improve VO<sub>2</sub>max more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc* 39(4): 665-71.
156. Duffield R, Edge J, Bishop D (2006) Effects of high-intensity interval training on the VO<sub>2</sub> response during severe exercise. *J Sci Med Sport* 9(3): 249-55.
157. Wisloff U (2007). Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. *Circulation* 115(24): 3086-94.



158. MacDonald MJ, Currie KD (2009) Interval exercise is a path to good health, but how much, how often and for whom? *Clin Sci (Lond)* 116(4): 315-6.
159. Jankowska EA, Wegrzynowska K, Superlak M, Nowakowska K, Lazarczyk M, Biel B, Ponikowski P (2008). The 12-week progressive quadriceps resistance training improves muscle strength, exercise capacity and quality of life in patients with stable chronic heart failure. *Int J Cardiol* 130(1): 36-43.
160. American College of Sports Medicine (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sport Exer* 41(3): 687.
161. Ratamess NA, Rosenberg JG, Kang J, Sundberg S, Izer KA, Levowsky J, Faigenbaum AD (2014). Acute oxygen uptake and resistance exercise performance using different rest interval lengths: The influence of maximal aerobic capacity. and exercise sequence. *J Strength Cond Res* 28(7): 1875-1888.
162. Kim E, Dear A, Ferguson SL, Seo D, Bemben MG (2011). Effects of 4 weeks of traditional resistance training vs. superslow strength training on early phase adaptations in strength, flexibility, and aerobic capacity in college-aged women. *J Strength Cond Res* 25(11): 3006-3013.
162. Frank P, Andersson E, Pontén M, Ekblom B, Ekblom M, Sahlin K (2015). Strength training improves muscle aerobic capacity and glucose tolerance in elderly. *Scand J Med Sci Sports*. DOI: 10.1111/sms.12537.
163. Rosenblatt JD, Yong D, Parry DJ (1994). Satellite cell activity is required for hypertrophy of overloaded adult rat muscle. *Muscle & nerve* 17(6): 608-613.
164. Minahan C, Wood C (2008). Strength training improves supramaximal cycling but not anaerobic capacity. *European journal of app*102(6): 659-666.
165. Zambom-Ferraresi F, Cebollero P, Gorostiaga EM, Hernández M, Hueto J, Cascante J, Anton MM (2015). Effects of Combined Resistance and Endurance Training Versus Resistance Training Alone on Strength, Exercise Capacity,. and Quality of Life in Patients With COPD., *J Cardiopulm Rehabil Prev* 35(6), 446-453.

166. Loveless DJ, Webe CL, Haseler LJ, Schneider DA (2005). Maximal leg-strength training improves cycling economy in previously untrained men. *Med Sci Sports Exerc* 37(7): 1231.
167. Caruthers E (2014). Individual Muscle Forces during Sit to Stand Transfer. Available from: <http://hdl.handle.net/1811/59705>.
168. Paton CD, Hopkins WG (2005). Combining explosive and high-resistance training improves performance in competitive cyclists. *J Strength Cond Res* 19(4): 826-830.
169. Ferrauti A, Bergermann M, Fernandez-Fernandez J (2010). Effects of a concurrent strength and endurance training on running performance and running economy in recreational marathon runners. *J Strength Cond Res*, 24(10): 2770-2778.
170. Izquierdo M, Häkkinen K, Ibanez J, Kraemer WJ, Gorostiaga EM (2005) Effects of combined resistance and cardiovascular training on strength, power, muscle cross-sectional area, and endurance markers in middle-aged men. *Eur J Appl Physiol* 94(1-2): 70-75.
171. Valls MRB, Dimauro I, Brunelli A, Tranchita E, Ciminelli E, Caserotti P, Caporossi D (2014). Explosive type of moderate-resistance training induces functional, cardiovascular, and molecular adaptations in the elderly. *Age* 36(2): 759-772.
172. Heffernan KS, Fahs CA, Shinsako KK, Jae SY, Fernhall B (2007). Heart rate recovery and heart rate complexity following resistance exercise training and detraining in young men. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 293(5): H3180-H3186.
173. Zebis MK, Skotte J, Andersen CH, Mortensen P, Petersen HH, Viskær TC, Andersen LL (2013). Kettlebell swing targets semitendinosus and supine leg curl targets biceps femoris: an EMG study with rehabilitation implications. *Br J Sports Med*. 47(18): 1192-1198.
174. Coke LA, Staffileno BA, Braun T, Gulanick M (2008). Upper-Body Progressive Resistance Training Improves Strength and Household Physical Activity Performance in Women Attending Cardiac Rehabilitation. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 28(4): 238-245.



