



**T.C.  
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ANTRENÖRLÜK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**GELENEKSEL VE ÖN TÜKETİM ANTRENMANLARININ KAS  
HİPERTİROFİSİ ÜZERİNE AKUT ETKİSİNİN  
KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ÜMÜŞ KARTAL**

**DANIŞMAN  
DOÇ. DR. SERKAN PANCAR**

**AKSARAY-2024**



**T.C.  
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ANTRENÖRLÜK ANABİLİM DALI**

**GELENEKSEL VE ÖN TÜKETİM ANTRENMANLARININ KAS  
HİPERTİROFİSİ ÜZERİNE AKUT ETKİSİNİN  
KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ÜMÜŞ KARTAL**

**DANIŞMAN  
DOÇ. DR. SERKAN PANCAR**

Bu araştırma Aksaray Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından  
.....proje numarası ile desteklenmiştir.

**AKSARAY-2024**

Aksaray Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Ümüş KARTAL tarafından savunulan Geleneksel ve Ön Tüketim Antrenmanlarının Kas Hipertirofisi Üzerine Akut Etkisinin Karşılaştırılması isimli çalışma, jürimiz tarafından Antrenörlük Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

**İmza**

**Jüri Başkanı:** Prof. Dr. Tark SEVİNDİ  
Aksaray Üniversitesi

.....

Onaylıyorum ☐ Onaylamıyorum ☐

**Danışman:** Doç. Dr. Serkan PANCAR  
Aksaray Üniversitesi

.....

Onaylıyorum ☐ Onaylamıyorum ☐

**Üye:** Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin TOPÇU  
Bursa Uludağ Üniversitesi

.....

Onaylıyorum ☐ Onaylamıyorum ☐

**Üye:** Unvanı Adı SOYADI  
..... Üniversitesi

.....

Onaylıyorum ☐ Onaylamıyorum ☐

**Üye:** Unvanı Adı SOYADI  
..... Üniversitesi

.....

Onaylıyorum ☐ Onaylamıyorum ☐

Bu tez, Aksaray Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmenliği'nin ilgili maddeleri uyarınca jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu 16.04.2024 tarih ve 411705 sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

Unvanı Adı SOYADI

Enstitü Müdürü

## DOĞRULUK BEYANI

“Geleneksel ve Ön Tüketim Antrenmanlarının Kas Hipertrofisi Üzerine Akut Etkisinin Karşılaştırılması” Yüksek lisans tezinin içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel kurallara uygun olarak atıf yapıldığını bildiririm. Beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

İmza  
Adı SOYADI  
Ümüş KARTAL



## TEŞEKKÜR

Akademik hayatımın her aşamasında desteklerini hissettiren, yol gösteren değerli hocam Prof. Dr. Mustafa BAYRAK' a içtenlikle teşekkür eder, saygılar sunarım. Tez çalışmam boyunca; ilgi ve desteğini esirgemeyen, her zaman yanımda bulunan değerli hocam Prof. Dr. Tarık SEVİNDİ' ye teşekkür ederim. Bana bilgi ve deneyimiyle yol gösteren, insani ve ahlaki değerleri ile de örnek aldığım ve ayrıca tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı sevgili ve saygıdeğer danışmanım Doç. Dr. Serkan PANCAR' a teşekkür ederim. Tez çalışma sürecimde yardımcı ve desteği olan değerli hocam Doç. Dr. Yusuf SOYLU' ya teşekkür ederim. Katılımcıların teşvik edilmesinde ve yönlendirilmesinde destek olan değerli kardeşim Baki GÖK'e, katılımcıların kan ölçümlerini alan değerli kardeşim Ebe Fatma GÖK'e çok teşekkür ederim. Bu tezin ortaya konulabilmesinde en önemli payın sahibi olan, gönüllülük ilkesi ile bilime katkı sunmayı amaçlayan, özverili bir şekilde sürece emek veren değerli katılımcı arkadaşlarıma sonsuz teşekkür ederim. Hayatımın her aşamasında maddi ve manevi desteğini benden esirgemeyen, her zaman bana güvenen, destekleyen ve sonsuz sabır ve sevgi gösteren başta annem, babam, kardeşlerim ve eşime, en içten sevgilerimi sunuyorum. Buraya tek tek isimlerini yazmak istesem sayfalar süreceğinden, hayatıma dokunan tüm dost, arkadaş ve hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim. Son olarak, Bu tezi, varlığı ile bana güç veren, hayatıma değer katan canım kızım Beren KARTAL'a, eşim Ali KARTAL' a ve aileme armağan ediyorum.

Öğrencinin Adı SOYADI  
Ümüş KARTAL

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

|                                                                       |                                  |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| TEŞEKKÜR .....                                                        | i                                |
| İÇİNDEKİLER .....                                                     | ii                               |
| ÖZET .....                                                            | iv                               |
| ABSTRACT .....                                                        | HATA! YER İŞARETİ TANIMLANMAMIŞ. |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                                 | vi                               |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                               | vii                              |
| SİMGELER VE KISALTMALARHATA! YER İŞARETİ TANIMLANMAMIŞ.               |                                  |
| 1. GİRİŞ .....                                                        | 1                                |
| 2. GENEL BİLGİLER.....                                                | 4                                |
| 2.1. Kas Hipertrofisi ve Hipertrofi Mekanizmaları.....                | 4                                |
| 2.1.1. Mekanik stres.....                                             | 5                                |
| 2.1.2. Metabolik stres.....                                           | 7                                |
| 2.1.3. Kas hasarı.....                                                | 9                                |
| 2.2. Kas Hipertrofisinin Değerlendirilmesi.....                       | 10                               |
| 2.2.1. Deri kıvrım kalınlığı ölçümü .....                             | 11                               |
| 2.2.2 Hidrodensitometri .....                                         | 11                               |
| 2.2.3. Hava deplasmanlı pletismografi .....                           | 12                               |
| 2.2.4. Çift enerjili X-Işını absorpsiyometrisi .....                  | 13                               |
| 2.2.5. Biyoelektrik empedans analiz .....                             | 13                               |
| 2.2.6. Ultrasonografi .....                                           | 14                               |
| 2.2.7. Bilgisayarlı tomografi .....                                   | 14                               |
| 2.2.8. Manyetik rezonans görüntüleme.....                             | 15                               |
| 2.2.9. Kas biyopsisi.....                                             | 16                               |
| 2.2.10. Çevre ölçümleri .....                                         | 16                               |
| 2.2.10.1. Kuadriseps femoris kası.....                                | 17                               |
| 2.3. Total Testosteron.....                                           | 18                               |
| 2.4. Direnç Antrenmanlarının Temel Bileşenleri .....                  | 26                               |
| 2.4.1. Antrenmanın tekrar sayısı (hacmi) .....                        | 27                               |
| 2.4.2. Antrenmanın şiddeti .....                                      | 28                               |
| 2.4.3. Antrenmanın sıklığı .....                                      | 29                               |
| 2.4.4. Antrenmanın kapsamı .....                                      | 29                               |
| 2.5. Hipertrofi Gelişimi İçin İleri Seviye Antrenman Yöntemleri ..... | 30                               |
| 2.5.1. Geleneksel yöntem.....                                         | 32                               |
| 2.5.2. Ön tüketim yöntemi .....                                       | 33                               |
| 3. YÖNTEM .....                                                       | 35                               |
| 3.1. Katılımcılar .....                                               | 35                               |
| 3.2. Araştırma Dizaynı .....                                          | 36                               |
| 3.3. Antrenman Protokolü .....                                        | 39                               |
| 3.3.1. Geleneksel hipertrofi antrenmanı protokolü .....               | 39                               |
| 3.3.2. Ön tüketim protokolü.....                                      | 40                               |
| 3.4. Direnç Egzersizleri.....                                         | 40                               |
| 3.4.1. Leg press.....                                                 | 40                               |
| 3.4.2. Leg ekstansiyon .....                                          | 42                               |
| 3.4.3. Smith-Squat machine.....                                       | 43                               |
| 3.5. Veri Toplama Araçları .....                                      | 45                               |
| 3.5.1. Algılanan zorluk skalası (AZS) .....                           | 45                               |
| 3.5.2. Vücut ağırlığı.....                                            | 45                               |

|                                                              |                                         |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 3.5.3. Boy uzunluğu.....                                     | 46                                      |
| 3.5.4. Leg press 1 tekrar maksimal testi .....               | 46                                      |
| 3.5.5. Leg ekstansiyon tahmini 1 tekrar maksimal testi ..... | 46                                      |
| 3.5.6. Squat machine 1 tekrar maksimal testi .....           | 47                                      |
| <b>4. BULGULAR .....</b>                                     | <b>48</b>                               |
| 4.1. İSTATİSTİKSEL YÖNTEM.....                               | 50                                      |
| <b>5. TARTIŞMA .....</b>                                     | <b>51</b>                               |
| 5.1. Kas Hipertrofisine Etkisi.....                          | 51                                      |
| 5.2. Total Testosteron’a Etkisi .....                        | 54                                      |
| <b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>                             | <b>63</b>                               |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>                                       | <b>64</b>                               |
| <b>EKLER .....</b>                                           | <b>HATA! YER İŞARETİ TANIMLANMAMIŞ.</b> |
| EK -1. Etik Kurul Onay Belge .....                           | <b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b> |



## YÜKSEK LİSANS TEZİ

### GELENEKSEL VE ÖN TÜKETİM ANTRENMANLARININ KAS HİPERTROFİSİ ÜZERİNE AKUT ETKİSİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

ÜMÜŞ KARTAL

Aksaray Üniversitesi  
Sağlık Bilimleri Enstitüsü  
Antrenörlük Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Serkan PANCAR

#### ÖZET

Bu çalışmanın amacı antrenman hacmi eşitlendiğinde ön tüketim ve geleneksel antrenman uygulamalarının kas hipertrofisi üzerindeki akut etkisini karşılaştırmaktır. Araştırmaya 18-22 yaş arası 10 birey katılmıştır. Katılımcılar, ön testlere katıldıktan sonra iki gruba ayrılmıştır: Geleneksel Grup (GG, n=5) ve Ön Tüketim Grubu (ÖTG, n=5). Geleneksel grup, smith machine ve leg press egzersizlerini 4 set, 8 ila 12 tekrar ve setler arasında 3 dakika dinlenme süresi ile 1TM'nin %70'i kullanarak uygulamıştır. Ön tüketim grubu ise, her egzersizin ilk setinde 1TM'nin %30'u ile leg ekstansiyonda tükenene kadar tekrar yapmıştır. Her iki grup da bir antrenman seansında toplam 8 set egzersiz yapmıştır. Çalışmanın başında ve sonunda kuadriceps kas kalınlığı mezura ile, total testosteron seviyeleri ise venöz kan numunesi ile değerlendirilmiştir. 7 gün ara verildikten sonra gruplar yer değiştirmiş ve aynı prosedür tekrarlanmıştır. Elde edilen veriler SPSS 26.0 kullanılarak istatistiksel olarak analiz edilmiş ve ölçüm zamanlarına göre gruplar arası karşılaştırmalar Karışık Düzen ANOVA analizi ile yapılmıştır. Her iki grup da kuadriceps kas kalınlığında %50 ve %70 parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı gelişmeler kaydetmiştir. Ancak, bu parametrelerin gelişim düzeyleri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Sonuç olarak, geleneksel hipertrofi ve ön tüketim yöntemlerinin kas hipertrofisi ve total testosteron seviyeleri üzerinde benzer etkileri olduğu ve her iki yöntemin de direnç antrenmanı rutinlerine dahil edilebileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kas Hipertrofisi, Total Testosteron, Ön-tüketim antrenmanı, Geleneksel direnç antrenmanı

Mayıs, 2024; 109 sayfa

**M.Sc. THESIS**  
**COMPARISON OF THE ACUTE EFFECTS OF TRADITIONAL AND PRE-  
EXHAUSTION TRAINING METHODS ON MUSCLE HYPERTROPHY**  
**ÜMÜŞ KARTAL**

**Aksaray University**  
**Graduate School of Health Sciences**  
**Department of Coaching Education**

**Advisor: Assoc. Prof. Dr. Serkan PANCAR.**

**ABSTRACT**

In this study, the acute effect of pre-exhaustion and traditional training applications on muscle hypertrophy was examined when training volume was equated, and their anabolic effects were compared with the cross-training method. Ten individuals aged 18-22 participated in the study. After pre-tests, participants were divided into two groups: Traditional Group (TG, n=5) and Pre-Exhaustion Group (PEG, n=5). The TG performed smith machine and leg press exercises for 4 sets, 8 to 12 repetitions, with a 3-minute rest between sets, using 70% of 1RM. In contrast, the PEG performed repetitions to exhaustion in the first set of each exercise with 30% of 1RM for leg extension. Both groups completed a total of 8 sets of exercises in a training session. Quadriceps muscle thickness was measured with a tape measure, and total testosterone levels were determined by blood test at the beginning and end of the study. After a 7-day break, the groups switched places and the same procedure was repeated. The data obtained were statistically analyzed using SPSS 26.0, and group comparisons over measurement times were made using Mixed Design ANOVA analysis. Both groups recorded statistically significant improvements in quadriceps muscle thickness parameters of 50% and 70%. However, the levels of improvement in these parameters did not show a statistically significant difference between the groups. Consequently, it was observed that both traditional hypertrophy and pre-exhaustion methods similarly improved muscle hypertrophy and total testosterone levels. It can be said that both methods can be included in resistance training routines to improve the relevant parameters.

**Keywords:** Muscle Hypertrophy, Total Testosterone, Pre-Exhaustive Training, Traditional Resistance Training.

**May 2024; 109 pages.**

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1. Direnç egzersizi sinyal yolları özeti .....                                        | 6  |
| Şekil 2.2.1. Deri kıvrımı değerlendirmesi alan kişi .....                                     | 11 |
| Şekil 2.2.2. Su altı tartım tankı .....                                                       | 12 |
| Şekil 2.2.3. ADP'yi gerçekleştiren bir Bod Pod.....                                           | 12 |
| Şekil 2.2.4. (a) Bir DXA ünitesi ve (b) yağsız vücut kütleinin bir DXA görüntüsü.13           |    |
| Şekil 2.2.5. Çok frekanslı bir BIA ünitesi.....                                               | 14 |
| Şekil 2.2.6. Bir Ultrason Ünitesi.....                                                        | 14 |
| Şekil 2.2.7. Bir CT Ünitesi .....                                                             | 15 |
| Şekil 2.2.8. Bir MRI ünitesi. ....                                                            | 15 |
| Şekil 2.2.9. Kas biyopsisi alan bir araştırmacı.....                                          | 16 |
| Şekil 2.2.10. Çevre ölçümü alan kişi .....                                                    | 17 |
| Şekil 2.2.10.1. Dört Ayrı Bileşen Kasını Gösteren Kuadriseps Femoris Kas Grubunun Şeması..... | 18 |
| Şekil 2.3. Testosteronun kimyasal yapısı.....                                                 | 20 |
| Şekil 3.1. Araştırmaya İlişkin Akış Şeması .....                                              | 37 |
| Şekil 3.2. Araştırmaya İlişkin Akış Şeması .....                                              | 38 |
| Şekil 3.4.1. Leg Press Egzersizi.....                                                         | 41 |
| Şekil 3.4.2. Leg Ekstansiyon Egzersizi.....                                                   | 42 |
| Şekil 3.4.3. Smith- Squat Machine Egzersizi .....                                             | 44 |
| Şekil 3.5.1. OMNI-RES Algılanan Zorluk Skalası.....                                           | 45 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                                                                | <b>Sayfa</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Çizelge 4.1.</b> Bireylere Ait Tanıtıcı İstatistikler.....                                                                  | 48           |
| <b>Çizelge 4.2.</b> Çalışma Grupları ile Total Testosteronun Egzersiz Öncesi ve Sonrasına Göre Karşılaştırılması.....          | 48           |
| <b>Çizelge 4.3.</b> Çalışma Grupları ile Bacak Çevresinin Egzersiz Öncesi ve Sonrasına Göre Karşılaştırılması.....             | 49           |
| <b>Çizelge 4.4.</b> Çalışma Grupları ile Algılanan Zorluk Derecesinin Egzersiz Öncesi ve Sonrasına Göre Karşılaştırılması..... | 49           |



## SİMGELER VE KISALTMALAR

|               |                                                              |
|---------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>ACSM</b>   | Amerikan Spor Hekimliği Koleji                               |
| <b>ACTH</b>   | Adrenokortikotropik hormon                                   |
| <b>ADP</b>    | Hava Deplasmanlı Pletismografi                               |
| <b>AH</b>     | Anabolik hormon                                              |
| <b>BH</b>     | Büyüme hormonu                                               |
| <b>BIA</b>    | Biyoelektrik İmpedans Analizi                                |
| <b>BT</b>     | Bilgisayarlı Tomografi                                       |
| <b>Cc</b>     | 1 santimetreküp                                              |
| <b>CK</b>     | Kreatin Kinaz                                                |
| <b>DA</b>     | Direnç Antrenmanı                                            |
| <b>DXA</b>    | Çift Enerjili X-Işını Absorpsiyometrisi                      |
| <b>EIMD</b>   | Egzersiz kaynaklı kas hasarı                                 |
| <b>FSH</b>    | Folikül Stimüle Edici Hormon                                 |
| <b>GH</b>     | Growht hormon                                                |
| <b>GY</b>     | Geleneksel yöntem                                            |
| <b>H+</b>     | Hidrojen iyonu                                               |
| <b>%HRmax</b> | Maksimum kalp atış hızı yüzdesi                              |
| <b>IGF-1</b>  | İnsülin benzeri büyüme faktörü                               |
| <b>KF</b>     | Kuadriseps femoris                                           |
| <b>Kg</b>     | Kilogram                                                     |
| <b>LH</b>     | Lüteinleştirici hormon                                       |
| <b>MAPK</b>   | Bitkilerde mitojenler tarafından aktive edilen protein kinaz |
| <b>Mg</b>     | Miligram                                                     |
| <b>MRG</b>    | Manyetik Rezonans Görüntüleme                                |
| <b>MT</b>     | Maksimum tekrar                                              |
| <b>Ng/dl</b>  | Nanogram/desilitre                                           |
| <b>NSCA</b>   | Ulusal Kuvvet ve Kondisyon Birliği                           |
| <b>ÖT</b>     | Ön tüketim                                                   |
| <b>RF</b>     | Rektus femoris                                               |
| <b>SS</b>     | Standart sapma                                               |
| <b>T</b>      | Testosteron                                                  |
| <b>TT</b>     | Total Testosteron                                            |
| <b>1TM</b>    | 1 Tekrar maksimum                                            |
| <b>VI</b>     | Vastus intermedius                                           |
| <b>VL</b>     | Vastus lateralis                                             |
| <b>VM</b>     | Vastus medialis                                              |
| <b>&amp;</b>  | Yüzde                                                        |

## 1. GİRİŞ

İskelet kasları, vücutta hareket etmemizi ve duruşumuzu sağlayan kaslardır. Bu kaslar, istemli kontrol altında bulunan iskelet sistemini sarmalar ve kemiklerin hareketini mümkün kılarlar. Metabolizmanın düzenlenmesi, vücut ısısının korunması ve organların desteklenmesi gibi hayati işlevlerde de kritik roller üstlenirler. Sağlıklı bir bireyde, vücut ağırlığının yaklaşık olarak %40-50'si iskelet kasları tarafından oluşturulur (Rolfe ve Brown, 1997). Kaliteli ve sağlıklı bir yaşam sürdürmek için kas kütlelerinin korunması ve geliştirilmesi büyük önem taşır (Bayol vd., 2014). İskelet kasları, dayanıklılık, kuvvet ve hız gibi özellikleri belirleyen çeşitli kas lifi tiplerinden meydana gelir (Kilit vd., 2023). Kas lifi tipi, bireyin genetik yapısına, antrenmanlara verdiği tepkilere ve gerçekleştirdiği aktivitelere göre değişkenlik gösterir (Selmani ve İmamoğlu, 2022). Bu kaslar, düzenli fiziksel aktivite ve direnç eğitimleri ile güçlendirilebilir ve hacimleri artırılabilir. Egzersiz, kas liflerine uygulanan mekanik stres yoluyla ve kas protein sentezini artırarak kas büyümesini teşvik eder (Hornberger vd., 2006). İskelet kası, aşırı yüklenme sonucu miyofibrillerde ve hücre dışı matrikste hasarlara yol açar. Bu durum, kontraktıl proteinler aktin ve miyozinin boyut ve miktarında ve paralel olarak sarkomer sayısında artışa sebep olan miyojenik bir olaylar dizisini tetikler. Sonuç olarak, bireysel kas liflerinin çapı genişler ve kas kesit alanında bir artış meydana gelir (Toigo ve Boutellier, 2006).

Direnç antrenmanları (DA), kas kütlelerinin ve kuvvetinin artırılmasında tercih edilen etkili metodolojilerden biridir (Herman vd., 2010). Direnç antrenmanı, vücuttaki özgül kas gruplarına yüksek düzeyde direnç uygulayarak bu grupları güçlendirme işlevi görür (Kilit vd., 2023). Bu antrenman çeşidi, kas liflerinde mikroskobik yırtılmalar meydana getirir ve bu yırtılmaların iyileşme süreci sırasında kasların güçlenmesine ve büyümesine katkıda bulunur. Direnç antrenmanlarının kas hipertrofisini teşvik ettiği üç temel mekanizma; mekanik stres, metabolik stres ve kas hasarıdır (Schoenfeld, 2010).

Kas hipertrofisinin esas mekanizması, direnç antrenmanları esnasında kas liflerinde mikroskobik hasarın indüklenmesidir (Hollmann, 2000). Bu hasar, antrenmanın uygulandığı kas liflerini etkiler ve sonrasında vücut, hasar gören bölgeleri onararak kas liflerini daha da güçlendirir. Bu süreç, kas liflerinin kalınlığının ve gücünün artmasına, dolayısıyla kas hacminin genişlemesine ve kas hipertrofisinin gelişimine

katkı sağlar. Kas hipertrofisinin evriminde; direnç antrenmanları, beslenme, iyileşme ve dinlenme süreçleri, genetik predispozisyonlar ve hormonal cevaplar gibi faktörler önemli rol oynar (Ayhan ve Güçlüöver, 2022). Hipertrofi için, hem mekanik hem de metabolik stresi içeren, kapsamlı bir şekilde tasarlanmış direnç antrenmanı programları gereklidir (Krzysztofik vd., 2019). Hipertrofi gelişimini optimize etmek adına, yük, hacim, tekrar sayısı, egzersiz temposu, egzersiz çeşitliliği ve dinlenme aralıkları gibi direnç antrenmanı bileşenlerinin dikkatlice planlanması ve uygulanması şarttır (Bird vd., 2005). Hipertrofiyi maksimize etmek için, antrenman bileşenlerinin stratejik manipülasyonunun yanı sıra, drop set, süper set, bileşik set, cluster set, pre-exhaustion, post-exhaustion gibi ileri düzey antrenman tekniklerinin de entegrasyonu yaygındır (Howe ve Waldron, 2017). Bununla birlikte, literatürde pre-exhaustion ve geleneksel antrenman metodolojilerinin kas hipertrofisi üzerindeki etkilerini değerlendiren çalışmalar sınırlıdır (Bostan, 2022).

Ön tüketim (ÖT) tekniği, antrenman öncesinde hedeflenen kas gruplarını yormak suretiyle kas liflerinde artmış stres oluşturmaya ve bunun sonucunda kas büyümesini teşvik etmeyi hedefler. Bu yöntem, genellikle yoğun bir antrenman seansı öncesinde uygulanır ve o günkü antrenman boyunca maksimum performans ve kas aktivasyonu elde etmeyi amaçlar. Ön tüketim antrenmanı, tipik olarak hedef kas grubuna yönelik yüksek yoğunluklu, düşük hacimli, yoğun setler ve tekrarlar, odaklanmış ve izole hareketler, dinlenme ve yeniden hazırlık aşamalarını içerir (Türkay, 2020). Özellikle vücut geliştirme sporcuları arasında popüler olan bu yöntem, hipertrofi kazanımlarını maksimize etmek için kullanılır (Augustsson vd., 2003). Bununla birlikte, ön tüketim metodunun kas dokusunda uzun vadeli adaptasyonlara etkisi üzerine yeterli araştırma yapılmamıştır (Ribeiro vd., 2019). Aguiar vd., (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, ön tüketim uygulayan grubun kas başlarındaki gelişiminin, geleneksel antrenman yapan gruba kıyasla anlamlı derecede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Ön tüketim tekniği kullanan grubun, kas kuvveti ve dayanıklılık değerlerinde %20'ye varan önemli artışlar gösterdiği belirtilmiştir. Diğer yandan, Fisher vd., (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, ön tüketim yönteminin kas hipertrofisine etkisinin, geleneksel antrenman metodlarına göre anlamlı bir farklılık göstermediği rapor edilmiştir.

Geleneksel antrenman yöntemi, mekanik ve metabolik stresin sinerjik birleşimini içeren hipertrofi odaklı egzersiz programlarını kapsar (Krzysztofik vd., 2019).

Mekanik stres, kas hasarı yoluyla hipertrofiyi teşvik ederken, metabolik stres hücrel adaptasyon süreçlerini tetikleyerek kas gelişimine katkıda bulunur (Schoenfeld, 2010; Tokat ve Keskin, 2023). Geleneksel antrenmanın ana unsurları arasında; ısınma, primer egzersizler, izolasyon hareketleri, yüksek ve düşük yoğunluklu dönemler, uygun dinlenme aralıkları, soğuma ve germe yer alır. Bu unsurlar, antrenmanın dengeli ve bütüncül bir biçimde planlanmasını sağlayarak, belirlenen hedeflere ulaşılmasını ve etkin bir antrenman tecrübesi sunulmasını mümkün kılar. Fisher vd., (2014), geleneksel yöntemle (GY) karşılaştırıldığında, ön tüketim tekniğinin kas kuvveti kazanımında ekstra bir avantaj sağlamadığını belirtmiştir. Ayrıca, Trindade vd., (2019), ön tüketim ve geleneksel antrenman grupları arasında kas kuvveti gelişimi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını, ön tüketim ve geleneksel hipertrofi gruplarının hipertrofik gelişim düzeylerinin benzer olduğunu ortaya koymuştur.

Anabolik hormonlar (AH), hipertrofi sürecinde pozitif etkiye sahip hormonlardır. Ağır direnç egzersizleri sırasında kas liflerinin yapısı zarar görür ve kas proteinleri yıkıma uğrar. Egzersiz sırasında yıkılan kas proteinlerinin yerine konması ve egzersiz sonrası iskelet kasının yeniden düzenlenmesi için protein sentezinin artması gereklidir. Endojen anabolik hormonlar, direnç egzersizi sırasında ve sonrasında artarak protein sentezini doğrudan veya dolaylı yollarla uyarır. Kasta protein sentezinin artması, hipertrofi mekanizmasında etkili bir rol oynar (Kraemer vd., 1990; Kraemer vd., 1998b). Ancak, direnç egzersizlerine verilen hormonal cevaplar her zaman hipertrofiye denk gelmeyebilir (Pullinen vd., 1998). Anabolik hormonlar ve doku büyümesi arasındaki ilişkinin tam olarak belirlenememesinde, dolaşımdaki anabolik hormon konsantrasyonunun doku seviyesindeki anabolizmayı tam olarak yansıtmaması önemli bir sınırlayıcı faktördür (Kraemer vd., 1990).

Buradan hareketle, bu araştırmada ön tüketim ve geleneksel antrenman uygulamalarının antrenman hacminin eşitlendiği durumda, kas hipertrofisi üzerine anabolik etkisini kıyaslamak amaçlanmıştır. Araştırma kapsamında elde edilecek bulguların, ilgili yöntemlerin incelenen parametrelere etkileri açısından literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Kas Hipertrofisi ve Hipertrofi Mekanizmaları

Kas hipertrofisi, vücut geliştirme disiplinindeki bireyler için en önemli amaçlardan biridir. Kuvvet antrenmanı, kas gelişimini tetikleyen iki temel fizyolojik fenomeni içerir; bunlardan biri kas hipertrofisidir, bu da mevcut kas fibrillerinin kesit alanındaki artışını tanımlar. Vücut geliştirme antrenmanları genellikle, hipertrofik etkiyi maksimize etmek amacıyla yüksek hacimli dayanıklılık çalışmalarını gerektirir (Stolen vd., 2005).

İskelet kası hipertrofisi, özellikle aktin ve miyozin gibi kasılabilir proteinlerin yanı sıra diğer yapısal proteinlerin sentezlenmesiyle kas liflerinin kesit alanının genişlemesi sonucunu doğurur. Hipertrofi, bu yeni sentezlenen proteinlerin miktarının, parçalanma yoluyla kaybedilen proteinlerin miktarını aşmasıyla gerçekleşir, bu durum pozitif net protein dengesi olarak adlandırılır. İskelet kasında yapısal adaptasyonlar, kas liflerinin çapındaki (hipertrofi) ve sayıdaki (hiperplazi) artış ile meydana gelir. Lif sayısının veya boyutunun artması, iskelet kasının maksimum kuvvet üretim kapasitesini, potansiyel çapraz köprü etkileşimlerinin sayısını artırarak iyileştirir (Fitts vd., 1991). Bu iki mekanizma ve lif boyutundaki artış, insanlarda direnç antrenmanına yapısal adaptasyon olarak kabul edilir (Gollnick vd., 1981; Macdougall, 2003; MacDougall vd., 1984; McCall vd., 1996). Kasın enine kesit alanının, kuvvet üretme kapasitesi ile doğrudan ilişkili olduğu bilinmektedir (Close, 1972). Hızlı kasılan kas lifleri (tip IIa ve IIx), direnç egzersizine en duyarlı liflerdir (MacDougall vd., 1980; McCall vd., 1996) ve IIa ve IIx izoformlarını içeren kas liflerinin kuvvet üretme kapasitesi, esas olarak tip I izoformlarını içerenlere göre %20-30 daha yüksektir. Bu, kasın kuvvet üretimindeki potansiyelini önemli ölçüde artırır (Bottinelli vd., 1999; Widrick vd., 2002).

Kas dokusunda hacim artışını teşvik etmek için, orta düzeyde direnç antrenmanlarının uygulanması tavsiye edilmektedir. Çeşitli araştırmalar, maksimum bir tekrarın %60-80'lik yoğunluğunda gerçekleştirilen egzersizlerin, kas gücü, hacmi ve nöral adaptasyonu en etkili biçimde artırdığını göstermiştir (American College of Sports Medicine position stand, 2002; Fleck ve Kreamer, 1997; Folland ve Williams 2007). Bu bulgular, Amerikan Spor Hekimliği Koleji'nin (ACSM) 2002 yılında yayımladığı

pozisyon bildirisinde; Fleck ve Kraemer'in (1997); Folland ve Williams'ın (2007); ve Sale'in (1988) bulgularında desteklenmiştir. Ayrıca, kas hipertrofisini maksimize etmek için %75-85 yoğunlukta, 6-12 tekrarlık ve en az üç setten oluşan orta düzeyde direnç antrenmanlarının yapılması önerilmektedir (American College of Sports Medicine position stand, 2002; FleFck ve Kreamer, 1997).

Antrenmandan kaynaklanan kas adaptasyonları, mekanik gerilim, kas hasarı ve metabolik stresin kombine etkileri sonucunda ortaya çıkmaktadır (Schoenfeld, 2010). İskelet kası, egzersizin yol açtığı metabolik homeostazdaki değişikliklere hızla uyum sağlayabilen esnek bir yapıya sahiptir (Baar, 2006). Egzersizin kas hücrelerine en bariz etkisi, hipertrofi şeklinde kendini göstermektedir. Kas gücünü ve kas hipertrofisini artırmak hedeflendiğinde, genel kabul görmüş olan Amerikan Spor Hekimliği Koleji'nin bulgularına göre, hipertrofiyi sağlamak için maksimum kuvvetin %70'inden daha ağır yüklerle çalışılması gerektiği belirtilmektedir (Ratamess vd., 2009).

Kas hipertrofisinin, direnç antrenmanları aracılığıyla metabolik, mekanik ve hormonal süreçler yoluyla tetiklendiği geniş çapta bilinmektedir (McCall vd., 1996; Staron vd., 1994).

### **2.1.1. Mekanik stres**

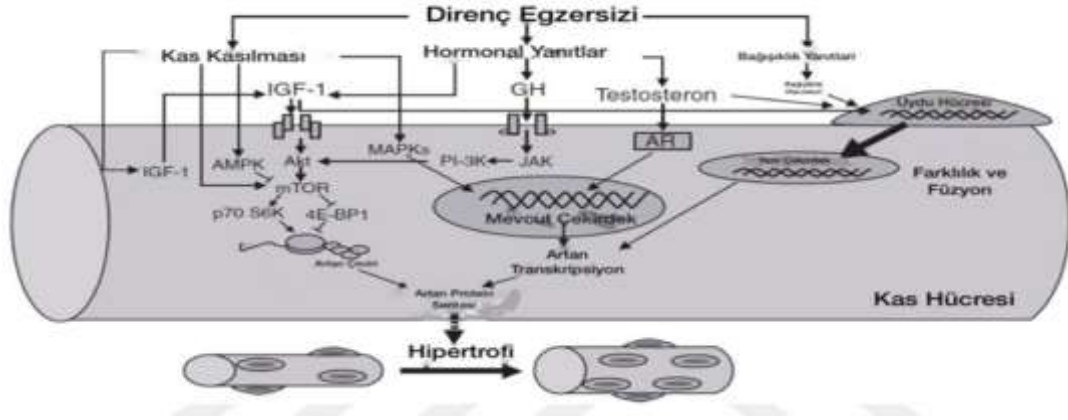
Mekanik stres, kas gruplarına uygulanan dış kuvvetin yarattığı gerilim olarak tanımlanabilir ve bu, kas liflerindeki deformasyonu ifade eder (Adams ve Bamman, 2012). Kaslar, belirli bir dirence maruz kaldığında, kas liflerinde meydana gelen gerilme ve zorlanma, liflerin yapısal bütünlüğünü bozar ve mikro hasarlara yol açar, bu da kas hücrelerinin onarım sürecini tetikler. Bu süreç, kas hipertrofisinin temel tetikleyicilerinden biridir ve direnç antrenmanlarının ana amacı, kas liflerine yeterli mekanik stres uygulayarak kas büyümesini sağlamaktır.

İskelet kası hipertrofisi kısmi olarak metabolik, mekanik, translasyonel ve hormonal süreçler vasıtasıyla hücresel düzeyde gerçekleşir. İlk olarak uydu hücreler olarakta bilinen miyojenik öncül hücreler çoğalır. Direnç egzersizleriyle kasa verilen mekanik uyarı bu süreci hızlandırır ve miyojenik düzenleyici transkripsiyon faktörler tarafından düzenlenir. Özellikle miyojenik farklılaşma (MyoD) ve miyojenin transkripsiyon

faktörleri (MyoG) bu süreçte rol alır (Coffey ve Hawley, 2007). İskelet kası yeni sarkomerler eklemek için uydu hücrelerin aktivitesine ihtiyaç duymaktadır. Bir sonraki süreç egzersiz ve beslenme müdahaleleriyle uyarılan daha karmaşık olan kas protein sentezidir. Kas protein sentezi için sorumlu sinyal yolağı IGF-1 aracılı PI (3)K-Akt-mTOR yoludur (Glass, 2003).

Genel olarak, kas hipertrofisi ve kuvvet artışı; kas içindeki glikojen ve protein depolanmasının artması, vaskülarizasyonun artması, enerji metabolizmasını düzenleyen enzimlerdeki biyokimyasal değişiklikler, miyofibril sayısının artması ve komşu motor ünitelerin güçlenmesi gibi biyokimyasal ve fizyolojik faktörlere bağlıdır (Folland ve Williams, 2007; Gabriel vd., 2006).

Mekanik stres, egzersizle indüklenen kas hipertrofisinin gelişiminde kritik bir faktördür (Fry, 2004). Direnç egzersizleri sonrasında, hipertrofi ile ilişkili hücre içi sinyal yollarının aktivasyonun gerçekleştiği bilinmektedir (Rindom vd., 2019).



**Şekil 2.1.** Direnç egzersizi sinyal yolları özeti (Spiering vd., 2008)

İskelet kaslarının, kronik mekanik gerilime maruz kalmalarının kas hacminde değişikliklere yol açtığı bilinmektedir (Goldspink, 2002). İskelet kasına uygulanan pasif gerilim (izometrik veya eksantrik), boyuna hipertrofiye neden olurken; aktif gerilim (izotonik kasılma), enine hipertrofiyi tetikler (Paul ve Rosenthal, 2002; Toigo ve Boutellier, 2006). İskelet kası, maruz kaldığı mekanik stres algılayabilir ve bu bilgiyi protein sentezi veya yıkımına yol açan biyokimyasal süreçlere (mekanik-transdüksiyon) dönüştürebilir (Hornberger ve Esser, 2004; Hornberger, 2011; Toigo

ve Boutellier, 2006). İskelet kasının bu adaptasyon mekanizması tam olarak anlaşılamamış olsa da, yapısal deformasyonun temel bir faktör olduğu düşünülmektedir. Mekanik stresin neden olduğu bu deformasyon, büyüme faktörlerinin salınımını tetikler, kas miyofibrillerinde ve uydu hücrelerde moleküler ve hücresel cevaplar oluşturur ve protein sentezine yol açar (Toigo ve Boutellier, 2006; Hamill ve Martinac, 2001; Kimball vd., 2002).

Kas hipertrofisi, miyofibril proteinlerinin artışı ile kas çapının genişlemesi olarak tanımlanır. Kuvvet antrenmanına verilen hipertrofik yanıt, kasın geç bir adaptasyonudur ve antrenmanın en az 6-8 hafta sürdürülmesini gerektirir (Deschenes vd., 1993; Hakkinen vd., 1992; Ruther vd., 1995). Tekrarlayan kuvvetli kasılmalar ve bu kasılmaların yol açtığı mekanik stres, hipertrofi mekanizmasında yer alan birçok fizyolojik sürecin aktifleşmesini sağlar (Kraemer vd., 1998a; Kraemer vd., 1999; Viru vd., 1998). Bu süreçlerin başında, egzersize bağlı olarak endojen anabolik hormon ve büyüme faktörlerinin salınımının artması yer alır (Hakkinen vd., 1992).

### **2.1.2. Metabolik stres**

Metabolik stres, genellikle yüksek tekrar sayıları, kısa dinlenme süreleri ve yüksek yoğunluklu egzersizlerle ilişkilendirilen bir fenomendir. Bu stres, yoğun egzersiz sırasında kas hücrelerindeki metabolik yolları modifiye ederek kas büyümesine katkı sağlayabilir. Düşük şiddetli egzersizlerde bile metabolik stresin, yüksek eşikli motor ünitelerin aktivasyonunu sağladığına dair kanıtlar bulunmaktadır. Bazı çalışmalar, egzersizle indüklenen metabolik stresin hipertrofi üzerinde etkili olduğunu ve metabolit birikiminin, ağır yüklerin kullanılmasından daha etkili olabileceğini öne sürmektedir (Shinohara vd., 1988; Smith ve Rutherford, 1995). Daha düşük yoğunluklu antrenman rutinlerini takip eden vücut geliştiricilerin, daha yüksek yoğunluklu antrenman yapan haltercilere kıyasla daha fazla kas kütlesine sahip olmaları, bu tezin bir göstergesi olarak kabul edilebilir (Fry, 2004; Katch vd., 1980).