Gönüllünün

Adı Soyadı:

## ULUSLARARASI FİZİKSEL AKTİVİTE ANKETİ (UZUN)

İnsanların günlük hayatlarının bir parçası olarak yaptıkları fiziksel aktivite tiplerini bulmayla ilgileniyoruz. Sorular son 7 gün içerisinde fiziksel olarak harcanan zamanla ilgili olarak sorulacaktır. Lütfen yaptığınız aktiviteleri düşünün; işte, evde, bir yerden bir yere giderken, boş zamanlarınızda yaptığınız spor, egzersiz veya eğlence aktiviteleri.

Son 7 günde yaptığınız şiddetli ve orta dereceli aktiviteleri düşünün. Şiddetli fiziksel aktiviteler zor fiziksel efor yapıldığını ve nefes almanın normalden çok daha zor olduğu aktiviteleri ifade eder. Orta dereceli aktivitelerde orta dereceli fiziksel efor yer alır ve nefes almada normalden biraz daha zor olduğu aktiviteleri ifade eder.

### BÖLÜM 1: İŞLE İLGİLİ FİZİKSEL AKTİVİTE

İlk bölüm işinizle ilgilidir. İş tanımı ücretli işleri, tarım, gönüllü işler, akademik işler ve evinizin dışında yaptığınız ücretsiz diğer işleri kapsamaktadır. Ancak evinizin çevresinde yapmakta olduğunuz ev işleri, bahçe işleri, genel bakım ve ailenizle ilgilenme gibi ücretsiz işler bu kapsamda yer almamaktadır. Onlara ilişkin sorular 3. Bölümde bulunmaktadır.

1. Şu an bir işiniz var mı ya da evinizin dışında ücret karşılığı olmayan (gönüllü) herhangi bir iş yapıyor musunuz?

\_\_\_ evet

\_\_\_ hayır ☐ (Bölüm 2: Ulaşım'a gidin.)

Aşağıdaki sorular geçen 7 günde ücretli ya da ücretsiz işinizin parçası olarak yaptığınız tüm fiziksel aktivitelerle ilgilidir. İşe gidiş gelişiniz ise bu kapsamda yer almamaktadır.

2. Geçen 7 gün içerisinde işinizin bir parçası olarak ağır kaldırma, kazma, ağır inşaat veya merdiven çıkma gibi şiddetli fiziksel aktiviteler yaptığınız gün sayısı kaçtır?

\_\_\_ Haftada -----gün

\_\_\_ İşle ilgili şiddetli fiziksel aktivite yapmadım. ☐ ( 4.soruya gidin.)

3. Bu günlerden birinde işinizin parçası olarak şiddetli fiziksel aktivite yaparak genellikle ne kadar zaman geçirdiniz?

Günde\_\_ saat  
Günde\_\_ dakika

4. Yalnız bir seferde en az 10 dakika boyunca yaptığınız fiziksel aktiviteleri düşünün. Geçen 7 gün içerisinde hafif yük taşıma gibi orta derecede fiziksel aktiviteleri yaptığınız gün sayısı kaçtır? Lütfen yürümeyi hariç tutunuz.

\_\_ Haftada-----gün  
\_\_ İşle ilgili orta derecede fiziksel aktivite yapmadım. ☐ (6.soruya gidin.)

5. Bu günlerden birinde işinizin parçası olarak orta derecede fiziksel aktivite yaparak genellikle ne kadar zaman geçirdiniz?

Günde\_\_ saat  
Günde\_\_ dakika

6. Geçen 7 gün içerisinde işinizin parçası olarak bir seferde en az 10 dakika yürüdüğünüz gün sayısı kaçtır?

\_\_ Haftada----- gün  
\_\_ İşle ilgili yürümedim. ☐ (Bölüm 2:Ulaşım'a gidin.)