Metabolik stres, egzersiz sırasında artan enerji talebinin (ATP kullanımının) bir sonucu olarak kas hücrelerinde metabolit birikimine (laktat, inorganik fosfat (Pi), hidrojen iyonu (H<sup>+</sup>) neden olan fizyolojik bir süreçtir. Metabolik stresin hormonal salınımı, hipoksiyi, hücre şişmesini ve reaktif oksijen türlerinin artışı tetiklediği düşünülmektedir (Volianitis vd., 2010). Bu faktörlerin tümü, kas hipertrofisi ve enerji

metabolizması ile ilgili adaptasyonların gerçekleşmesi için gerekli olan anabolik sinyal yollarının aktive edilmesine katkıda bulunur (Ozak vd., 2016).

Metabolik stresin hipertrofik mekanizmalara etkisi üzerine geliştirilen bir teori, metabolit birikiminin büyüme ile ilişkili hormonların konsantrasyonlarını artırarak anabolik süreçleri, özellikle protein sentezini, hızlandırdığı yönündedir (Goto vd., 2005; Hansen vd., 2001). Bu teoriye göre, egzersiz sonrası kas dokusunun anabolik süreçlere hazır olduğu bir zamanda, dolaşımdaki hormonların yüksek konsantrasyonları, kas hipertrofisi için kritik olan reseptörlerle etkileşim olasılığını artırabilir (Crewther vd., 2006). Bu durum, kas hipertrofisinin oluşumunda önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir. Araştırmalar, egzersiz sonrası akut hormon seviyelerindeki artışın, dinlenme dönemindeki kronik hormon seviyelerinin artışından daha belirleyici olduğunu göstermiştir (Kraemer ve Ratamess, 2005). Özellikle, metabolik stres sonucu artan insülin benzeri büyüme faktörü 1 (IGF-1), testosteron ve büyüme hormonu seviyelerinin, kas gelişimine önemli pozitif katkılar sağlayabileceği belirtilmiştir (Schoenfeld, 2013).

Metabolik stresin uyarılması, kas hücrelerinin volümünün artmasına ve kas büyümesini destekleyen miyokinler ile anabolik hormonlar olarak tanımlanan büyüme faktörlerinin salınımını teşvik etmeye katkıda bulunur. Metabolik stresin oluşumu için ağır yük kaldırma şart değildir; bunun yerine, laktat, hidrojen iyonları ve fosfat gibi metabolitlerin birikimini tetikleyecek şekilde tasarlanmış antrenmanlar yeterlidir (Goto vd., 2005). Bu antrenmanlar genellikle, kas yorgunluğuna yol açan 8 ila 12 tekrar aralığında gerçekleştirilir. Kas üzerindeki uzun süreli gerginlik ve yorgunluk, bu metabolitlerin birikimine neden olur ve metabolik stres olmadan, kas büyümesi için ağır kuvvet üretimine bağımlılık gereklidir (Hansen vd., 2001).

Mekanik kuvvetlerin ve metabolik stresin kas hipertrofisine katkıları ve bunların varlığında kas inşasının artıp artmayacağı veya sadece belirli bir mekanik gerilim eşiğinin gerekliliği konusu, bu iki faktörün genellikle birlikte ortaya çıkması nedeniyle karmaşıktır. Metabolik stresin önemi konusunda en güçlü kanıtlardan biri, kan akışı kısıtlanması ile yapılan antrenmanlardan elde edilmiştir (Takarada vd., 2000).

Metabolik stresin bir bileşeni olarak kabul edilen intraselüler sıvı hacmindeki artış sonucu meydana gelen hücre şişmesi, mitojenle aktive edilen protein kinaz (MAPK)

yolaklarının aktivasyonuna katkı sağlar, bu da protein sentezini artırır ve proteolizi azaltır (Lang vd., 1998; Grant vd., 2000; Zhou vd., 2016). Bu süreç, kas hipertrofisi ve anabolik adaptasyonlarda önemli bir rol oynar. Hücre şişmesinin, hidrasyon aracılığıyla protein sentezinde bir artışa ve proteolizde bir azalmaya yol açtığı ve özellikle MAPK yolaklarının aktivasyonu yoluyla gerçekleştiği gösterilmiştir (Dangott vd., 2000).

Kas hipertrofisi elde etmek için, hem mekanik gerilim hem de metabolik stresi vurgulayan 8-12 tekrar maksimum (opsiyonel olarak 6-12 TM) veya 1-TM'nin %70-85'ine karşılık gelen yüklerle yapılan orta tekrarlı direnç antrenmanları önerilmektedir (Fleck ve Kraemer, 2014; Howe vd., 2017; Schoenfeld, 2010; Kraemer ve Ratamess, 2004). Orta tekrarlı setler, metabolik son ürünlerin birikimiyle ilişkili olarak akut anabolik hormonal yanıtı artırabilir (Schoenfeld, 2010; Kraemer ve Ratamess 2005). Ayrıca, bu tür setlerin akut olarak hücrel hidrasyonu (ödem) maksimize ettiği ve bu durumun kas hipertrofisine aracılık ettiği düşünülmektedir (Schoenfeld, 2010; Sjøgaard, 1985). Direnç antrenmanlarına verilen hipertrofik yanıtın “mekanik gerilme” mekanizmasıyla ilişkili olduğu da kabul edilmektedir. Yüksek yükler kas-tendon ünitesi üzerindeki gerginliği artırırken, 1-TM'nin %85'ini aşan yükler, maksimum tekrar sayısının az olması nedeniyle gerilim altında geçirilen süreyi azaltır ve bu nedenle anaerobik glikoliz enerji sistemine yeterli stres uygulamaz (Howe vd., 2017).

### **2.1.3. Kas hasarı**

Egzersiz kaynaklı kas hasarının (EKKH) başlangıç aşaması, iki temel mekanizmaya dayanır: mekanik yükün sarkomerde yarattığı yapısal hasar ve uyarılma-kasılma sürecindeki hasar (Allen, 2001; Morgan, 1990; Warren vd., 1993). Bu hasarlar, alışılmadık egzersiz performanslarından kaynaklanır ve egzersizin şiddeti, türü, yoğunluğu ve süresine bağlı olarak değişkenlik gösterir (Malm, 2001). Kas hasarı, kas dokusunun bazı makromoleküllerine özgü olabileceği gibi, sarkolemma, bazal lamina ve destekleyici bağ dokusunda geniş yırtıklara da neden olabilir. Ayrıca, kasılma elemanlarına ve hücre iskeletine de etki edebilir (Vierck vd., 2000). İzometrik (gerilim artarken kas lifi boyunun stabil olması) ve konsantrik (gerilim artarken kas lifi boyunun kısalması) kasılmaların yer aldığı egzersizlerde kas hasarı görülse de, eksantrik (gerilim artarken kas lifi boyunun uzaması) kasılmaların olduğu

egzersizlerde daha belirgindir (Clarkson vd., 1986; Gibala vd., 1995). Hızlı kasılan lifler, eksantrik hasara karşı yavaş kasılan liflere göre daha savunmasızdır (Vijayan vd., 2001), bunun nedenleri arasında oksidatif kapasitenin azalması, yüksek gerilim seviyeleri ve lif fenotipleri arasındaki yapısal farklılıklar bulunur (Proske ve Morgan, 2001).

Metabolik yan ürünlerin artışı, özellikle laktat, kas dokusu hasarında önemli bir rol oynar (Ebbeling, CB., Clarkson, 1989). Daha yüksek laktat birikimine yol açan antrenman programlarının daha fazla kas hasarına neden olduğu gözlemlenmiştir (Kraemer, vd., 1993). Kas hasarı, adaptasyon sürecinde kritik bir öneme sahiptir; zira kasın iyileşmesi ve yenilenmesi sırasında protein sentezi artar. Kas morfolojisindeki değişikliklerde metabolik uyarılar önemli bir rol oynar ve artan kas hasarı, daha fazla protein sentezi ve güç artışı ile sonuçlanabilir.

Egzersizle ilişkili kas hasarı, mekanik ve metabolik süreçlerin bir kombinasyonu sonucu ortaya çıkar ve genellikle hücresel düzeyde tespit edilen direkt ve indirekt belirteçler aracılığıyla tanımlanır (Warren vd., 1999). Kas hasarının doğrudan göstergesi olarak, kas biyopsisi yöntemi kullanılır; bu yöntem, kas dokusundan alınan küçük bir örnek ile hasarın derecesini belirleme imkanı sunar (Roth vd., 2000; Staron vd., 1992). Ancak, bu teknik nedeniyle kas hasarının miktarında artış gözlemlenebilir. Bu sebeple, birçok araştırmacı, gecikmiş kas ağrısı, istemli güç üretiminde azalma, eklem hareket açıklığında azalma, kasın şişmesi ve kandaki kas proteinleri gibi indirekt belirteçleri kullanmayı tercih eder (Allen, 2001; Clarkson ve Hubal, 2002; Roth vd., 2000; Staron vd., 1992). Bu indirekt belirteçler arasında, egzersiz sonrası kana salınan myofibril proteini olan kreatin kinaz (CK) enzimi en yaygın kullanılanıdır (Hirose vd., 2004).

## **2.2. Kas Hipertrofisinin Değerlendirilmesi**

Kas hipertrofisinin değerlendirilmesi için çeşitli ölçüm teknikleri mevcuttur ve bu yöntemler esasen iki ana kategori altında toplanabilir: indirekt ve bölgesel yöntemler. İndirekt yöntemler; deri kıvrım kalınlığı ölçümü, hidrodensitometri, hava değişim pletismografisi, çift enerjili X-ışını absorpsiyometrisi ve biyoelektrik empedans analizini içerir. Bölgesel yöntemler ise; çevre ölçümleri, ultrasonografi, bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans görüntüleme (MR) ve kas biyopsisi gibi

tekniklerden oluşur (Schoenfeld, 2021). MR ve BT'nin, kas hipertrofisinin ölçümünde yüksek güvenilirlik seviyelerine sahip olduğu ve enine kesit alanı ile hacim açısından altın standart olarak kabul edildiği literatürde yer almaktadır (Mitsiopoulos vd., 1998; Hashida vd., 2022). Ancak, MR'ın uzman personel gereksinimi, yüksek maliyeti ve görüntü işleme süreçlerinin uzunluğu gibi dezavantajları bulunmaktadır.

### 2.2.1. Deri kıvrım kalınlığı ölçümü

Skinfold deri kıvrım ölçümü, bireylerin vücut yağ oranını tahmin etmeye yönelik antropometrik bir ölçüm metodudur. Bu yöntem, deri altı yağ tabakasının kalınlığını ölçmek için özel olarak geliştirilmiş bir alet olan skinfold kaliperini kullanır. Ölçüm işlemi, genellikle triceps, subskapular, suprailiak ve abdominal bölgeler olmak üzere vücudun belirli noktalarında, deri ve deri altı yağ tabakasının sıkıştırılması suretiyle gerçekleştirilir. Elde edilen ölçüm değerleri, vücut yağ oranının hesaplanmasında kullanılan çeşitli denklemler ve referans tabloları ile analiz edilir.



Şekil 2.2.1. Deri kıvrımı değerlendirme alan kişi

### 2.2.2 Hidrodensitometri

Su altı tartımı, bireylerin vücut yoğunluğunu ve buna bağlı olarak vücut yağ oranını tespit etmek amacıyla kullanılan antropometrik bir ölçüm metodudur. Bu teknik, bireyin suya tamamen daldırıldığında sahip olduğu ağırlığı ölçer. Ölçüm işlemi, genellikle bireyin akciğerlerini tamamen boşalttıktan sonra gerçekleştirilen su altı tartımı ile bir havuzda yapılır. Elde edilen ağırlık verisi, bireyin vücut hacminin

hesaplanmasında kullanılır ve bu hacim, vücut ağırlığı ile birlikte, vücut yoğunluğunun saptanmasında esas alınan bir parametredir.



**Şekil 2.2.2.** Su altı tartım tankı

### **2.2.3. Hava deplasmanlı pletismografi**

Hava deplasmanlı pletismografi (ADP), bireylerin vücut hacmini ve buna bağlı olarak vücut kompozisyonunu ölçmeye yarayan bir yöntemdir. Bu teknik, kişinin bir kabin içerisine konumlandırılması ve kabinin hava basıncının değiştirilmesi suretiyle vücut hacminin dolaylı olarak tespit edilmesine dayanmaktadır. ADP, özellikle vücut yağ oranı ve yağsız vücut kütlesi ölçümleri için tercih edilir ve bu ölçümler, bireyin sağlık durumu ve fiziksel kondisyonu hakkında değerli bilgiler sunar.



**Şekil 2.2.3.** ADP'yi gerçekleştiren bir Bod Pod

#### 2.2.4. Çift enerjili X-Işını absorpsiyometrisi

DXA (Çift Enerjili X-ışını Absorpsiyometrisi), kemik mineral yoğunluğunu ve vücut kompozisyonunu değerlendirmek için kullanılan bir görüntüleme metodudur. Bu teknik, iki farklı enerji düzeyindeki X-ışınlarını kullanarak kemiklerin mineral içeriğini ve dolayısıyla mukavemetini ölçer. DXA taraması, özellikle osteoporoz riskinin tespiti ve kemik kırılma ihtimalinin belirlenmesi amacıyla tercih edilir.



Şekil 2.2.4. (a) Bir DXA ünitesi ve (b) yağsız vücut kütleinin bir DXA görüntüsü

#### 2.2.5. Biyoelektrik empedans analiz

Biyoelektrik impedans analizi (BIA), vücut dokularının elektrik akımına karşı gösterdiği direncin (impedansın) ölçümüne dayalı bir çalışma prensibine sahiptir. Elektriksel iletkenlik açısından düşük olan yağ dokusu, bir yalıtkan olarak işlev görürken; su ve elektrolitler açısından zengin olan kas dokusu, elektriği daha verimli bir şekilde iletir. Bu özellikler sayesinde, BIA cihazı, vücuttaki yağsız kütleinin ve yağ kütleinin ayrımını yapmak için kullanılır. Diğer vücut kompozisyonu ölçüm yöntemlerine kıyasla BIA, daha pratik ve maliyet etkin bir alternatif olarak öne çıkar.



**Şekil 2.2.5.** Çok frekanslı bir BIA ünitesi

### **2.2.6. Ultrasonografi**

Ultrasonografi, kas dokusunun morfolojisi ve işlevselliğini değerlendirmek amacıyla kullanılan non-invaziv bir görüntüleme metodudur. Bu teknik, kas dokusuna yüksek frekanslı ses dalgaları gönderilmesi ve bu dalgaların yansımalarının alıcılar tarafından toplanıp görüntülerin oluşturulması ilkesine dayanır. Ultrasonografi kullanılarak, kas dokusunun kalınlığı, hacmi, ekokojenitesi ve içsel yapısal özellikleri gibi parametreler ayrıntılı olarak incelenebilir.



**Şekil 2.2.6.** Bir ultrason ünitesi

### **2.2.7. Bilgisayarlı tomografi**

Bilgisayarlı Tomografi (BT), kas dokusunun boyutlarını ve yoğunluğunu değerlendirmek amacıyla kullanılan gelişmiş bir tıbbi görüntüleme tekniğidir. BT, X-ışınları kullanarak vücudun çeşitli kesitlerinden detaylı görüntüler üretir; bu

görüntüler, kas dokusunun morfolojisini, olası anormallikleri ve patolojik süreçleri analiz etmek için kullanılır.



**Şekil 2.2.7.** Bir CT ünitesi

### **2.2.8. Manyetik rezonans görüntüleme**

Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG), vücut içi yapıların detaylı görüntülerini elde etmek için güçlü manyetik alanlar ve radyo dalgalarını kullanarak gerçekleştirilen non-invaziv bir tıbbi görüntüleme metodudur. MRG, özellikle yumuşak dokuların görüntülenmesinde üstün kontrast çözünürlüğü sunar ve sinir sistemi, kas iskelet sistemi ve kardiyovasküler sistem gibi çeşitli vücut sistemlerinin ayrıntılı analizini mümkün kılar.



**Şekil 2.2.8.** Bir MRI ünitesi.

### 2.2.9. Kas biyopsisi

Kas biyopsisi, kas dokusundan alınan küçük bir örneğin mikroskopik analizi yoluyla kas hücrelerinin incelenmesini sağlayan invaziv bir tanı prosedürüdür. Bu prosedür, kas hastalıklarının teşhisinde, kas dokusunun yapısal ve fonksiyonel değişikliklerinin saptanmasında kullanılır. Kas biyopsisi, mitokondriyal bozukluklar, inflamatuvar miyopatiler ve kas distrofileri gibi çeşitli kas hastalıklarının tanınmasında hayati bir öneme sahiptir.



**Şekil 2.2.9.** Kas biyopsisi alan bir araştırmacı

### 2.2.10. Çevre ölçümleri

Kas çevre ölçümü, kas dokusunun hacmini ve gelişimini değerlendirmek için kullanılan antropometrik bir yöntemdir. Bu ölçüm, bireyin fiziksel kondisyonu, kas kütlesi ve genel sağlık durumu hakkında önemli bilgiler sağlar. Genellikle, kasın en geniş noktasından alınan mezura ölçümleri ile kas gelişiminin boyutsal bir değerlendirmesi yapılır. Örneğin, biceps kası çevre ölçümü, dirseğin hemen üstündeki noktadan, kol fleksiyon durumundayken ve üst kol süpinasyon konumundayken gerçekleştirilir. Ölçüm esnasında mezuranın kas dokusuna hafifçe temas etmesi sağlanmalı, ancak adipöz dokunun sıkıştırılmasından kaçınılmalıdır. İki ayrı ölçüm alınır ve bu ölçümlerden elde edilen en yüksek değer kayıt altına alınır.

Ölçüm işlemleri öncesinde, anatomik bölgelerin dikkatli bir şekilde belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Vücut veya vücut parçalarının uzun eksenine dik olarak alınan ölçümler, hata payını minimize etmek amacıyla, derinin sıkıştırılarak deformasyona

uğraltılmamasına özen gösterilerek yapılmıştır. Katılımcının ayakta dik bir pozisyonda durduğu sırada, sağ bacak uyluk çevresi mezura ile iki ayrı ölçüm alınmıştır ve en yüksek değer kaydedilmiştir.

Kas çevre ölçümü, bireyin beslenme durumu ve vücut yağ dokusu hakkında bilgi sağlamak amacıyla deri kıvrım ölçümleri ile birlikte kullanılabilir. Spor bilimleri, fizyoterapi ve beslenme gibi disiplinlerde, bireylerin fiziksel gelişimini izlemek için bu ölçümlerden faydalanılır. Ayrıca, rehabilitasyon süreçlerinde kas atrofisi veya hipertrofinin izlenmesinde de önemli bir yere sahiptir. Kas çevre ölçümleri, kas gelişimi ve vücut kompozisyonu üzerine yapılan bilimsel araştırmalarda sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Bu ölçümler, bireyin antrenman programının etkinliğinin değerlendirilmesinde ve kişiye özel egzersiz programlarının düzenlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır.



**Şekil 2.2.10.** Çevre ölçümü alan kişi

#### **2.2.10.1. Kuadriseps femoris kası**

Kuadriseps femoris (KF), rektus femoris (RF), vastus lateralis (VL), vastus medialis (VM) ve vastus intermedius (VI) olmak üzere dört kasın birleşiminden meydana gelir. VL, VM ve VI kasları, yalnızca diz ekleminde hareket sağladıkları için mono-artiküler kaslar olarak adlandırılırken, RF kası hem kalça hem de diz eklemlerinde etkili olduğundan bi-artiküler kas olarak tanımlanır. KF kası, diğer postüral kaslar gibi, yavaş kas liflerini (Tip I) daha fazla barındırır ve bu sayede küçük kaslara kıyasla daha uzun süreli, yüksek amplitüdlü ve düşük frekanslı kontraksiyonlar gerçekleştirebilir

(Akgün ve Spor Fizyolojisi, 1996; Kisner ve Colby, 2007; Zuluaga, 1995). Kuadriseps kas grubu, antigravite kası işlevini üstlenmenin yanı sıra, birçok fonksiyonel aktivitede de kritik rol oynar. KF kasları, özellikle diz ekstansiyonu gerçekleştirerek lokomasyon (yürüme, koşma), sıçrama ve squat gibi hareketlerde aktif olarak görev alır. RF kası, kalça eklemi üzerindeki etkisi nedeniyle yürüme ve koşma gibi aktivitelerde önemli bir role sahiptir ve bu nedenle RF kasındaki değişiklikler ve işlevsellik üzerine yapılan çalışmalar büyük ilgi çekmektedir.