7. Bu günlerden birinde işinizin parçası olarak genellikle ne kadar yürüdünüz?

Günde\_\_ saat  
Günde\_\_ dakika

## BÖLÜM 2:ULAŞIM

Bu bölümdeki sorular iş, mağaza, sinema gibi yerler dahil olmak üzere bir yerden bir yere nasıl yolculuk ettiğinizle ilgilidir.

8. Geçen 7 gün içerisinde tren, otobüs, araba gibi motorlu bir taşıtta yolculuk yaptığınız gün sayısı kaçtır?

\_\_ Haftada----gün  
\_\_ Motorlu taşıtta yolculuk yapmadım. ☐ (10.soruya gidin.)

9. Bu günlerden birinde tren, otobüs, araba veya diğer çeşit bir motorlu taşıtta yolculuk yaparak genellikle ne kadar zaman geçirdiniz?

Günde\_\_ saat  
Günde\_\_ dakika

Şimdi işe gidip gelirken, gündelik işlerinizi yaparken veya bir yerden bir yere gidip

gelirken sadece bisiklete bindiğiniz ve yürüdüğünüz zamanları düşünün.

10. Geçen 7 gün içerisinde, bir yerden bir yere gitmek için bir seferde en az 10 dakika bisiklete bindiğiniz gün sayısı kaçtır?

\_\_\_ Haftada -----gün

\_\_\_ Bir yerden bir yere bisikletle gitmedim. ☐ (12.soruya gidin.)

11. Bu günlerden birinde bir yerden bir yere bisikletle giderken genellikle ne kadar zaman geçirdiniz?

Günde \_\_\_ saat

Günde \_\_\_ dakika

12. Geçen 7 gün içerisinde, bir yerden bir yere gitmek için bir seferde en az 10 dakika yürüdüğünüz gün sayısı kaçtır?

\_\_\_ Haftada----gün

\_\_\_ Bir yerden bir yere giderken yürümedim. ☐ (Bölüm 3: Ev işleri, Evin Bakımı ve Ailenin Bakımı'na gidin.)

13. Bu günlerden birinde bir yerden bir yere yürüyerek giderken genellikle ne kadar zaman geçirdiniz?

Günde \_\_\_ saat

Günde \_\_\_ dakika

### BÖLÜM 3: EV İŞLERİ, EVİN BAKIMI VE AİLENİN BAKIMI

Bu bölüm geçen 7 gün içerisinde ev işi, bahçe işleri, genel bakım, onarım işleri ve ailenin bakımı gibi evin içerisinde ve çevresinde yapmış olabileceğiniz fiziksel aktivitelerle ilgilidir.

14. Yalnız bir seferde en az 10 dakika boyunca yaptığınız fiziksel aktiviteleri düşünün. Geçen 7 gün içerisinde, ağır kaldırma, odun kesme, kar küreme veya bahçede çukur kazma gibi şiddetli fiziksel aktivite yaptığınız gün sayısı kaçtır?

\_\_\_ Haftada----gün

\_\_\_ Bahçede şiddetli aktivite yapmadım. ☐ (16.soruya gidin)

15. Bu günlerden birinde bahçede şiddetli fiziksel aktivite yaparak genellikle ne kadar zaman geçirdiniz?

Günde \_\_\_ saat

Günde \_\_\_ dakika

16. Yalnız bir seferde en az 10 dakika boyunca yaptığınız fiziksel aktiviteleri tekrar

düşünün.geçen 7 gün içerisinde, hafif yük taşıma, süpürme, pencereleri silme veya bahçeyi tırmıklamak gibi bahçede orta derecede fiziksel aktivite yaptığınız gün sayısı kaçtır?

\_\_\_Haftada-----gün

\_\_\_Bahçede orta dereceli fiziksel aktivite yapmadım. ☐ (18.soruya gidin.)

17. Bu günlerden birinde bahçede orta dereceli fiziksel aktivite yaparak genellikle ne kadar zaman geçirdiniz?

Günde\_\_\_ saat

Günde\_\_\_dakika

18. Yalnız bir seferde en az 10 dakika boyunca yaptığınız fiziksel aktiviteleri bir kez daha düşünün. Geçen 7 gün içerisinde, hafif yük taşıma, pencereleri silme, yerleri sürtme veya süpürme gibi evin içinde orta dereceli fiziksel aktiviteleri yaptığınız gün sayısı kaçtır?