**Şekil 2.2.10.1.** Dört ayrı bileşen kasını gösteren kuadriseps femoris kas grubunun şeması.

### 2.3. Total Testosteron

İnsan vücudunda, dokular üzerinde parakrin, otokrin ve endokrin etkiler sergileyen çeşitli hormon bezleri bulunur. Bu bezler, üreme, büyüme, gelişme, metabolizma ve kardiyovasküler düzenlemeler gibi birçok düzenleyici işlevi yerine getirirler. Araştırmalar, fiziksel aktivitenin bu hormonların üretimi ve düzenlenmesi üzerinde önemli etkileri olabileceğini ortaya koymaktadır (Çabuk vd., 2020).

Hormonlar, birçok fizyolojik süreçle ilişkilidir ve bu nedenle egzersiz ve sportif performanslarla şekillenen hormonların eylemleri vardır (Wilmore ve Costill, 2004). Egzersiz sırasında hormonal sistemin temel görevi, kardiyovasküler sistemlerin

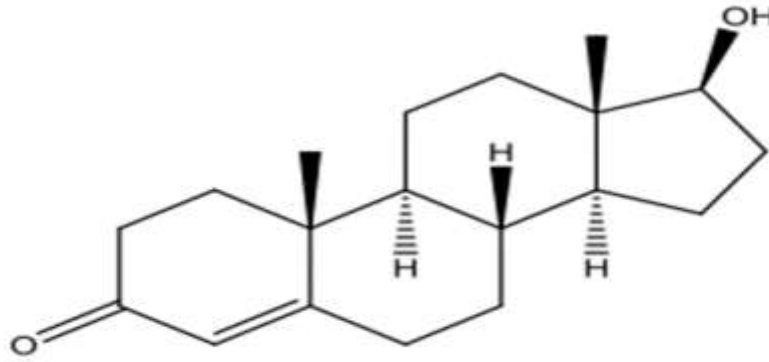
işleyişini ve metabolizmayı düzenlemektir. Antrenmanla ilişkili temel endokrin bezler arasında hipofiz, hipotalamus, tiroid, paratiroid, gonadlar ve adrenal bezler bulunur. Ayrıca böbrek, kalp ve karaciğer gibi gastrointestinal organlar da hormon salgılar. Hipofiz ön lobundan salgılanan ACTH (Adrenokortikotropik Hormon), vücut için gerekli olan kortizol miktarının elde edilmesinde ve dayanıklılığın artırılmasında rol oynar. Doğru ve planlı düzenlenen egzersizler, adrenal korteksi ve ACTH düzeylerini uyarmak suretiyle yağ asidi mobilizasyonunu artırabilir (Ası, 1999).

Testosteron, bir androjenik anabolik steroid hormondur. Erkeklerde testisler ve adrenal korteks tarafından, kadınlarda ise sadece adrenal korteks tarafından salgılanır (Hatipoğlu, 1987; Guyton, 1986). Erkeklerde testosteronun %95'i testislerde üretilir. Testis hormonları kolesterolden türetilir; desmolaz enzimi kolesterolü pregnenolona dönüştürür ve androstenedion daha sonra testosterona dönüşür (Görpe vd., 1987). Büyüme hormonu, genel büyüme etkisinin yanı sıra, vücuttaki tüm hücrelerde protein sentezini artırır, yağ dokusundan yağ asitlerinin enerji için kullanımını sağlar ve vücut genelinde glukoz kullanımını azaltır. Büyüme hormonunun salgılanmasını hipotalamik serbestleştirme faktörleri kontrol eder (Guyton, 1986; Bilge, 1979). Erkeklerde testisler, testosteron ve androstenedion gibi erkeklik hormonlarını salgılar. Testosteron, androstenediona göre beş kat daha etkilidir. Testosteronun büyük bir kısmı karaciğer tarafından inaktif 17-ketosteroidlere dönüştürülür ve idrar yoluyla atılır. Androjenler, eritropoeziyi uyarır ve ergenlik döneminde kandaki testosteron seviyelerinin artışına paralel olarak hemoglobin ve hematokrit seviyelerinde artış görülür. Androjenler genellikle anabolik etkilere sahiptir (Akgün, 1989).

Testosteron, anne karnındaki fetus üzerindeki etkilerinden başlayarak erkek fenotipindeki değişikliklerden sorumlu bir hormondur. Esas olarak testislerde bulunan Leydig hücrelerinden salgılanır ve seminifer tubuluslarda spermatozoa üretiminde rol oynar. Günlük testosteron salgılanması yaklaşık 5 mg (miligram) olup, düzenli olmayan dalgalı ve pulsatil bir patern gösterir. Gümüş vd., (2020) Vücuttaki testosteron reseptörlerini içeren hedef dokularda, dihidrotestosteron ve östradiyol olmak üzere iki ana metabolite dönüşerek aktif rol alır. Dihidrotestosteron, testosterondan daha güçlü androjenik etkilere sahiptir. Testosteron salgılanması, hipotalamus, hipofiz ve testis ekseninde gerçekleşir ve hipotalamus üzerindeki negatif geri bildirim mekanizmasıyla düzenlenir. Testosteron, androjen reseptörlerine

bağlanarak hipotalamus üzerinde doğrudan etki ederken, östradiyol hipofiz üzerinden negatif geri bildirim yoluyla etki gösterir (Turek, 2014). Sağlıklı bir hipotalamus-hipofiz-testis ekseninin işlevi, erkeklerde üreme, bağışıklık ve kas-iskelet sistemi fonksiyonları için temeldir.

Testosteron (T), 17- $\beta$ -hidroksiandrost-4-en-3-on kimyasal yapısına sahip bir steroid hormondur. Erkeklerde testisler ve adrenal bezler, kadınlarda ise adrenal bezler ve overler tarafından üretilir (Brownlee vd., 2005). Testislerin Leydig hücrelerinden salındığı için, dolaşımdaki T düzeyleri erkeklerde kadınlardan daha yüksektir (Fry ve Kraemer, 1997).



**Şekil 2.3.** Testosteronun kimyasal yapısı

Testosteron, testislerin interstisyel hücreleri tarafından salgılanır ve ön hipofizde üretilen interstisyel hücre uyarıcı hormon tarafından düzenlenir. Protein sentezini teşvik etmesi ve ergenlik döneminde erkek cinsiyetin kas kütlesi oranındaki değişiklikleri sağlaması nedeniyle, testosteron hem anabolik hem de androjenik özelliklere sahip bir steroiddir (Powers ve Howley, 2004). Submaksimal egzersizler, maksimum süreli egzersizler ile dayanıklılık ve kuvvet egzersizleri sırasında plazma testosteron seviyesinde artışa neden olur (Cumming vd., 1986; Jensen vd., 1991; Vogel vd., 1985). Egzersiz sırasında ve sonrasında testosteron seviyesindeki artış, egzersizden yaklaşık iki saat sonra dinlenme seviyesine döner (Jensen vd., 1991). Futbol maçı sonrası androjen seviyeleri üzerine yapılan bir çalışmada, maç sırasında testosteron seviyesinin yükseldiği ve maçtan 45 ve 90 dakika sonra başlangıç seviyesine döndüğü gözlemlenmiştir (Lupo et vd., 1985). Uzun süreli dayanıklılık egzersizleri sonrasında testosteron seviyesinde anlamlı bir artış gözlenirken, toparlanma sürecinde bu seviyenin hızla dinlenme durumuna döndüğü belirtilmiştir

(Duke vd., 2007). Erkeklerde yapılan çoğu çalışmada egzersizin total testosteron konsantrasyonlarını akut olarak artırdığı, kadınlarda ise testosteron seviyesinde bir artış ya da değişiklik olmadığı tespit edilmiştir (Hickson vd., 1994; Häkkinen ve Pakarinen, 1995; Ahtiainen vd., 2003; Cumming vd., 1986; Nindl vd., 2001). Erkeklerdeki testosteron seviyesindeki artışlar, plazma hacminin azalması, adrenerjik uyarılma, laktat ile uyarılan sekresyon ve testislerdeki testosteron sentezindeki potansiyel adaptasyonlara dayanmaktadır (Jezova ve Vigas, 1981; Lu vd., 1997; Lin vd., 2001; Fry ve Kraemer, 1997). Testosteron, eritropoeziyi uyardığı ve kas hücrelerinden laktat taşınımını artırdığı için, antrenman kaynaklı artışının dayanıklılık performansı açısından faydalı olduğu bildirilmiştir (Shahidi, 2001; Enoki vd., 2006). Testosteronun antrenmana akut yanıtları, bireyin yaşı, antrenman deneyimi, cinsiyeti ve başlangıç değerlerine bağlı olarak değişiklik gösterir (Fahey vd., 1976).

Endojen testosteron salınımı, erkeklerde vücut kompozisyonu üzerinde doğrudan etkilere sahiptir; kas büyümesi, yağ kitlesi ve kemik mineral yoğunluğunu etkiler. Ayrıca, merkezi sinir sistemi üzerinde gelişimi teşvik ederek fonksiyonlarını düzenler; davranış modelleri, saldırganlık ve isteklilik üzerinde etkilidir. Testosteron, hormonal aktivitesiyle glukoz metabolizması üzerinde etkili olup, kemik iliği üzerine etki ederek eritrosit üretimini ve psikolojik olarak stresle başa çıkma davranışlarını düzenler (Bhasin vd., 2001; Di Luigi vd., 2012; Zitzmann ve Nieschlag, 2003). Dışarıdan alınan testosteron, erkeklerde kas kütlesinde ve performansında artışa neden olur. Direnç eğitimi alan erkek sporcular, dışarıdan testosteron alırlarsa, kas kütlesi ve sportif performanslarında üst seviyelere ulaşabilirler (Sokoloff vd., 2016; Blazevich ve Giorgi, 2001). Literatürdeki çalışmalar, akut egzersizlerin total ve serbest testosteron seviyelerinde artışa neden olduğunu göstermiştir. Haftada sekiz saatten fazla antrenman yapan sporcularla, haftanın çoğu günlerinde otuz dakikadan az antrenman yapan sporcular karşılaştırıldığında, sekiz saatten fazla antrenman yapan sporcularda serum total testosteron seviyelerinde artış olduğu bulunmuştur (Di Luigi vd., 2012; FitzGerald vd., 2012; Sokoloff vd., 2016). Akut egzersizler, hipotalamus-hipofiz-testis eksenini uyararak serum testosteron seviyelerini yükseltir.

Kronik egzersizin total testosteron seviyeleri üzerindeki etkisi üzerine yapılan literatürdeki çalışmalar, geriye dönük veya çapraz kişisel çalışmalarda, kronik antrenmanlı bireyler ile kontrol grupları arasında, kronik antrenmanlı sporcuların

lehine düşük testosteron seviyeleri tespit edilmiştir. İleriye dönük planlanmış çalışmalarda ise sonuçlar çelişkilidir. Bu farklılıkların, çalışma dizaynlarının heterojenliğinden, antrenman yoğunluğu, süresi ve antrenman konsantrasyon düzeyleri ile ilişkili standardizasyon eksikliğinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Grandys vd., 2009; Kraemer ve Ratamess, 2005; Sokoloff vd., 2016). Kronik egzersizin hipotalamus-hipofiz-testis eksenine olası negatif etkisi ve prolaktin sekresyonunun artması sonucunda hipotalamus üzerine negatif etki göstermesi, ayrıca leptin ve ghrelin sekresyonlarının luteinizan hormon üzerindeki inhibitör etkisinden kaynaklanabileceği öne sürülmektedir (Hackney, 2008; Safarinejad vd., 2009; Sansone vd., 2018).

Kuvvet/güç adaptasyonu için akut mekanik (yük-şiddet etkileri, kasın kasılma tipi vb.) (Crewther vd., 2005) ve hormonal (testosteron, büyüme hormonu-GH, insülin, kortizol vb.) uyarıların önemi iyi tanımlanmıştır (Kraemer, 1992; Kraemer vd., 1996). Kuvvet antrenmanlarına adaptasyon için akut metabolik uyarıların (örneğin laktik asit) de önemli olabileceği vurgulanmaktadır (Abernethy vd., 1994; Gentil vd., 2006). Bu ürünlerin kas içinde veya kas dışında birikmesi, farklı anabolik hormonların sekresyonunu (Takarada vd., 2000; Taylor vd., 2000) veya verilen yük için aktive olan motor ünite sayısını artırabilir (Takarada, vd., 2000; Takarada ve Ishii, 2002). Bu akut yanıtların, kas kuvvet üretme kapasitesini değiştiren adaptasyon olaylarını başlattığı düşünülmektedir (Crewther vd., 2006). Geleneksel yaklaşımda, dayanıklılık egzersizleri sırasında görülen büyük metabolik yanıtların bu egzersiz türünde bazı adaptasyonlara neden olurken, kuvvet/güç çıktılarında anlamlı değişikliklere neden olmadığına inanılır. Ancak, kasın büyümesini amaçlayan kuvvet antrenman programlarının kan laktat seviyesini göreceli olarak daha fazla artırdığı gözlemlenmiştir (Kraemer vd., 1991; Smilios vd., 2003). Pratikte kullanılan kuvvet/güç antrenman programlarının organizma üzerine bindirdiği metabolik stres hakkında sınırlı bilgi bulunmaktadır (Crewther vd., 2006).

Stres hormonları olan glukagon, glukokortikoidler ve katekolaminler bir arada hareket ettiğinde kas katabolizmasına yol açarlar. Anabolik hormonlar ise, protein sentezini artırarak ve protein yıkımını azaltarak kas büyümesini sağlarlar (Flück ve Hoppeler 2003). Protein birikimi ve protein sentezi, yani kas hipertrofisi, protein sentezinin protein yıkımını aştığı durumlarda meydana gelir. Dolayısıyla hormonlar, kas protein

dengeşinin negatif ve pozitif yönlerini düzenlemede önemli rol oynarlar (Kraemer vd., 1990). Kas anabolizmasının gerçekleşebilmesi için anabolik hormon seviyelerinin artması gereklidir; bu nedenle uzun süreli direnç antrenmanı sırasında kas kitlesindeki artış, hormonların antrenmana adaptasyonu sonucunda oluşur (Consitt vd., 2002).

Egzersiz hormonal denge üzerindeki etkilerinden bir diğeri de vücut ısısının düzenlenmesidir. Egzersiz, vücut ısısını etkileyebilir ve üreme fonksiyonları da vücuttaki ısı düzenlemesinden etkilenebilir (Annagür, 2012; Kaynar, 2014). Fiziksel aktivitenin, üreme hormonlarından biri olan testosteron seviyesinin düzenlenmesinde önerildiği belirtilmiştir (Kayacan vd., 2020).

Direnç antrenmanı sırasında iskelet kas dokusu, glikojen aracılığıyla glikoz oluşumunu sağlar ve serbest aminoasitler ile protein deposu olarak işlev görür (Sheffield ve Urban 2004). Direnç antrenmanı, hipotalamik salgı eksenini ve sempatik sinir sistemini aktive eder ve kasın artan enerji ihtiyacını karşılamak için gerekli metabolik maddelerin sağlanmasını destekleyerek nöro-endokrin tepkileri tetikler (Leal-Cerro vd., 2003). Böylece, katabolik ve anabolik hormonlar, direnç egzersizi sırasında insan kasının temel düzenleyicileri haline gelirler (Kraemer vd., 1990; Consitt vd., 2002).

Kraemer ve Ratamess'in (2005) çalışmaları, direnç egzersizlerinin ve antrenmanlarının hormonal sisteme etkisi ve adaptasyon durumunu incelemiş ve sonuç olarak direnç egzersizlerinin, akut kas gücü üretimine müteakip doku büyümesi ile kritik bir hormonal tepki ortamı yarattığını ortaya koymuştur.

Ası'ya (1999) göre, egzersizler tiroit hormonları üzerinde önemli etkilere sahiptir ve aktif olarak spor yapan bireylerin tiroit hormon seviyelerinin sedanter bireylere göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Egzersiz, testosteron, FSH (Folikül Stimüle Edici Hormon) ve LH (Lüteinleştirici Hormon) hormonlarının salınımında da farklı etkilere sahiptir.

Dağlıoğlu ve Hazar'ın (2009) çalışmaları, egzersiz ve antrenmanın bazı hormonların serum değerlerinde artışa veya azalmaya neden olduğunu savunmuştur. Bu nedenle, egzersizin üreme sistemi ile ilgili hormonları etkilemesi beklenen bir durumdur ve literatür tarafından desteklenmektedir.

Egzersiz üreme hormonları üzerindeki etkileriyle ilgili literatürde farklı bulgular tespit edilmiştir. Bazı çalışmalarda egzersizin üreme faaliyetlerini ve hormonları artırıcı etkiler oluşturduğu belirtilirken (Khoo vd., 2013; Rietjens vd., 2015), diğer çalışmalarda anlamlı bir etkinin olmadığı ya da ters etkilerin gözlemlendiği bildirilmiştir (Kuusi vd., 1984; Rahnama ve Bambaiechi, 2004). Zitzmann ve Nieschlag (2001) tarafından yapılan çalışmada, zihinsel ve fiziksel stres sonucunda testosteron seviyelerindeki düşümlere hipofizin cevap veremediği gözlemlenmiştir. Bu durum, dayanıklılık antrenmanları sonrasında bazı sporcularda serum testosteron seviyelerinde düşümler olurken, FSH ve LH seviyelerinde değişiklik olmamasıyla desteklenmiştir.

Vural (2013) fiziksel aktivite sırasında karaciğere giden kan akımının azalması sonucunda testosteron hormonunun inaktivasyonunun ve atılımının azaldığını, bu nedenle egzersiz sırasında kan testosteron düzeylerinde geçici yükselmelerin görülebileceğini belirtmiştir.

Uygulanan direnç egzersizi protokolü, egzersizin hacmi ve şiddeti hormonal cevapların büyüklüğünü önemli derecede etkiler. Düşük şiddetten yüksek şiddete giden, kısa dinlenme aralıklı ve büyük kas gruplarına stres yükleyen direnç çalışmaları daha büyük akut hormonal cevaplara neden olur (Kraemer vd., 1988; Kraemer ve Ratamess, 2005). Yüksek dirençlerle ve büyük kas grupları ile yapılan direnç antrenmanlarının anabolik hormonları daha fazla artırdığı ve egzersiz sonrası süreçte düşük şiddetli egzersize göre hormon konsantrasyonunun daha yüksek düzeylerde kaldığı belirtilmiştir (Gotshalk vd., 1997). Uygulanan tekrar sayısı, egzersizin uzun süreli anabolik etkileri açısından önemlidir. Ağırlık antrenmanında katabolize olan proteinlerin kütlesi, 1 tekrarda yıkılan protein oranı ile tekrar sayısının çarpımına eşittir. 1 tekrar maksimumda protein yıkılım oranı yüksekken, tekrar sayısının az olması nedeniyle toplam yıkılan protein miktarı azdır. Buna karşın 5-10 tekrarda protein yıkılım oranı orta düzeydeyken, toplam yıkılan protein miktarı yüksektir. 25 ve üzeri tekrarlarda ise protein yıkılım oranı düşüktür ve bunun sonucunda toplam yıkılan protein miktarı düşüktür (Zatsiorsky, 1995). Eğer kasta anabolik etki yaratılmak isteniyorsa, egzersizlerin 5-10 tekrarlarda ve yüksek şiddetlerde planlanması gerekmektedir.