\_\_\_Haftada-----gün

\_\_\_Evde orta dereceli fiziksel aktivite yapmadım. ☐ (Bölüm 4: Dinlenme, Spor ve Boş Zaman Fiziksel Aktiviteleri'ne gidin)

19. Bu günlerden birinde evde orta dereceli fiziksel aktivite yaparak genellikle ne kadar zaman geçirdiniz?

Günde\_\_\_ saat

Günde\_\_\_dakika

#### BÖLÜM 4: DİNLENME, SPOR VE BOŞ ZAMAN FİZİKSEL AKTİVİTELERİ

Bu bölümdeki sorular sadece geçen 7 gün içerisinde yaptığınız dinlenme,spor ve boş zaman fiziksel aktiviteleri ile ilgilidir.Lütfen daha önce bahsettiğiniz aktiviteleri hariç tutunuz.

20. Daha önce bahsetmiş olduğunuz yürüyüşleri dahil etmeden, geçen 7 gün içerisinde, boş zamanınızda bir seferde en az 10 dakika yürüdüğünüz gün sayısı kaçtır?

\_\_\_Haftada-----gün

\_\_\_Boş zamanımda yürümedim. ☐ (22.soruya gidin.)

21. Bu günlerden birinde boş zamanınızda yürüyerek genellikle ne kadar zaman geçirdiniz?

Günde\_\_\_ saat

Günde\_\_\_dakika

22. Yalnız bir seferde en az 10 dakika boyunca yaptığınız fiziksel aktiviteleri düşünün. Geçen 7 gün içerisinde, boş zamanlarınızda basketbol, futbol, aerobik,

koşu, hızlı bisiklet çevirme veya hızlı yüzme gibi şiddetli fiziksel aktiviteleri yaptığınız gün sayısı kaçtır?

\_\_\_Haftada----gün

\_\_\_Boş zamanımda şiddetli aktivite yapmadım. ☐ (24.soruya gidin.)

23. Bu günlerden birinde boş zamanınızda şiddetli fiziksel aktivite yaparak genellikle ne kadar zaman geçirdiniz?

Günde\_\_\_ saat

Günde\_\_\_ dakika

24. Yalnız bir seferde en az 10 dakika boyunca yaptığınız fiziksel aktiviteleri düşünün. Geçen 7 gün içerisinde, boş zamanlarınızda dans, halk oyunları, masa tenisi, bowling, düzenli tempoda bisiklet çevirme ve düzenli tempoda yüzme gibi orta dereceli fiziksel aktiviteleri yaptığınız gün sayısı kaçtır?

\_\_\_Haftada----gün

\_\_\_Boş zamanımda orta dereceli fiziksel aktivite yapmadım. ☐ (Bölüm 5: Oturarak Geçen Zaman'a gidin)

25. Bu günlerden birinde boş zamanınızda orta dereceli fiziksel aktivite yaparak genellikle ne kadar zaman geçirdiniz?

Günde\_\_\_ saat

Günde\_\_\_ dakika

## BÖLÜM 5: OTURARAK GEÇEN ZAMAN

Bu bölüm işte, evde, ders çalışırken ve boş zamanlarınızda oturarak geçirdiğiniz zamanla ilgilidir. Bu masada oturarak, bir arkadaşı ziyaret ederken, okurken veya televizyon seyrederek otururken veya yatarken ki oturularak geçirilen zamanları kapsar. Ancak daha önce bahsetmiş olduğunuz bir motorlu taşıt içerisinde oturulan zamanlar buna dahil değildir.

26. Geçen 7 gün içerisinde, hafta içinde oturarak ne kadar zaman harcadınız?

Günde\_\_\_ saat

Günde\_\_\_ dakika

27. Geçen 7 gün içerisinde, hafta sonunda oturarak ne kadar zaman harcadınız?

Günde\_\_\_ saat

Günde\_\_\_ dakika



## BİLGİLENDİRİLMİŞ OLUR FORMU

Sayın .....

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalında  
**“Genç sedanter bireylerde ilerleyici dirençli egzersizin aerobik kapasiteye etkisi”**  
isimli yüksek lisans tez çalışması yürütülmektedir.

Bu tez çalışmasındaki amaç, belli kasların özel olarak çalıştırılmasını hedef alan dirençli egzersizin sağlıklı sedanter bireylerde aerobik egzersiz kapasitesi üzerine etkisini incelemektir. Bu çalışmada gönüllü genç bireyler egzersiz programına başlamadan önce bisiklet ergometresinde kardiyopulmoner egzersiz testine alınarak aerobik kapasiteleri test edilecek ardından video görüntüsü ile ayrıntısı tarif edilecek egzersiz uygulaması (gün aşırı, haftada 3 gün) veya yürüyüş egzersizi grubuna dahil edilecektir 4 haftanın sonunda kardiyopulmoner egzersiz testi tekrarlanacak ve önceki değerlerle kıyaslama yapılacaktır. Bu çalışmaya dahil olan deneklere hiçbir ilaç veya madde uygulaması yapılmayacak, kan veya biyolojik bir sıvı örneği alınmayacaktır. Kardiyovasküler egzersiz testi kalp grafisi (EKG) çekimi eşliğinde bisiklet çevirme şeklinde gerçekleşen bu esnada alınan ve verilen nefesten gaz ölçümü yapılan bir egzersiz testidir. Yani, sabit bir bisikletin pedalini yorulana kadar çevirme uygulamasıdır. Egzersiz programına katılmanız durumunda bu araştırmaya ve bu yolla bilime desteğiniz olacak; hiçbir sağlık riski ile yüzleşmeyecek hatta yapılacak egzersizin form ve sağlığınız üzerine olumlu etkisi olması beklenmektedir.

Bu çalışma için 4 hafta haftada 3 gün (günde 20-25 dakika) egzersiz yapmak ve ön ve sonda da bisiklet ergometresi testine girme fedakarlığı yapmanız beklenmektedir. Eğer kabul ederseniz sizi bu araştırmaya dahil etmek istiyoruz.

Bu araştırmanın sonuçları yalnızca bilimsel amaçlarla kullanılacak ve kimliğiniz her zaman gizli tutulacaktır. Bu araştırmaya katılmanızdan dolayı sizden herhangi bir para talep edilmeyecektir (veya sosyal güvenlik kurumuna hiçbir maliyet getirmeyecektir). Aynı şekilde size de herhangi bir ödeme yapılmayacaktır. Antrenman ve form durumunuzu yansıtacak bilgileriniz Karadeniz Teknik Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı Egzersiz Fizyolojisi Laboratuvarında analiz edilerek ortalama değerler .

Araştırmaya katılmak isterseniz size uygulanacak işlemler şu şekilde olacaktır: Öncelikle kalp hızınızın ve solunum fonksiyonlarınızın ölçüldüğü bir teste sokulacaksınız.Bu işlem sırasında göğüs bölgenize altı tane elektrot ve kol ve bacaklarınıza da ikişer tane elektrot yapıştırılacak bunlarla birlikte kalp hızınız ve kalbinizdeki elektriksel dalgalanmalar ölçülecektir.Ayrıca yüzünüze de soluk alıp verirken kullandığınız gaz miktarını ölçen bir maske takılacak.Ve bu ekipmanlarla birlikte bisiklet çevirmeniz istenecek.Bu işlem sırasında biraz yorulabilirsiniz.Tansiyonunuz düzenli olarak ölçülecek ve kontrol altında tutulması sağlanacaktır.Bacak çevresi uzunluğunuz mezura yardımıyla ölçülecektir. Ayrıca bu test sırasında deri altı yağ kalınlığınız derinizi hafifçe sıkıştıran ama kesinlikle canınızı

acıtmayacak bir cihazla ölçülecektir .Daha sonra bioempedans denilen vücudunuza çok düşük miktarda elektrik akımı veren bir cihazla vücut ağırlığınız ve yağ yüzdeniz ölçülecek.Bu işlem sırasında bu aletin üzerine çıplak ayakla basacaksınız ve duyuşal olarak hiç bir his hissetmeyeceksiniz.Daha sonra altı hafta boyunca sizden bazı egzersizler uygulamanız istenecektir.İlk olarak her egzersiz seansından önce 5-6 farklı egzersizle vücudunuzu esnetmeniz istenecektir. Bunlar germe egzersizleridir.Asıl egzersizler değildir.Daha sonra bacağınıza bağlanan ağırlıklarla birlikte her biri 10 tekrarlı bazı bacak hareketleri yapmanız istenecektir.Bu hareketleri haftada üç gün yapacaksınız ve her seans ortalama 20 dakika sürecektir. Çalışmanın üçüncü ve altıncı haftasında tekrar kalp hızınız, solunum fonksiyonlarınız ölçülecektir.