Literatür incelendiğinde, direnç egzersizlerine akut hormonal cevapları inceleyen birçok çalışma bulunurken, kronik değişiklikleri inceleyen antrenman dizaynlarına daha sınırlı sayıda rastlanmaktadır (Häkkinen ve Pakarinen, 1991; Kraemer vd., 1998a). Bu durum, direnç egzersizlerinin anabolik etkisi değerlendirilirken, hormonların anabolizmadaki rolünü açıklamakta yetersiz kalmaktadır.

Kuvvet antrenmanlarının hormonal yanıtları üzerine yapılan ilk çalışmalar, yüksek şiddetli (%80-100) ve 5-10 tekrarlı büyük kas gruplarına yönelik kuvvet egzersizlerinin testosteron seviyesini akut olarak artırdığını göstermiştir (Häkkinen vd., 1998; Kraemer vd., 1990, Kraemer vd., 1991). Bu akut artışın, testosteron sentez hızının artması ve eliminasyon hızının azalması sonucunda meydana geldiği düşünülmektedir (Cadoux-Hudson vd., 1985).

Dolaşımdaki testosteron düzeyleri, saatlik veya diurnal (gün içi) değişimler gösterir. Genç erkeklerde sabahları maksimuma çıkan testosteron düzeyi, öğleden sonra minimuma iner. Yaşlı erkeklerde ise, TeBG düzeylerindeki artış, testosteron salgısının azalması veya nöroendokrin bozukluklar nedeniyle bu düzen değişebilir (Veldhuis, 2000). Yetişkin bir erkekte günlük ortalama 7 mg testosteron üretilirken, bunun çok küçük bir kısmı böbrek üstü bezlerinde oluşur. Testosteron salınımı düzenli değil, aralıklı olarak gerçekleşir (Löffler ve Petrides, 1988; Serpek, 2002).

Testosteron, plazmada bağlı (% 44 TeBG bağlı, % 54 albümin bağlı) veya serbest (%2) formda bulunur. Testosteron bağlayıcı globülin düzeylerindeki değişiklikler, dokuların kullanabileceği testosteron miktarını etkiler (Griffin ve Wilson 1998; Bagatell ve Bremner 1996).

Anabolik steroidler, testosteronun sentetik türevleridir (Potteiger ve Stilger 1994; Powers, 2002; Evans, 2004) ve anabolik etkileri güçlendirilmiş, androjenik etkileri azaltılmıştır. Sporcular tarafından kuvvet ve dayanıklılığı artırmak amacıyla kullanılır (Muscatelli vd., 1994; Bagatell ve Bremner, 2003). Küçük yaşlarda bile anabolik steroid kullanımının arttığı ve bu kullanımın vücut yağ kitlesini azaltma, kuvvet ve atletik performansı artırma amaçlarına hizmet ettiği bildirilmiştir (Gaa vd., 1994; Potteiger ve Stilger, 1994; Powers, 2002). Anabolik steroidlerin sporcu performansı üzerindeki etkileri konusunda bilgiler çelişkilidir (Hervey vd., 1976). Aerobik metabolizma üzerine etkileri belirsiz olmakla birlikte, performanstaki iyileşmenin

saldırganlık ve motivasyondaki artış, anti-katabolik etki ve protein kullanımındaki artışa bağlı olduğu düşünülmektedir bildirilmektedir (Zitzmann ve Nieschlag, 2001). Uzun süreli anabolik steroid kullanımının zararlı yan etkileri olmasına rağmen, sporcuların performanslarını sürdürmek veya artırmak için kullanımdan vazgeçemedikleri vurgulanmaktadır (Evans, 2004).

#### **2.4. Direnç Antrenmanlarının Temel Bileşenleri**

Her egzersiz metodunun kendine has avantajları ve kısıtlamaları bulunmaktadır. Dinamik direnç egzersizleri, günlük aktivitelerin gerçekleştirilmesi için genellikle önerilir. Güvenlik açısından, egzersizlerin sabit ağırlık makineleri kullanılarak yapılması tavsiye edilir (Hass vd., 2001). Direnç egzersizlerinde, egzersiz şiddeti genellikle bir tekrar maksimum kuvvetin (1TMK) veya belirli bir (n)TMK'nin yüzdesi (% nTMK) ile değerlendirilir ve bu şiddet düzeyine uygun tekrar sayısı belirlenir. Direnç egzersizlerinin antrenman hacmi, belirli bir zaman dilimi içerisinde (bir antrenman birimi, bir hafta, bir ay veya bir antrenman dönemi) gerçekleştirilen toplam iş miktarı veya kaldırılan toplam yük olarak ifade edilir (Fleck ve Kraemer, 1997). Antrenman sıklığı, belirli bir zaman dilimi içinde tamamlanan antrenman birimlerinin sayısını ifade eder ve bireyin toparlanma kapasitesi ile sınırlıdır.

Direnç antrenmanlarının esas amacı, ağırlık çalışmaları aracılığıyla kas kuvveti, kas dayanıklılığı ve kas gücünü artırmaktır. Yarışma sporlarında, kas kuvveti dayanıklılığı ve kas gücü, başarı için temel faktörler olarak görülmektedir (Desalles vd., 2009).

Kuvvet antrenmanlarının etkin bir şekilde planlanması ve amaç edinilmesi, bu tür çalışmaların temel gerekliliklerindendir. Direnç antrenmanlarının uygun olarak yürütülmesi için, antrenman bileşenlerinin ayrıntılı bir şekilde anlaşılması şarttır. Bu bileşenler şunlardır:

- Egzersizlerin seçimi ve sıralaması,
- Egzersiz şiddeti ve yükü,
- Egzersiz hacmi (set ve tekrar sayısı),
- Egzersiz süresi,
- Ağırlıkları kaldırma hızı,

- Hareket ağırlığı,
- Dinlenme süresi,
- Egzersiz sıklığı,
- Egzersizlerde ilerleme ve gelişme,
- Egzersizde devamlılık (Uğraş, 2018).

Bu bileşenler, direnç antrenmanlarından elde edilecek maksimum verimin sağlanması amacıyla düzenlenir ve antrenmanların etkileri, uygulanan düzenlemelere bağlı olarak değişkenlik gösterir (Schoenfeld, 2017).

#### **2.4.1. Antrenmanın tekrar sayısı (hacmi)**

Antrenmanlarda gerçekleştirilen tekrarlar sırasında, ağırlık kaldırma prensiplerine riayet edilmesi esastır. Sporcuların, egzersiz sırasında vücut pozisyonuyla ilişkili temel faktörler hakkında (ısınma, nefes alma, doğru pozisyonu koruma vb.) bilgili olmaları önemlidir. Özellikle hareketlerin icrası sırasında, anatomik pozisyonların doğal ve düzgün olması, baş, boyun, omuzlar, bel, ayak bilekleri ve kalça hizalanmasının doğru formda olması gerekmektedir (Uğraş, 2018). Antrenmanların disiplinli, konsantre ve yoğun pratikle yürütülmesi gereklidir. Ağırlık kaldırılırken, yüksek momentum ve sıçramalı, hatalı tekniklerden kaçınılmalıdır. Tekrarlar, yavaş ve kontrollü bir şekilde uygulanmalı, momentum en aza indirilmelidir (Koca, 2020). Egzersizlerin etkinliği, bireyin kas ağrısına karşı toleransı ile doğrudan ilişkilidir. Egzersiz sırasında veya sonrasında kaslarda hissedilen ağrı kabul edilebilirken, eklemlerde hissedilen ağrı kabul edilemez (Uğraş, 2018). Tekrarlar, kaslarda geçici yorgunluk hissi oluşana kadar sürdürülmelidir. Bu durum, kaslarda yanma hissi ve sporcuların sinirsel titreme ve sarsılma noktasına ulaşmalarıyla karakterizedir. Fizyolojik bu durumlar, kas liflerinin katılımını artırarak kuvvet gelişimine katkıda bulunur (Koca, 2020). Yoğun şiddetli antrenmanlar sırasında, tekrarlar özellikle ağırlıkların indiriliş-eksantrik fazına odaklanır. Sporcuların bu fazda fizyolojik olarak daha güçlü oldukları ve ağırlıkları kaldırma fazında performans düşüklüğü yaşansa bile, egzantrik fazda devam edebildikleri bilinmektedir (Koca, 2020). Yanlış form alınması, kaslarda akut zorlanma ve travmaya, eklemlerde kronik ağrıya ve yumuşak dokularda uzun vadeli sakatlıklara yol açabilir. Sakatlık riskini azaltmak için, itici, çekici ve sabitleyici kas gruplarının dengeli bir şekilde çalıştırılması şarttır (Uğraş, 2018). Egzersiz seçimi, set

ve tekrar sayıları ile egzersiz şiddeti, çekme ve itme kas grupları arasında dengelenmelidir. Tüm hareketler, tam eklem açılarına uygun olarak gerçekleştirilmelidir (Koca, 2020).

#### **2.4.2. Antrenmanın şiddeti**

Direnç antrenmanlarında kritik bir değişken olan antrenman şiddeti, kas gelişimi ve kuvvetlenme üzerinde en etkili faktörlerden biri olarak kabul edilir. Antrenman sırasında uygulanan egzersiz şiddeti, kas dokularında meydana gelen mikro yırtılmaların seviyesini, kas onarımını ve kas büyümesi için gerekli olan tam toparlanma süresini belirler (Koca, 2020). Aşırı yüklenme süreci, kas liflerinin mikro travma yoluyla parçalanmasında kullanılan en etkili yöntemdir ve bu süreçte uygulanan stres, aşırı yüklenme noktasına ulaşana kadar artırılır (Uğraş, 2018). Antrenmanın başlangıcında şiddet düzeyi düşük tutularak, fizyolojik adaptasyon sürecine izin verilmelidir. Herhangi bir ağırlık çalışması öncesinde, uygulanacak antrenman yükünün belirlenmesi esastır ve bu amaçla maksimal tekrar (1MT) değerinin tespiti önemlidir. Antrenman şiddeti, kaldırılacak ağırlıkların miktarıyla doğrudan ilişkilidir ve yoğun şiddetli antrenmanlar, kuvvet gelişimini destekler (Westcott, 2003).

Maksimal kuvvet artışı için antrenman şiddetinin maksimuma yakın değerlerde olması (1 MT'nin %85-90'ı), tekrar sayılarının düşük (1-4 arası) olması önerilirken, kas hipertrofisi için tekrar sayılarının 10-12 arası ve yüklerin %60-80 arasında olması tavsiye edilir (Seguin ve Nelson, 2003). Kas dayanıklılığı için ise, antrenman şiddetinin daha düşük (%30-60) ve tekrar sayılarının yüksek (15 ve üzeri) olması gerekmektedir (Hoffman, 2002). Kuvvet çalışmalarının amacına göre düzenlenmesi gereken değerler, güç gelişimi için 1-3 MT, maksimal kuvvet için 3-8 MT, hipertrofi için 8-15 MT ve kas dayanıklılığı için >20 MT olarak belirtilmiştir (Bird vd., 2005). Antrenman sırasında seçilen yükler, anaerobik enerji sistemini kullanarak hedef kaslarda geçici yorgunluk oluşturacak kadar ağır olmalıdır. Antrenman şiddeti, ağırlıkların çok yavaş kaldırılmasıyla artırılabilir. Bu süre, bazı araştırmalara göre 50 ile 70 saniye (Faigenbaum ve Westcott, 2003), diğer araştırmalara göre ise 60-90 saniye arasında olmalıdır (Seguin ve Nelson, 2003).

### 2.4.3. Antrenmanın sıklığı

Direnç antrenmanlarında kullanılan enerji, anaerobik yolla sağlanır. Anaerobik enerji sistemi, yoğun şiddet altında gerçekleştirilen egzersizlerde, kaslara 60-90 saniye süresince enerji temin eder. Bu süreç, kaslarda geçici bir rahatsızlık ve şiddetli yorgunluk hissi yaratır; ancak, bu tür uygulamalar kuvvet gelişimi için olumlu bir etken olarak değerlendirilir. Uygun şekilde yapılan tam vücut ağırlık çalışmaları, ortalama olarak 8-12 farklı egzersiz türünü kapsar (Hoffman, 2002). Her bir ana kas grubu için seçilen ağırlıkla genellikle 8-12 tekrar yapılır ve toplam çalışma süresi ortalama 25-30 dakika arasında değişir. Önemle üzerinde durulması gereken bir nokta, daha az tekrarla daha ağır yüklerin kaldırılmasının sakatlık riskini artırabileceği, buna karşın daha hafif ağırlıklarla yapılan fazla tekrarların, kuvvet gelişimi için gerekli olan uyaran şiddetini azaltabileceğidir (Seguin ve Nelson, 2003).

### 2.4.4. Antrenmanın kapsamı

Antrenman sürecinde gerçekleştirilen toplam iş miktarı, hız odaklı egzersizlerde süre veya kat edilen mesafe; direnç egzersizlerinde ise kaldırılan ağırlığın toplamı olarak tanımlanmaktadır (Bompa, 2001). Bu ölçüm, bir antrenman seansında, haftalık, aylık veya belirli bir antrenman dönemi boyunca yapılan işin toplamı şeklinde hesaplanabilir (Fleck ve Kraemer, 1998). Direnç antrenman programlarının uygulanması sırasında, aşağıdaki kriterler dikkate alınmalıdır (Uğraş, 2018):

- **Emniyet:** Programa başlamadan önce tüm bireylerin sağlık kontrolünden geçirilmesi zorunludur.
- **Etkinlik:** Programın uygulanması sırasında, arzu edilen sonuçlara ulaşabilmek için, gerçekleştirilebilir hedefler belirlenmelidir. Ayrıca, etkinliği maksimize etmek amacıyla, çalışma planı hazırlanırken yeterli dinlenme süreleri sağlanmalıdır; örneğin, setler arasında 60-90 saniye dinlenme süresi veya antrenmanların gün aşırı yapılması gibi.
- **Verimlilik:** Programın uygulanmasından beklenen verimliliği sağlamak için, zaman yönetimi açısından en etkili düzenlemeler yapılmalı ve böylece zamanın boşa harcanması önlenmelidir.

## 2.5. Hipertrofi Gelişimi İçin İleri Seviye Antrenman Yöntemleri

Yağsız vücut kütlelerinin artırılması, ağırlık antrenmanı yapan bireyler arasında geniş çapta bir hedef olarak benimsenmiştir. Kas kesit alanı ile kas gücü arasında güçlü bir ilişki bulunması, kas kütlelerinin artırılmasını, futbol, rugby ve powerlifting gibi güç gerektiren spor dallarında faaliyet gösteren sporcular için öncelikli bir amaç haline getirmiştir (Maughan vd., 1983). Antrenmansız bireylerde, direnç antrenmanının ilk evrelerinde kas hipertrofisi gözlemlenmese de, güç kazanımlarının büyük bir kısmı nöral adaptasyon sayesinde gerçekleşmektedir (Mulligan vd., 1996). Bununla birlikte, direnç antrenman programının devamı süresince, birkaç ay içerisinde hipertrofi daha belirgin bir hale gelmeye başlar. Üst ekstremitelerdeki hipertrofi, alt ekstremitelere kıyasla daha erken etkinlik kazanmaktadır (Tesch, 1988). Direnç antrenmanının, sporcuların kaslarında hipertrofiyi, maksimal kuvvet ve güç üretimini artırma, sakatlanma oranını düşürme ve yaralanma sonrası iyileşme sürecini hızlandırma gibi faydaları olduğu bilinmektedir (Marques, 2004). İskelet kaslarının adaptasyonu, uygulanan egzersiz türüne özgüdür. Yüksek şiddetli egzersizler, kas hipertrofisi ve güç artışına yol açmakta ve bunu pik egzersiz kapasitesindeki artış takip etmektedir. DeLorme'nin klasik çalışmasına göre, direnç antrenman programlarında düşük tekrar/yüksek direnç kullanımı, kuvvet ve güç adaptasyonunu desteklerken, aynı zamanda kas dayanıklılığını da artırmaktadır. Genel olarak, direnç egzersizleri yüksek şiddetli olduğunda (1 maksimum tekrarın yaklaşık %80'i) kas boyutu ve gücünü artırmak için ideal olarak kabul edilir. Öte yandan, 1 maksimum tekrarın %65'ten daha düşük şiddette yapılan direnç egzersizlerinin kas boyutu ve gücü üzerinde neredeyse hiç etkisi olmadığı, ancak kasın oksidatif kapasitesini artırdığı bilinmektedir (DeLorme, 1945; McDonagh ve Davies, 1984).

Direnç antrenmanı uygulamalarında, metabolizma hızını veya kaslara uygulanan yükü düzenlemek amacıyla, maksimal yüklenme şiddetinin, yani kaldırılacak maksimal ağırlığın (1 Maksimum Tekrarın - 1 M.T.'ın %100 kuvveti) belirli bir yüzdesinin hesaplanması gereklidir. Antrenman sürecinde, örneğin 1 M.T.'ın %80'i gibi belirlenen şiddet düzeyini korumak zor olabilir; bu nedenle, değişen şiddet düzeyleri dikkate alınarak, ortalama şiddet üzerinden planlama yapılır (Stone vd., 1987; Bompa ve Haff, 2009). Açıkça görülmektedir ki, tüm hareketlerin aynı hızda gerçekleştirilememesi, antrenmanın planlanan şiddet ve yoğunluğunu etkileyecektir.

Bu durum, hem egzersiz türüne (örneğin, bench press ile power clean arasındaki farklar) hem de performansa (maksimal hızda veya yavaşça yapılan hareketler gibi) bağlıdır. Tek bir tekrar düşünüldüğünde, çok ağır bir ağırlığın çok hızlı kaldırılması, hareketin şiddetini artırırken, yoğunluğunu azaltır (tekrar sayısının azalması ve dinlenme sürelerinin uzaması ile). Öte yandan, vücudun bütününe veya büyük kas gruplarının katıldığı hareketlerde (örneğin, squat veya jerk lift gibi), maksimum kalp atış hızı yüzdeleri (%HR max), egzersizin şiddeti hakkında bilgi verir. Bu değişken, fizyolojik olarak kalp-dolaşım sisteminin kapasitesini tanımlasa da, direnç antrenmanındaki 1 M.T. yüzdesine benzer bir işlev görür. Uygulanan hareketin şiddetinin, vücut üzerindeki zorlayıcılığı da bu şekilde ifade edilebilir (Bompa ve Haff, 2009).

Direnç egzersizleri (DE), anaerobik egzersiz türlerindendir ve geniş kitlelerce yaygın olarak kullanılmaktadır. Egzersizlerden en üst düzeyde fayda sağlamak için, sağlıklı yaşam adına yapılan aerobik egzersizlerle (yürüyüş, koşu, yüzme, bisiklet vb.) birlikte direnç egzersizlerinin de uygulanması önerilmektedir. Direnç egzersiz antrenmanı, diğer bir deyişle kuvvet veya ağırlık antrenmanı, bireylerin fiziksel uygunluk seviyelerini geliştirmek için sıklıkla tercih edilen bir egzersiz formudur ve temel amacı, kas kuvvetini ve/veya kas kütlesini artırmaktır (hipertrofi). Bu amaç doğrultusunda, çeşitli antrenman modelleri (izokinetik, değişen dirençler, izometrik) ve antrenman sistemleri (set-tekrar sayısı ve dirençlerin farklı kombinasyonları) kullanılmaktadır.