Araştırmaya katılmak zorunda olmadığınız gibi araştırmaya katılmayı kabul ettiğinizde, istediğiniz anda ayrılma hakkına da sahipsiniz. Ancak bu kararınızı bize önceden bildirirseniz araştırmanın bozulmasına meydan vermemiş olursunuz.

Araştırmadan elde edilen sonuçları talep etmeniz durumunda herhangi bir ücret talep etmeden size bildireceğiz. Bilgi edinmek istemiyorsanız lütfen yazılı formun altına belirtiniz.

### Gönüllünün Beyanı

..... tarafından “**Genç sedanter bireylerde ilerleyici dirençli egzersizin aerobik kapasiteye etkisi**” isimli çalışma hakkında bana bilgi verildi. Araştırmanın amacı, uygulama biçimi ile riskleri ve bilgilerimle ilgili gizliliğın sağlanacağı konusunda yeterli açıklama yapıldı. Araştırma sırasında sorularım için Prof. Dr. Ahmet AYAR (0462 377 7707/05337619970) ile temas kurabileceğim bana bildirildi. İstedığım zaman araştırmadan çekilebileceğimi biliyorum. Bu araştırmaya kendi gönüllü onayım ile kendimin katılmasına olurum vardır.

Gönüllü

Adı Soyadı

Doğum Tarihi

Adres/Tel

İmza

Tanık

Adı Soyadı

Doğum Tarihi

Adres/Tel

İmza

**Çalışmanın Yöneticisi:**

Adı Soyadı :

Adres/Tel :

İmza :

**Görüşme tarih ve saati: :**

Bu çalışmada elde edilecek kendimle ilgili bilgileri,

Öğrenmek istiyorum ( )

Öğrenmek istemiyorum( )

## BİLGİ &amp; ONAM FORMU

Adı, Soyadı: \_\_\_\_\_ Cep Telefonu: \_\_\_\_\_

Adresi: \_\_\_\_\_ Ev  
telefonu): \_\_\_\_\_

(Acil durumlarda) irtibat

bilgisi: \_\_\_\_\_ Telefon: \_\_\_\_\_

**Genel Bilgiler:**

Bu kardiyopulmoner egzersiz testi bisiklet veya treadmill ile egzersiz esnasında solunum havasından gaz analizi (oksijen ve karbondioksit) ve EKG aracılığı ile kalp hızı hesaplamalarını kapsamaktadır. Bu yolla egzersiz ve efora elverişliliğim, alakalı parametrelerle sportif fiziksel performansım ve eforla zorlama şartlarında sağlık durumum hakkında bilgi elde edileceği bu testin önemli bir sağlık riski taşımadığı, test esnasında istediğim her an testi kendi isteğimle sonlandırabileceğim ve /veya testi gerçekleştiren Fizyoloji Uzmanı tarafından gerekli görülmesi halinde testi sonlandırma isteğine uymam gerektiği bana anlatıldı ve kendi isteğimle bu teste katılmayı kabul ediyorum.

| GENEL SAĞLIĞINIZLA İLGİLİ                                                                                                         | Evet (E)/<br>Hayır (H) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 1-Herhangi bir sağlık personeli tarafından fiziksel egzersizin sizin için riskli olduğu ve egzersiz yapmamanız tavsiye edildi mi? |                        |
| 2-Fiziksel egzersiz yaptıktan sonra göğüs ağrısı hissedersiniz mi?                                                                |                        |
| 3-Egzersiz esnasında göğüs ağrısı hissettiğiniz oldu mu?                                                                          |                        |
| 4-Bayılma, baş dönmesi, sersemlik veya bilinç kaybı yaşar mısınız?                                                                |                        |
| 5-Siz veya ailenizde kalp-damar hastalığı öyküsü var mı?                                                                          |                        |
| 6-Yakın geçmişte ciddi bir hastalık veya ameliyat geçirdiniz mi?                                                                  |                        |
| 7-Şu anda herhangi bir ilaçlı tedavi alıyor musunuz?                                                                              |                        |
| 8-Hamile misiniz? Veya çok yakında doğum yaptınız mı?                                                                             |                        |
| BAYANLARA                                                                                                                         |                        |
| Sigara içiyor musunuz?                                                                                                            |                        |
| Yüksek kan basıncı (tansiyon) değerleriniz var mı?                                                                                |                        |
| Yüksek kolesterol değerleriniz var mı?                                                                                            |                        |
| Diyabet hastası mısınız?                                                                                                          |                        |
| Astım hastalığınız var mı?                                                                                                        |                        |