Direnç egzersiz antrenmanlarının akut ve kronik adaptasyonları, temel bileşenlerin birleşimine bağlı olarak gelişir (Fleck ve Kraemer, 1997; Baechle vd., 2000). Düşük şiddetli ve yüksek hacimli direnç egzersizleri (%70 1TMK), temel olarak hipertrofiyi, yani kas kesit alanındaki artışı hedefler. Bu tür antrenmanların uzun vadeli adaptasyonları, aerobik egzersizlerin adaptasyonlarına (kapiller yoğunluğunda ve ventilasyonda artış) benzer özellikler gösterir. Yüksek şiddetli direnç antrenmanları ( $\geq$  %85 1TMK), bu tür etkileri sergilemez (Williams, 2000); bunların temel adaptasyonu, hipertrofi oluşturmada kuvvet kazanımıdır. Ek olarak, geleneksel kuvvet antrenmanları veya patlayıcı, plyometrik antrenman yöntemleri kullanılarak, uzun mesafe koşucularında koşu ekonomisinin, dayanıklılığın önemli bir değişkeni olarak geliştirildiği gösterilmiştir (Paavolainen vd., 1999; Çakır vd., 2007). Ayrıca, direnç

antrenmanlarında seçilen egzersizlerin niteliği (küçük veya büyük kas gruplarına yönelik olması), egzersiz sayısı ve sıralaması (üst veya alt ekstremiteye yönelik egzersizlerin uygulanması veya birden fazla egzersizin aynı kas grubuna ardışık olarak uygulanması), egzersizlerin serbest ağırlıklarla veya makinelerde yapılması gibi faktörler, vücuttaki adaptasyon süreçlerini etkiler. Bu faktörlerin farklı kombinasyonları, farklı etkilere yol açar. Yaş, cinsiyet ve antrenman durumu da diğer önemli etkenler arasındadır. Son zamanlarda, direnç egzersizleri, sadece sporcular için değil, rekreatif amaçlı sportif etkinliklere katılan bireyler için de popüler bir aktivite haline gelmiştir. Bununla birlikte, anaerobik karakterli direnç egzersizleri, aerobik egzersizler gibi serbest radikal üretimini artırır, antioksidan savunma sistemini çeşitli şekillerde etkiler ve oksidatif stres oluşturur (Radak vd., 1995; Packer, 1997; McBride vd., 1998; İnal vd., 2001; Bloomer ve Goldfarb, 2004).

Enerji sistemlerinin kullanımı, bireyin performans seviyesi, kişisel hedefler ve antrenman yoğunluğuna göre değişiklik gösterir. Setler arası ve egzersizler arasındaki dinlenme süreleri, metabolik, hormonal ve kardiyovasküler tepkiler gibi faktörlerin direnç egzersizi sırasında akut yorgunluk süresini etkilemesinin yanı sıra, sonraki setler için performans ve antrenman adaptasyonunu da önemli ölçüde etkiler (Kraemer vd., 1997; Kraemer vd., 1990; Kraemer, 1997; Pincivero vd., 1997). Direnç egzersizi sırasında kas kuvvetinde maksimum artış sağlamak için az tekrarlı ve yüksek şiddetli egzersizler, kas dayanıklılığını en iyi şekilde geliştirmek için ise düşük şiddetli ve çok tekrarlı egzersizler önerilmektedir (Dwyer ve Davis, 2005). Yaşın ilerlemesiyle birlikte direnç antrenmanlarının önemi artmaktadır.

### **2.5.1. Geleneksel yöntem**

Geleneksel direnç antrenmanı veya hipertrofi antrenmanı, literatürde sıkça kullanılmasına rağmen, kesin bir tanımı olmayan kavramlardır. Santos vd., (2022) tarafından geleneksel direnç antrenmanı, ortalama olarak haftada  $3\pm 1$  kez uygulanan,  $3\pm 1$  setten ve set başına  $9\pm 6$  tekrar konsantrik-eksantrik kasılmadan oluşan, 1 Maksimum Tekrarın (1 M.T.)  $\%75\pm 20$  yükü ile tanımlanmıştır.

Geleneksel direnç antrenman programlarına uyum sağlayan bireylerde gözlemlenen egzersiz kaynaklı hipertrofinin büyük bir kısmı, sarkomer ve miyofibrillerdeki artışa bağlıdır (Tesch ve Larsson, 1982).

Dinamik direnç egzersizlerinin şiddeti, bireyin bir defada kaldırabildiği maksimum ağırlığın yüzdesi olarak sınıflandırılır. Sakatlık riski olmadan kuvvet artışını teşvik eden yükler, genellikle 1 M.T.'ın en az %60'ından optimal olarak %80'ine kadar olan aralıkta bulunur (Hakkinen vd., 1994; Fleck vd., 1997). Kas hipertrofisi hedeflendiğinde, genellikle 6-12 tekrarlar ve 1 M.T.'ın %70-85'i arasında bir yüklerle çalışılması önerilir (Clark vd., 2010; Bompa ve Haff, 2009; Hakkinen vd., 1994; Fleck vd., 1997).

Ulusal Kuvvet ve Kondisyon Birliği (NSCA), hipertrofi gelişimi için genellikle 1 M.T.'ın %67-85 arası bir yük, her set için 8-12 tekrar, bir egzersiz için 1-3 set ve setler arasında 60-90 saniye dinlenme süresi önermektedir (Clayton vd., 2015).

### **2.5.2. Ön tüketim yöntemi**

Ön tüketim manipülasyonu, kas kütlesi kazanmayı hedefleyen bireyler tarafından sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir. Bu yaklaşım, çok eklemli bir egzersizden önce, ilgili kas grubunu tükenene kadar çalıştıran tek eklemli bir egzersiz uygulamayı gerektirir (örneğin, göğüs itiş egzersizinden önce göğüs sıkıştırma). Jones'un (1970) hipotezine göre, çok eklemli egzersizler sırasında, birden fazla kas grubunun katılımı ve bu kaslardan en zayıf olanının erken yorulması, diğer kas gruplarında istenen uyarıyı sağlamadan egzersizin sonlanmasına yol açabilir.

Direnç antrenmanı, kas kuvveti, dayanıklılığı ve gücünü artırmak için tasarlanmış özel alıştırmalardan oluşur. Genellikle kuvvet veya ağırlık antrenmanı olarak bilinen direnç antrenmanları, kasın daha yoğun veya daha zorlu çalışmasını sağlayan her tür aktiviteyi içerir. Örneğin, cerrahi borular kullanılarak yapılan germe (stretching) hareketleri veya sağlık toplarıyla yapılan atışlar da direnç antrenmanlarına dahildir (Chu, 1996). Direnç antrenmanları izometrik (statik) veya izotonik (dinamik) olarak ikiye ayrılır. İzometrik antrenmanlar, genellikle aşılamayan dirençlere karşı uygulanır ve kas kasılması sırasında kas boyunda değişiklik olmaz, sadece tonusunda değişiklik meydana gelir (Fleck ve Kraemer, 1997). İzotonik antrenmanlar ise şu şekillerde sınıflandırılır: (i) sabit ağırlıklarla, (ii) değişken ağırlıklarla, (iii) izokinetik, (iv) eksantrik ve (v) plyometrik antrenmanlar. Sabit ağırlıklarla yapılan antrenmanlar, dambıl veya bar gibi serbest ağırlıklar kullanılarak gerçekleştirilir ve hareket boyunca momentum nedeniyle direnç değişir. En büyük ağırlık, hareketin en zayıf noktasında

kaldırılabilir ağırlıktır, bu da hareketin daha güçlü noktalarında yeterli direncin oluşturulamamasına neden olur. Bu zayıflığa karşılık olarak, hareketin tüm eklem açısı boyunca direncin artmasını sağlayan makinelerde yapılan değişken ağırlıklarla antrenman metodu geliştirilmiştir. İzokinetik antrenmanlar, belirlenmiş açısal hızda özel makinelerde yapılır ve bireyler, hareketin her açısında maksimum güçle direnç uyguladıkça fayda sağlarlar. Eksantrik antrenmanlar, negatif çalışmalar olarak da bilinir ve ağır yükler kullanıldığından kas ağrısına neden olabilir. Plyometrik antrenmanlar genellikle sıçrama hareketlerini içerir ve "Gerilme Kısalma Döngüsü"ne (Stretch Shortening Cycle) dayanır; diğer antrenman metodlarına göre daha yüksek sakatlık riski taşır (Fleck ve Kraemer, 1997).



### 3. YÖNTEM

#### 3.1. Katılımcılar

Çalışmada araştırma grubunu, ağırlık sporu ile uğraşan 10 erkek fitness sporcusu oluşturacaktır.

##### **Çalışmaya dâhil edilme kriterleri;**

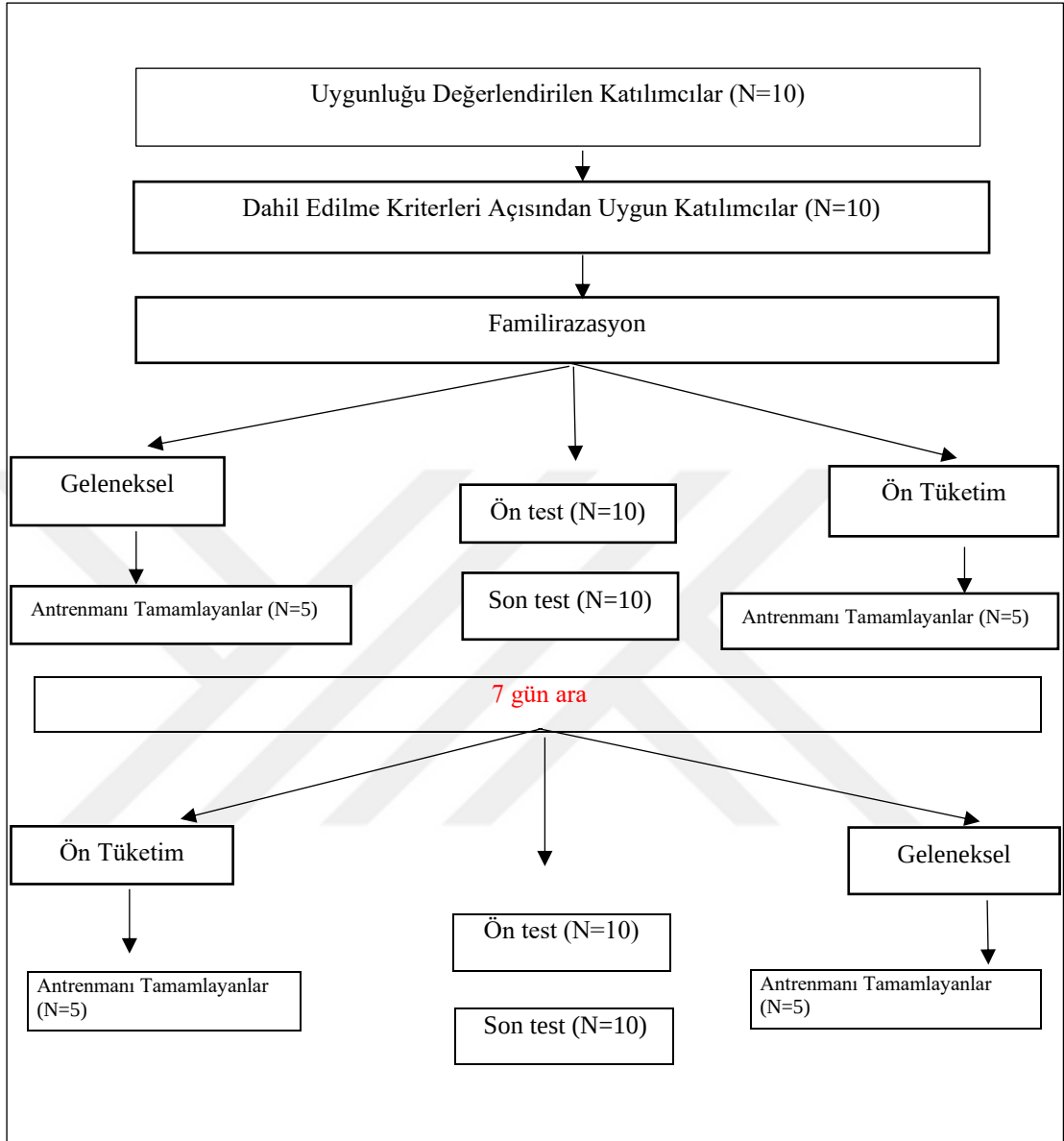
- Katılımcıların 18 – 22 yaş arası sporcu olmak,
- Ağırlık sporlarında en az 1 yıldır düzenli olarak yapıyor olmak,
- Herhangi bir kronik rahatsızlığa sahip olmamak,
- Düzenli ilaç kullanmamak ve tedavi görmemek, egzersizleri uygulamaya engel olacak fiziksel bir rahatsızlığı bulunmamak,
- Anabolik steroid veya ergojenik destek geçmişi olmamak.
- Alt ekstremiteye ilişkin operasyon gerektirecek bir yaralanma geçirmemiş olmaktır.

Araştırma süreci, araştırma kapsamında gelişebilecek olası riskler ve katılımcılardan beklentiler açıklandıktan sonra, katılımcılar için bilgilendirilmiş gönüllü olur formunun doldurulup, imzalanması istenmiştir. Araştırma, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Etik Komisyonu tarafından onaylanmıştır (tarih 16.04.2024, sayı 411705).

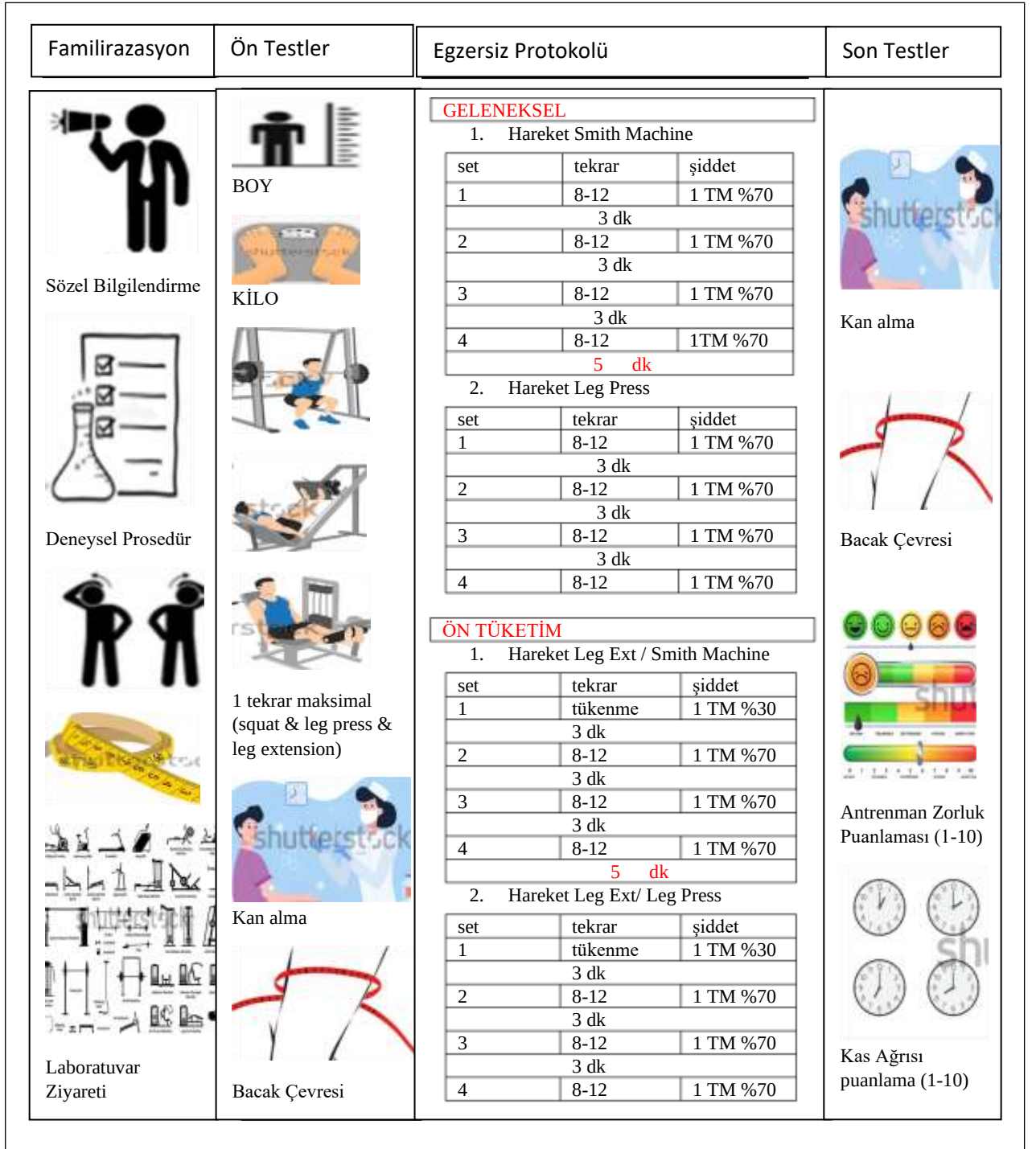
Araştırma süreci boyunca katılımcılara, herhangi bir takviye ürünü kullanmamaları, günlük fiziksel aktivite seviyelerini korumaları, araştırma dışında yoğun direnç antrenmanlarına katılmamaları ve beslenme alışkanlıklarında önemli değişiklikler yapmamaları yönünde talimat verilmiştir. Araştırmacılar, katılımcıların diyet düzenine herhangi bir müdahalede bulunmamışlardır. 10 katılımcı, rastgele olarak geleneksel hipertrofi antrenmanı grubuna veya ön tüketim antrenmanı grubuna atanmıştır ve bu iki gruptan birine dahil edilmişlerdir. 1 hafta sonra gruplar yer değiştirmişlerdir.

### 3.2. Araştırma Dizaynı

Bu araştırma insanlardan veri toplamayı gerektiren deneysel bir çalışmadır. Çalışmadaki veri toplama süreci iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Tüm katılımcılara çalışmaya başlamadan önce lmlerde yapılacak işlemler gösterilmiştir. Sporculardan, araştırmanın ilk gününde sırayla squat machine, leg press, leg ekstansiyon, aletlerinde 1 TM alınmıştır. Sporculara 48 saat dinlenme süresi tanınmıştır. Sporcular iki gruba ayrılıp geleneksel antrenman modeli ve n tüketim antrenman modeli çapraz olarak 7 gün arayla uygulanmıştır. İki gruba ayrılan sporcular ilk olarak bacak çapı ardından antropometrik ölçümleri yapılmıştır ve n test kan alma işlemi uzman personel tarafından tüm sporculara aynı gün ve saatte yapılmıştır. Daha sonra geleneksel antrenman modeli olan grup squat machine aletinde hesaplanan maksimallerinin %70' i hesaplanarak 4 set 8-12 tekrar yapmaları sağlanmıştır. Setler arası dinlenme 3 dakika, hareket geçişlerinde dinlenme 5 dakika olmuştur. Daha sonra ikinci hareket olan leg press için yine alınmış olan maksimalin %70'i hesaplanarak 4 set 8-12 tekrar yapılması sağlanmıştır. Diğer n tüketim antrenman modeli grup için ilk olarak alınmış olan leg ekstansiyon maksimalinin %30'u hesaplanarak bir set tükenene kadar hareketi yapması istenmiştir. Kalan 3 set squat machine aletinde alınan maksimallerin %70'i hesaplanarak 8-12 tekrar yapılması sağlanmıştır. Setler arası dinlenme 3 dakika, hareket geçişlerinde 5 dakika olmuştur. Diğer harekete geçmeden yine leg ekstansiyon hareketinin maksimalinin %30'u ile tükenene kadar yapılması istenmiştir. Kalan 3 set leg press hareketinin maksimalinin %70'i ile 8-12 tekrar yapılması sağlanmıştır. Antrenman bittikten sonra antrenmanın zorluğu puanlanmıştır, tekrar bacak çapı ölçümü alınmıştır ve son olarak kan örnekleri, uzman personel tarafından egzersizden hemen sonra tüm katılımcılardan aynı gün aynı saatte alınmıştır. Kan numuneleri sarı kapaklı, jelli, vakumlu tüplerle gerçekleştirilmiştir. Antrenmandan önce (4cc), antrenmandan sonra (4cc) olmak üzere 2 kez yapılmıştır. Numuneler -40 derecede muhafaza edilmiştir ve total testosterona bakılmıştır. Antrenmandan 8 saat, 24 saat, 48 saat, 72 saat sonra algılanan kas ağrıları 1 ile 10 puan arasında puanlamaları istenmiştir. İlk denemeden 7 gün geçtikten sonra gruplar yer değiştirerek geleneksel antrenman modeli ve n tüketim antrenman modeli aynı şekilde uygulanmıştır. İlk ölçümdeki yollar ikinci ölçümde de aynı şekilde uygulanmıştır.