|                                                                         |  |
|-------------------------------------------------------------------------|--|
| Düzenli egzersiz yapar mısınız?                                         |  |
| Kendi temponuzu belirlerseniz, durmadan ne kadar mesafe koşabilirsiniz? |  |

Sağlık ve performansıyla alakalı bu bilgiler gizli tutulacaktır; Fizyoloji laboratuvarı yetkilileri dışında hiç kimseye şahsi iznim olmadan verilemez. Adım, resmim veya tanınmamı sağlayan bilgi içermeksizin verilerim bilimsel amaçlı istatistiki bilgi için kullanılabilir.

Teste Katılan Kişinin Adı Soyadı (Kendi El Yazısıyla): \_\_\_\_\_

İmzası ve Tarih: .....

Yukarıdaki bilgilerin egzersiz stres testine katılacak kişiye verildiğini ve bu görüşme neticesinde bilgi beyanına göre bu testi gerçekleştirmeye bir engel olmadığı kanaatinin mevcut bilimsel kanıtlar ışığında alındığını beyan ve onay ederim.

Testi Gerçekleştiren Yetkilinin Adı Soyadı, Unvanı: Ahmet AYAR, Prof. Dr.

İmza & Tarih \_\_\_\_\_

(Acil durumlarda) İrtibat Bilgisi: 0462 377 7707 (İş) 0 533 761 99 70 (GSM)

T.C. KARADENİZ  
TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ BİLİMSSEL  
ARAŞTIRMALAR  
ETİK KURUL BAŞKANLIĞI



KARADENİZ  
TECHNICAL UNIVERSITY  
FACULTY OF MEDICINE  
ETHIC COUNCIL

Sayı: 24237859-738  
Konu: Onay Belgesi

Tarih:25/12/2015

Sayın; Prof.Dr.Ahmet AYAR  
Fizyoloji ABD.

"Genç Sedanter Bireylerde İlerleyici Dirençli Egzersizin Aerobik Kapasiteye Etkisinin İncelenmesi" başlıklı etik kurul 2015/131 no.lu tez çalışması raportör ve etik kurul görüşleri doğrultusunda; tıbbi etik açıdan uygun olduğuna karar verilmiştir.

Bilginizi ve gereğini rica ederim.

1994

Prof.Dr.Faruk AYDIN  
Etik Kurul Başkanı

Eki : 1 onay belgesi

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Soyadı, Adı :ŞAHİN Elif  
Uyruğu :Türkiye Cumhuriyeti  
Doğum tarihi ve yeri :07/01/1988 TRABZON  
Medeni hali :Bekar  
Telefon :0464 344 20 45  
E- posta :elif.sahin@erdogan.edu.tr  
Yazışma adresi : Güneysu Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu  
Güneysu/RİZE

### EĞİTİM BİLGİLERİ

| Derece | Mezun olduğu Kurumun Adı                                         | Mezuniyet yılı |
|--------|------------------------------------------------------------------|----------------|
| Lisans | Hacettepe Üniversitesi/ Fizik Tedavi<br>ve Rehabilitasyon Bölümü | 2010           |
| Lise   | Kanuni Anadolu Lisesi                                            | 2005           |

### AKADEMİK MESLEKİ DENEYİMİ

| Görevi            | Kurum                                       | Yıl        |
|-------------------|---------------------------------------------|------------|
| Öğretim görevlisi | Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi           | 2015-Devam |
| Fizyoterapist     | Özel İmperial Hastanesi                     | 2014-2015  |
| Fizyoterapist     | Özel Yıldızlı Güven Hastanesi               | 2011-2014  |
| Fizyoterapist     | Alkış Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Merkezi | 2010-2011  |

### YABANCI DİL

İngilizce