**Şekil 3.1.** Araştırmaya İlişkin Akış Şeması



**Şekil 3.2.** Araştırmaya İlişkin Akış Şeması

### **3.3. Antrenman Protokolü**

Antrenman programı, ikinci haftadan başlayarak üçüncü haftaya kadar sürmüştür. Kuadriseps femoris kas grubunun hipertrofisi ve total testosteron seviyesi hedeflendiğinden, leg press, leg ekstensiyon ve squat machine egzersizleri tercih edilmiştir. Egzersizlerin uygulanma sırası, zorluk derecesine göre önce squat machine sonra leg press ve ardından leg ekstensiyon şeklinde düzenlenmiştir. Geleneksel hipertrofi setleri, 8 ile 12 tekrar aralığında gerçekleştirilmiş ve katılımcılar, minimum 8 tekrarı tamamlayabilmeleri için teşvik edilmiştir. Ön tüketim grubundaki katılımcılar, her tükenme setinde sözlü olarak desteklenmiştir. Tükenme, katılımcının hareketin konsantrik fazını doğru bir şekilde tamamlayamadığı nokta olarak tanımlanmıştır. Katılımcılar, konsantrik kasılmayı doğru bir şekilde gerçekleştiremedikleri takdirde, egzersize devam etmelerine izin verilmemiştir. Tükenme setleri, tek eklemlili hareket olan leg ekstansiyon egzersizi ile uygulanmıştır. Her bir katılımcının, tüm antrenman seansları boyunca yük takibi yapılmıştır.

Her antrenman oturumu, düşük yoğunluklu bisiklet ergometresi kullanılarak yapılan ısınma ve ardından uygulanan dinamik germe hareketleri ile başlamış ve bu bölüm toplam 10 dakika sürmüştür. Ayrıca, katılımcılar her bir egzersiz setine başlamadan önce, %30 şiddetinde 8 ila 10 tekrarlık bir ısınma seti gerçekleştirmişlerdir. Antrenmanların sonunda, katılımcılara 10 dakika süren statik germe egzersizleri ve düşük tempolu yürüyüş yaptırılmıştır.

#### **3.3.1. Geleneksel hipertrofi antrenmanı protokolü**

Geleneksel hipertrofi antrenman protokolü, her bir egzersiz için 4 set ve her sette 8 ila 12 tekrar olacak şekilde düzenlenmiştir. Antrenman şiddeti, bir tekrar maksimumunun (1 TM) %70 olarak belirlenmiştir. İlk olarak Smith machine aletinde squat egzersizini 8 ile 12 tekrar aralığında tamamlamışlardır. 5 dakikalık dinlenme sonrasında leg press egzersizini 8 ile 12 tekrar aralığında tamamlamışlardır. Setler arasındaki dinlenme süresi 3 dakika, farklı egzersizler arasındaki geçiş süresi ise 5 dakika olarak uygulanmıştır. Toplamda 8 setten oluşan bir antrenman seansı gerçekleştirilmiştir. Hareket temposu, 1 saniye konsantrik, 0 saniye bekleme ve 2 saniye eksantrik faz olacak şekilde 1:0:2 olarak ayarlanmıştır.

### **3.3.2. Ön tüketim protokolü**

Ön tüketim grubunda, squat egzersizine başlamadan evvel, leg ekstansiyonunda 1 tekrar maksimumunun (1 TM) %30 tükenme noktasına ulaşana kadar 1 set tamamlamış ve 3 dakika dinlenmişlerdir. Dinlenme süresinin ardından, katılımcılar 3 set squat egzersizini, 1 TM'nin %70 inde 8 ile 12 tekrar aralığında uygulamışlardır. 5 dakikalık bir dinlenme süresinin sonrasında, leg ekstansiyon egzersizinin ilk setini yine 1 TM'nin %30 unda tükenme noktasına kadar gerçekleştirmiş ve sonrasında leg press egzersizini, kalan 3 seti 1 TM'nin %70 i ile 8 ile 12 tekrar aralığında tamamlamışlardır. Bu gruptaki katılımcılar için, 2 set ön tüketim ve 6 set geleneksel hipertrofi olmak üzere, toplam 8 setten oluşan bir antrenman programı uygulanmıştır. Hareket temposu, 1 saniye konsantrik, 0 saniye bekleme ve 2 saniye eksantrik faz olacak şekilde 1:0:2 olarak belirlenmiştir.

### **3.4. Direnç Egzersizleri**

#### **3.4.1. Leg press**

Leg press egzersizi sırasında, diz ekleminde 90 derecelik fleksiyon açısının elde edilmesi gerekmektedir. Bu açı, eksantrik fazda sağlanmalı ve konsantrik fazda tam ekstansiyon yapılırken dizin kilitlememesi ve içe bükülmemesi önemlidir. Katılımcılar, 90 derece diz açısını elde etmek için makinede boş ağırlık kullanarak eksantrik fazı gerçekleştirmiş ve gonyometre ile bu açı gösterilmiştir. Egzersiz uygulanırken, ayak tabanının tamamının zemine temas etmesi ve kalçanın oturulan yüzeyden ayrılmaması gerektiği vurgulanmıştır. Kuadriseps kas grubunun gelişimini hedefleyen ayak yerleştirme, omuz genişliğinde ve alçak bir konumda olacak şekilde ayarlanmıştır. Ayak tabanının zemine doğru yerleştirilmesi için 25x25 santimetrelilik bir alan belirlenmiş ve topuk kısmının zeminden taşmaması, ancak zeminle aynı hizada olması sağlanmıştır. Hareketin konsantrik fazı 1 saniye, eksantrik fazı ise 2 saniye sürecek şekilde (1:0:2 oranında) uygulanmıştır.



Şekil 3.4.1. Leg press egzersizi

### 3.4.2. Leg ekstansiyon

Leg ekstansiyon egzersizinin uygulanışında, katılımcıların ayaklarını ped üzerinde omuz genişliğine uygun bir şekilde ve tibianın bitim noktasına denk gelecek biçimde konumlandırmaları istenmiştir. Kalçanın egzersiz platformuyla sürekli temas halinde olması, konsantrik fazda tam ekstansiyonun gerçekleştirilmesi ve ayakların düz tutulması gerektiği vurgulanmıştır. Egzersizin kontrollü bir biçimde yapılabilmesi için katılımcılara özel uyarılarda bulunulmuş ve hareket temposu, konsantrik fazda 1 saniye, eksantrik fazda 2 saniye (1:0:2 oranında) olacak şekilde ayarlanmıştır.



Şekil 3.4.2. Leg ekstansiyon egzersizi

### 3.4.3. Smith-Squat machine

Smith Machine Squat, alt vücut kas kütlesi ve gücünü artırmak amacıyla gerçekleştirilen çok eklemlili bir bileşik egzersizdir. Bu egzersiz, özellikle diz fleksiyonu, ayak bileği fleksiyonu ve kalça hareketi gibi mekanikler içerir. Bu test sırasında, topukların yere tam teması ve sırtın dik pozisyonu korunarak, aşağı çömelme ve başlangıç pozisyonuna dönüş hareketleri yapılmıştır (Beachle ve Earle, 2000). Katılımcı, Smith Machine barını omuzlarının üzerine yerleştirir. Ayaklarını omuz genişliğinde açarak, dengeli bir duruş pozisyonu alır. Kalçalarını geriye doğru iterek ve dizlerini bükerek, vücudu kontrollü bir şekilde aşağı indirir. Dizlerin ayak parmaklarının önüne geçmemesine dikkat edilir. En alt noktada kısa bir süre bekledikten sonra, katılımcı bacaklarını kullanarak yukarı doğru ittirir ve başlangıç pozisyonuna döner. Hareketin her iki fazında da (konsantrik ve eksantrik) kontrol sağlanmalıdır. Smith Machine Squat, barın sabit bir ray üzerinde dikey olarak hareket etmesi nedeniyle, serbest ağırlık squatına göre daha fazla stabilite ve güvenlik sunar.

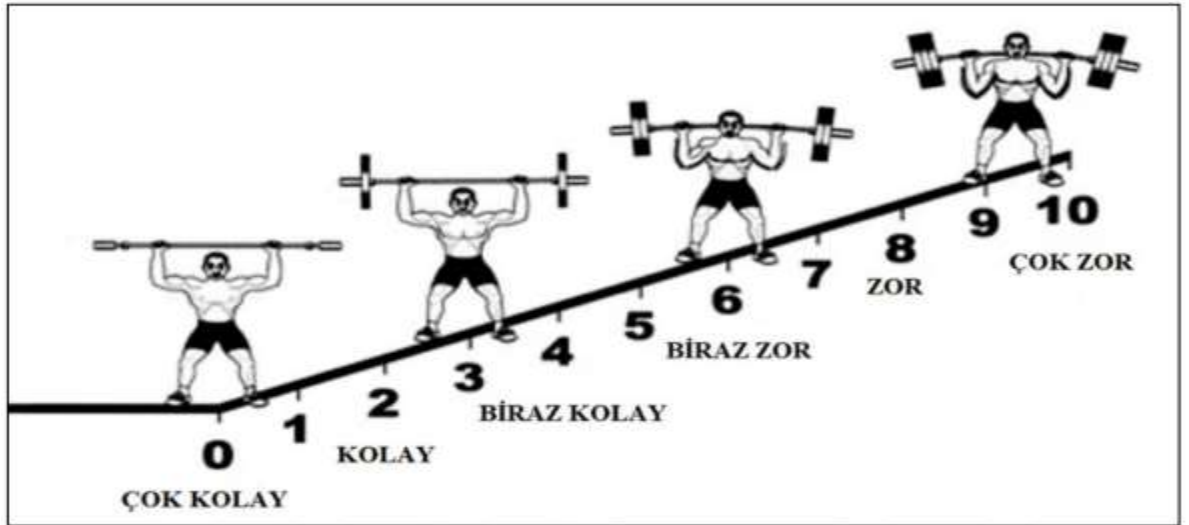


Şekil 3.4.3. Smith- Squat machine egzersizi

### 3.5. Veri Toplama Araçları

#### 3.5.1. Algılanan zorluk skalası (AZS)

Antrenman şiddetinin izlenmesi amacıyla, özellikle direnç antrenmanlarının yoğunluğunun belirlenmesinde Robertson ve arkadaşları tarafından oluşturulan “OMNI-RES” algılanan zorluk ölçeği kullanılmaktadır. Bu ölçekte, katılımcılardan gerçekleştirdikleri egzersizin ne derece meşakkatli olduğunu değerlendirmeleri istenir. Ölçek, 0’dan 10’a kadar sayısal değerler ve bu değerlere karşılık gelen görseller içermekte olup, 0 rahatlık durumunu, 10 ise katılımcının tecrübe edebileceği en üst düzey zorluk anlamına gelmektedir. Kullanılan ölçeğin tüm katılımcılara detaylı bir şekilde açıklanması sağlanmıştır. Ölçekteki ifadeler Türkçe’ye çevrilerek yazılı materyal olarak sunulmuştur. Her antrenman seansının sonunda, soğuma evresine geçilmeden önce, katılımcılara “az önce gerçekleştirdiğiniz iki egzersiz ne kadar zorlayıcıydı?” diye sorulmuş ve onlardan ölçek üzerinden bir değer belirtmeleri talep edilmiştir. Bu değerler kaydedilerek analiz için saklanmıştır.



Şekil 3.5.1. OMNI-RES algılanan zorluk skalası

#### 3.5.2. Vücut ağırlığı

Katılımcıların vücut ağırlıkları, Altus 808 marka yüksek hassasiyetli dijital terazi kullanılarak ölçülmüştür. Bu terazinin maksimum ölçüm kapasitesi 150 kg ve hassasiyeti 0,1 kg’dır. Katılımcılara, ölçüm sırasında yalnızca şort giymeleri ve teraziye çıplak ayakla basmaları gerektiği bildirilmiştir. Elde edilen ölçüm değerleri kaydedilmiştir.

### **3.5.3. Boy uzunluğu**

Boy uzunluğu ölçümü için, 207 cm maksimum ölçüm kapasitesine ve 1 mm hassasiyetine sahip Seka marka bir boy ölçer kullanılmıştır. Ölçüm işlemi, katılımcıların anatomik pozisyonda ve dik bir duruş sergileyerek ayak tabanlarından vertex noktasına kadar olan mesafeyi ölçmek suretiyle gerçekleştirilmiştir.

### **3.5.4. Leg press 1 tekrar maksimal testi**

Test sırasında kullanılan Jimsa marka makine, makaralı bir sistemle üretilmiştir. Makinenin maksimum ağırlık kapasitesi 113 kg'dır ve ek ağırlıklar, ağırlık ayar demirine plakalar eklenerek sağlanmıştır. Test, Ulusal Kuvvet ve Kondisyon Birliği (NSCA) protokolüne uygun olarak gerçekleştirilmiştir. 1 tekrar maksimal testi, katılımcılara öncelikle 5 dakikalık bisiklet ergometresi ile hafif yoğunlukta ısınma yaptırılarak başlamıştır. Isınma sonrasında, katılımcıların vücut ağırlıkları ile 10 tam squat tekrarı yapmaları sağlanmıştır. Daha sonra, leg press makinesinde ağırlıksız 10 tekrarlık bir ısınma seti uygulanmıştır. Platforma yaklaşık %50 yoğunlukta ağırlık eklenerek 3-5 tekrar arasında bir set gerçekleştirilmiş ve ardından 2 dakika dinlenme süresi tanınmıştır. Tahmini maksimuma yakın bir ağırlık yüklendikten sonra, katılımcıdan 2-3 tekrar yapması istenmiş ve 2-4 dakika arası bir dinlenme süresi verilmiştir. Katılımcının tahmini maksimum ağırlığı kaldırabileceği düşünülerek bu ağırlık platforma yüklenmiş ve katılımcıdan 1 tekrar yapması talep edilmiştir. Eğer katılımcı hareketi teknik olarak doğru bir şekilde icra edemediyse, platformdaki ağırlık 5-10 kg azaltılmış ve 2-4 dakikalık bir dinlenme süresinin ardından yeni bir deneme yapılmıştır. Katılımcı hareketi doğru formda tamamlayabildiğinde, 2-4 dakikalık bir dinlenme süresi verilmiş ve ağırlık 15-20 kg artırılarak testin tekrarlanması istenmiştir. Katılımcının teknik olarak doğru bir şekilde icra edemediği noktaya kadar ağırlık artırılarak denemeler sürdürülmüştür. Doğru formda kaldırılan son ağırlık, 1 tekrar maksimal değeri olarak kayıt altına alınmıştır.

### **3.5.5. Leg ekstansiyon tahmini 1 tekrar maksimal testi**

Leg ekstansiyon egzersizi, izole ve tek eklemlidir. Bir hareket olduğundan, 1 tekrar maksimum (1 TM) değeri tahmini olarak hesaplanmıştır. Tek eklemlidir, özellikle deneyimsiz bireylerde yüksek ağırlıklarla yapılan 1 tekrar maksimum

protokolü sakatlık riskini artırabileceği için, 5 tekrar maksimum testi tercih edilmiştir (Clayton vd., 2015). Test sırasında kullanılan Plamax marka makine, makaralı bir sistemle üretilmiştir ve bu nedenle 5 tekrar maksimum değerleri yüksek ağırlıklarla uygulanmıştır. Makinenin maksimum ağırlık kapasitesi 113 kg'dır ve ek ağırlıklar, ağırlık ayar demirine plakalar eklenerek sağlanmıştır. Test, Amerikan Spor Hekimliği Koleji (ACSM) protokolüne uygun olarak uygulanmıştır. Katılımcılara önce vücut ağırlıklarıyla 10 tam squat yaptırılmış, ardından 2 dakika dinlenme süresi verilmiş ve leg ekstansiyon makinesinde hafif bir ağırlıkla 10 tekrar gerçekleştirilmiştir. İki dakikalık bir dinlenme süresinin ardından, tahmini maksimuma yakın bir ağırlıkla 5 tekrar yapmaları istenmiş ve 3-5 dakika dinlenme süresi tanınmıştır. Ağırlık, katılımcının doğru formda 5 tekrar yapamayacağı seviyeye ulaşana kadar %10-20 oranında artırılarak test devam ettirilmiştir. Doğru formda yapılan son 5 tekrar maksimum, 1 tekrar maksimum değerini tahmin etmek için kaydedilmiştir. Tahmini 1 tekrar maksimal değerinin belirlenmesinde Brzycki formülü kullanılmıştır (Varovic ve diğerleri, 2021).  $Kaldırılan\ Ağırlık / (1.0278 - 0.0278X) X$ , tekrar sayısını ifade eder.

### **3.5.6. Squat machine 1 tekrar maksimal testi**

Katılımcılar, önceden belirlenen maksimum kaldırma kapasitelerinin %40 ile 60 arasında bir ağırlıkla 5 ila 10 tekrarlık hafif bir ısınma seansı uygulamışlardır. Bu ısınma seansının ardından 1 dakikalık dinlenme süresi ve ardından germe egzersizleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, katılımcılara maksimum kaldırma kapasitelerinin %60 ile 80 arasında bir ağırlıkla 3 ila 5 tekrar yaptırılmıştır. İlerleyen aşamada, katılımcıların 1 tekrar maksimum (1-TM) değerlerine yaklaşmaları hedeflenmiş ve bu amaçla küçük ağırlık artışlarıyla 1-TM denemeleri yapılmıştır. Her başarılı kaldırışın ardından 3 ila 5 dakika arasında bir dinlenme süresi verilmiştir. Uygulama sürecinde, 3 ila 5 deneme içerisinde 1-TM değerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu süreç, katılımcıların deneme başarısızlığı yaşayana kadar devam etmiştir. Başarıyla tamamlanan en yüksek ağırlık, 1-TM olarak kayıt altına alınmıştır.

#### 4. BULGULAR

**Çizelge 4.1.** Bireylere ait tanıtıcı istatistikler

|        |            | İstatistikler |
|--------|------------|---------------|
| Yaş    |            | 20,4±1,43     |
| Boy    |            | 175,3±5,5     |
| Kilo   |            | 73,8±8,89     |
| Grup   | Ön tüketim | 10 (%50)      |
|        | Geleneksel | 10 (%50)      |
| Toplam |            | 20 (%100)     |

Çizelge 4.1'e göre araştırmaya toplam 20 birey katılmış olup yaş ortalamaları 20'dir. Bireylerin boy ortalamaları 175,3 ve kilo ortalamaları 73,8'dir. Çalışma iki grup üzerinde incelenmiş olup grupların dağılımları şu şekildedir; Ön tüketim %50 (10 kişi) ve Geleneksel %50 (10 kişi)'dir.

**Çizelge 4.2.** Gruplararası Total Testosteronun egzersiz öncesi ve sonrasına göre karşılaştırılması

|                                  | Grup                                |                           | Test İstatistikleri <sup>†</sup>                                                          |           |           |
|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
|                                  | Ön tüketim<br><i>n=10</i>           | Geleneksel<br><i>n=10</i> | <i>F</i>                                                                                  | <i>p</i>  | $\eta^2$  |
| <b>Total Testosteron</b>         |                                     |                           |                                                                                           |           |           |
| Egzersiz Öncesi                  | 586,77±153,01                       | 505,4±195,15              | 1,07<br>7                                                                                 | 0,31<br>3 | 0,05<br>6 |
| Egzersiz Sonrası                 | 644,36±170,16                       | 558,09±165,49             | 1,32<br>1                                                                                 | 0,26<br>5 | 0,06<br>8 |
| Test İstatistikleri <sup>‡</sup> | F=2,810; p=0,111;<br>$\eta^2=0,135$ |                           | F=2,351; p=0,143;<br>$\eta^2=0,116$<br><i>F=1,325; p=0,265; <math>\eta^2=0,069</math></i> |           |           |

*F*: Mixed Desing ANOVA, Etki Büyüklüğü ( $\eta^2$ ), <sup>†</sup>Gruplar içi karşılaştırma, <sup>‡</sup>Gruplar arası karşılaştırma Tanıtıcı istatistikler *ortalama ± standart sapma* olarak verildi. Koyu olarak belirlenen bölümler istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0,05). Harflendirme <sup>a, b, c</sup> sütun bazlı yapılmıştır. Aynı harfler arasında farklılık yoktur.

Çalışma grupları ile Total Testosteronun ortak etkisi incelemiştir. Total Testosteron için grup zaman etkileşimi istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespi edilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Gruplararası Bacak Çevresinin egzersiz öncesi ve sonrasına göre karşılaştırılması

|                       | Grup                                                           |                                                                | Test İstatistikleri † |          |          |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------|----------|----------|
|                       | Ön tüketim<br><i>n=10</i>                                      | Geleneksel<br><i>n=10</i>                                      | <i>F</i>              | <i>p</i> | $\eta^2$ |
| <b>Bacak Çevresi</b>  |                                                                |                                                                |                       |          |          |
| Egzersiz Öncesi       | 58,5±5,28                                                      | 59,05±5,04                                                     | 0,057                 | 0,814    | 0,003    |
| Egzersiz Sonrası      | 61±5,16                                                        | 61,4±4,99                                                      | 0,031                 | 0,862    | 0,002    |
| Test İstatistikleri ‡ | <b>F=131,965;</b><br><b>p=0,001; <math>\eta^2=0,880</math></b> | <b>F=116,604;</b><br><b>p=0,001; <math>\eta^2=0,866</math></b> |                       |          |          |
|                       | <b>F=2762,580; p=0,001; <math>\eta^2=0,994</math></b>          |                                                                |                       |          |          |

*F*: Mixed Desing ANOVA, Etki Büyüklüğü ( $\eta^2$ ), †Gruplar içi karşılaştırma, ‡Gruplar arası karşılaştırma Tanıtıcı istatistikler ortalama  $\pm$  standart sapma olarak verildi. Koyu olarak belirlenen bölümler istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,05$ ). Harflendirme <sup>a, b, c</sup> sütun bazlı yapılmıştır. Aynı harfler arasında farklılık yoktur.

Çalışma grupları ile Bacak Çevresinin ortak etkisi incelemiştir. Bacak Çevresi için grup zaman etkileşimi istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,05$ ). Ön tüketim grubunda ölçüm zamanlarına göre fark istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,05$ ). Egzersiz öncesi Bacak Çevresi daha düşük iken uygulama sonrasında daha yüksek ortalamaya sahiptir. Geleneksel grubunda ölçüm zamanlarına göre fark istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,05$ ). Egzersiz öncesi Bacak Çevresi daha düşük iken uygulama sonrasında daha yüksek ortalamaya sahiptir.

**Çizelge 4.4.** Gruplararası Algılanan Zorluk Derecesinin egzersiz öncesi ve sonrasına göre karşılaştırılması

|                                  | Grup                                                          |                                                               | Test İstatistikleri † |          |          |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------|----------|----------|
|                                  | Ön tüketim<br><i>n=10</i>                                     | Geleneksel<br><i>n=10</i>                                     | <i>F</i>              | <i>p</i> | $\eta^2$ |
| <b>Algılanan Zorluk Derecesi</b> |                                                               |                                                               |                       |          |          |
| Egzersiz Sırasında               | 14,2±5,35 <sup>a</sup>                                        | 12,7±4,27 <sup>a</sup>                                        | 0,480                 | 0,497    | 0,026    |
| 8 saat sonra                     | 7,9±5,88 <sup>b</sup>                                         | 7,9±5,4 <sup>b</sup>                                          | 0,001                 | 0,999    | 0,001    |
| 24 saat sonra                    | 5±3,46 <sup>c</sup>                                           | 7,7±6,04 <sup>b</sup>                                         | 1,504                 | 0,236    | 0,077    |
| 48 saat sonra                    | 3,7±4,83 <sup>c</sup>                                         | 4,4±5,68 <sup>c</sup>                                         | 0,088                 | 0,770    | 0,005    |
| 72 saat sonra                    | 2±2,83 <sup>c</sup>                                           | 2,2±1,48 <sup>c</sup>                                         | 0,039                 | 0,845    | 0,002    |
| Test İstatistikleri ‡            | <b>F=18,379;</b><br><b>p=0,001; <math>\eta^2=0,831</math></b> | <b>F=12,903;</b><br><b>p=0,001; <math>\eta^2=0,775</math></b> |                       |          |          |
|                                  | <b>F=68,835; p=0,001; <math>\eta^2=0,793</math></b>           |                                                               |                       |          |          |

*F*: Mixed Desing ANOVA, Etki Büyüklüğü ( $\eta^2$ ), †Gruplar içi karşılaştırma, ‡Gruplar arası karşılaştırma Tanıtıcı istatistikler ortalama  $\pm$  standart sapma olarak verildi. Koyu olarak belirlenen bölümler istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,05$ ). Harflendirme <sup>a, b, c</sup> sütun bazlı yapılmıştır. Aynı harfler arasında farklılık yoktur.

Çalışma grupları ile Algılanan Zorluk Derecesinin ortak etkisi incelemiştir. Algılanan Zorluk Derecesi için grup zaman etkileşimi istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,05$ ). Ön tüketim grubunda ölçüm zamanlarına göre fark istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,05$ ). Egzersiz sırası ile diğer tüm gruplar arasında fark vardır. Egzersiz sırasında Algılanan

Zorluk Derecesi en yüksek ortalama sahiptir. Egzersizden 8 saat sonra ise diğ er tüm gruplar arasında fark vardır. İkinci en yüksek ortalama sahiptir. Egzersiz sonrası 24, 48 ve 72. saatlerde yapılan  l   mler arasında ise fark yoktur ve en d    k Algılanan Zorluk Derecesi ortalamasına sahiptirler. Geleneksel grubunda  l   m zamanlarına göre fark istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,05$ ). Egzersiz sırası ile diğ er tüm gruplar arasında fark vardır. Egzersiz sırasında Algılanan Zorluk Derecesi en yüksek ortalama sahiptir. Egzersizden sonrası 8 ve 24 saatlerde yapılan  l   mler arasında ise fark yoktur ve diğ er tüm gruplarla aralarında fark vardır. İkinci en yüksek ortalama sahiptirler. Egzersiz sonrası 48 ve 72. saatlerde yapılan  l   mler arasında ise fark yoktur ve en d    k Algılanan Zorluk Derecesi ortalamasına sahiptirler.

#### **4.1. İSTATİSTİKSEL YÖNTEM**

Veriler IBM SPSS Statistics Standard Concurrent User V 26 (IBM Corp., Armonk, New York, ABD) istatistik paket programında değ erlendirilmi tir. Tanımlayıcı istatistikler birim sayısı ( $n$ ), yüzde (%), ortalama  $\pm$  standart sapma değ erleri olarak verilmiştir.  l   m zamanlarına göre grupların kar ıla tırılmasında Karışık Düzen ANOVA analizi kullanılmıştır. Karışık Düzen ANOVA analizlerinde ana etkilerin kar ıla tırılmasında Bonferroni düzeltmesi uygulanmıştır.  $p<0.05$  değ eri istatistiksel olarak önemli kabul edilmiştir.

## 5. TARTIŞMA

Bu araştırmada ön tüketim ve geleneksel antrenman uygulamalarının antrenman hacminin eşitlendiği durumda, kas hipertrofisi üzerine anabolik etkisini kıyaslamak amaçlanmıştır. Ön tüketim antrenmanının ve geleneksel hipertrofi antrenmanının kas hipertrofisini ve total testosteron seviyesini artırabileceği hipotezlenmiştir.

### 5.1. Kas Hipertrofisine Etkisi

Performansın artırılması amacıyla yapılan antrenmanlar, vücudun adaptasyon yeteneğini zorlar. Bu süreçte, endokrin sistemdeki değişiklikler, direnç egzersizlerinin kaslar üzerindeki adaptasyon etkisini ve ağırlık antrenman reçetelerinin hormon seviyelerini nasıl değiştirdiğini gösterir. İnsan iskelet kası büyümesi ve protein yapımı, fibril tipleriyle ilişkilidir ve bu, egzersiz biliminde önemli bir araştırma konusudur (Fleck vd., 1988; Kraemer vd., 1988; Fry vd., 1997).

Araştırmalar, ön tüketim ve geleneksel hipertrofi antrenmanlarının, toplam antrenman hacmi eşitlendiğinde benzer hipertrofik gelişim sağladığını göstermektedir. Direnç egzersizleri, kas gücü ve dayanıklılığını artırmak için önerilmekte ve bu egzersizler özel bir çalışma biçimi olarak tanımlanmaktadır (Kraemer vd., 1998).

Direnç egzersizleri sırasında, kas kuvvetinde maksimum artış sağlamak için az tekrarlı ve yüksek şiddetle uygulanan egzersizler, kassal dayanıklılığı en iyi şekilde geliştirmek için ise düşük şiddetle çok tekrarlı egzersizler önerilmektedir (Dwyer ve Davis, 2005). Yaşın ilerlemesiyle birlikte direnç antrenmanlarının önemi artmaktadır.

Direnç antrenmanı sırasında iskelet kas dokusu, glikojen aracılığıyla glikoz oluşumunu sağlar ve serbest aminoasit ve protein deposu olarak görev yapar (Sheffield-Moore ve Urban, 2004). Direnç antrenmanı, hipotalamik salgı eksenini ve sempatik sinir sistemini aktive eder ve kasın artan enerji ihtiyacını karşılamak için gerekli metabolik maddelerin tedarik edilmesini sağlayarak nöro-endokrin tepkileri başlatır (Leal-Cerro, 2003). Böylece katabolik ve anabolik hormonlar, direnç egzersizi sırasında insan kasının anahtar düzenleyicileri haline gelirler (Kraemer vd., 1990; Consitt vd., 2002).

Direnç antrenmanları, kuvvet ve gücü artırırken, kas protein sentezini ve hipertrofisini de artırır (Ormsbee vd., 2012). Antrenman sırasında veya sonrasında hormonların kan konsantrasyonlarında meydana gelen değişiklikler, antrenman süresine bağlı olarak ortaya çıkabilir. Antrenmana karşı verilen hormonal yanıtların bilinmesi, vücut fonksiyonlarındaki değişiklikleri anlamak için zorunludur (Gökbel ve Dölek, 1998).

Geleneksel direnç antrenmanlarında, ilk birkaç hafta içerisindeki kas kuvvet artışı nöral adaptasyonlar yoluyla sağlanır ve kas hipertrofisi daha sonraki haftalarda oluşur. Kuvvet artışı parametrelerinden birinin geleneksel direnç antrenmanı gruplarında daha yüksek olduğunu bulmuştur. (Karabulut vd., 2010; Karabulut vd., 2011).

Direnç antrenmanlarının, kas kuvveti, güç, hipertrofi ve dayanıklılık gibi fizyolojik adaptasyonlar üzerindeki akut ve kronik etkileri, bu tür antrenmanların önemini vurgulamaktadır (Kraemer ve Ratamess, 2000). Direnç egzersizlerinin akut hormonal yanıtları kadar, doku gelişimi ve değişimi için kronik dinlenme hormon konsantrasyonlarına göre verilen yanıtlar da kritik öneme sahiptir (Kraemer ve Ratamess, 2005). Doğru direnç antrenmanı ve akut program değişkenleri, optimal bir hormonal yanıt sağlamak için önemlidir (Kraemer ve Ratamess, 2003). Antrenman seçimi gibi akut program değişkenleri, bu hormonal yanıtlarda farklılıklar gösterebilir.

Fisher vd., (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, ön tüketim yönteminin geleneksel yöntemle göre hipertrofi kazanımı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırmacılar, 12 haftalık bir antrenman programı sonucunda, vücut kitlesi, yağsız vücut kitlesi ve yağ kitlesi parametreleri açısından gruplar arasında istatistiksel bir farklılık olmadığını bildirmişlerdir. Ancak, hipertrofiyi değerlendirmek için belirli bir kas grubunu veya bölgesini incelemek yerine, hava değişim plesitimografisi ile vücut kompozisyonu değerlendirmesi yapılmıştır. Geleneksel grubun total antrenman hacimlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür, bu da ön tüketim setinden sonra yeterli dinlenme süresi tanınmaması nedeniyle sonraki antrenmanda tekrar sayısının azalmasına neden olmuş olabilir.

Trindade vd., (2019) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise, ön tüketim yönteminin kuadriceps kas hipertrofisine etkisi incelenmiştir. Araştırmacılar, 9 haftalık bir antrenman programı sonucunda, ön tüketim grubu ile geleneksel hipertrofi grubunun hipertrofik gelişim seviyelerinin benzer olduğunu göstermişlerdir. Ancak, gruplar

arasında antrenman hacmi eşitlenmemiş ve geleneksel yöntem ile antrenman yapan grubun total antrenman hacminin ön tüketim grubundan daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca, ön tüketim setinin ortalama tekrar sayısının düşük olduğu ve leg press egzersizindeki toplam hacmin ön tüketim grubunda daha düşük olduğu belirtilmiştir. Bu durumun sebebi, tükenme seti sonrasında verilen çok kısa dinlenme süresi olabilir. Araştırmamızda, ön tüketimin, total hacmi düşürmesini engellemek adına tüketim seti sonrası 3 dakika dinlenme süresi tanınmıştır.

Trinidad vd., (2019) tarafından yapılan çalışmada, ön tüketim ve geleneksel antrenman gruplarının kas kuvveti gelişimi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı belirtilmiştir. Ön tüketim grubunda leg press ve leg ekstansiyon 1 TM değerlerindeki artış, geleneksel gruba göre daha yüksek olmasına rağmen, bu fark anlamlı değil. Bu sonuçlar, antrenman protokollerindeki farklılıklardan kaynaklanıyor olabilir.

Bu çalışmalar, direnç antrenmanlarının kas gelişimi üzerindeki etkilerini ve ön tüketim yönteminin potansiyel faydalarını ortaya koymaktadır. Ancak, bu sonuçların antrenman hacmi, dinlenme süreleri ve egzersiz sıralaması gibi faktörlerle ilişkili olduğu da göz önünde bulundurulmalıdır. Bu tür çalışmalar, direnç antrenmanlarının planlanması ve uygulanması konusunda önemli bilgiler sağlamaktadır.

Çalışmamızda, hipertrofi gelişiminde kritik bir faktör olan antrenman hacmini gruplar arasında eşitleyerek, benzer antrenman hacimlerinde ön tüketim ve geleneksel yöntemlerin etkilerini kıyasladık. Bulgularımız, ön tüketim ve geleneksel hipertrofi antrenmanı grupları arasında kas kalınlığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını ( $p>0.05$ ) gösteriyor. Bu, ön tüketim yönteminin geleneksel yöntemle göre daha yüksek oranda hipertrofi sağlamadığı anlamına geliyor. Ancak, antrenman öncesi ve sonrası bacak çevresindeki artış, her iki yöntemin de kas kuvvetini benzer düzeyde artırabileceğini gösteriyor. Fisher vd., (2014), geleneksel yöntem ile kıyaslandığında, ön tüketim yönteminin kas kuvveti kazanımı açısından ek bir fayda sağlamadığını bildirmiştir. Dolayısı ile ön tüketim yönteminin geleneksel yöntemle göre daha yüksek oranda hipertrofi sağlayabileceği hipotezi reddedilmiştir. Buradan hareketle, bir kasın farklı kısımlarında (distal) hipertrofik kazanımı artırabilmek için ön tüketim ve geleneksel yöntem metotlarından faydalanılabilir.

Sonuç olarak, çalışmanız ve literatürdeki diğer çalışmalar, ön tüketim ve geleneksel hipertrofi antrenman yöntemlerinin benzer düzeyde anabolik etki sağladığı söylenebilir. Antrenman hacminin eşitlenmesi, bu yöntemlerin karşılaştırılmasında önemli bir faktördür.

## **5.2. Total Testosteron'a Etkisi**

Çalışmamızdaki, TT düzeyleri arasında ölçüm zamanlarına göre anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir. Ortalama değerler incelendiğinde egzersiz öncesinde TT hormon düzeyi egzersizden hemen sonra yükseldiği tespit edilmiştir. Diğer taraftan direnç egzersiz türleri ile ölçüm zamanı etkileşimi anlamlı bulunmamıştır. ÖT egzersizdeki TT hormon düzeyi değişimleri ile GY egzersizdeki TT değişimleri arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Direnç egzersizi erkeklerde yapılan birçok çalışmada akut olarak total testesteron konsantrasyonlarında artış göstermiştir (Hickson vd., 1994; Ahtiainen vd., 2003; Raastad vd., 2000; Bosco vd., 2000).

Antrenman eksikliği, insan vücudunun üreme fonksiyonlarını etkileyebilir. Antrenmanın süresi, tipi ve şiddeti, biyokimyasal seviyelerde değişikliklere yol açabilir ve bu etkiler, antrenmanın biyokimyasal parametreler üzerindeki etkisi üzerine yapılan güncel araştırmaların bir parçasıdır (Akbulut, 2011). Antrenman çeşitleri, hormonlar üzerinde etkilidir; örneğin, antrenman vücut ısı dengesini etkileyebilir ve üreme fonksiyonları da vücuttaki ısı düzenlemesinden etkilenebilir (Annagür, 2012; Kaynar, 2014).

Endojen testosteron salınımı, erkeklerde vücut kompozisyonu, merkezi sinir sistemi fonksiyonları ve glukoz metabolizması üzerinde doğrudan etkilidir. Testosteron ayrıca kemik iliği üzerine etki ederek eritrosit üretimini ve psikolojik olarak stresle başa çıkma davranışlarını düzenler (Di Luigi vd., 2012; Zitzmann ve Nieschlag, 2003). Dışarıdan alınan testosteron, erkeklerde kas kütlesinde ve performansta artışa neden olabilir (Sokoloff vd., 2016; Blazeovich ve Giorgi, 2001).

Antrenmanın kas androjen ve glukokortikoid reseptörleri üzerindeki etkileri, Vingren vd., (2009) tarafından yapılan bir çalışmada incelenmiştir. Bu çalışmada, erkek ve kadın deneklere uygulanan 6 setten oluşan 10 tekrarlı squat egzersizi sonucunda, kadınlarda ve erkeklerde serbest testosteron düzeylerinde önemli bir artış gözlenmiş,

ancak total testosteron sadece erkek sporcularda artmıştır. Kraemer vd., (1990) ile Häkkinen vd., (1993) da yoğun direnç antrenmanlarının dolaşımdaki testosteron düzeylerinde önemli bir artışa yol açtığını belirtmişlerdir. Ancak literatürde testosteron düzeyleri ile ilgili çelişkili raporlar bulunmaktadır. Dobrzanski vd., (1981) dağcılar ve güreşçiler üzerinde yaptıkları submaksimal çalışmada, egzersizden hemen sonra serum testosteron oranlarında önemli bir düşüş olduğunu, ancak 45 dakika sonra serum testosteron oranlarında herhangi bir azalma olmadığını tespit etmişlerdir. Vingren vd., (2010) tarafından yapılan başka bir çalışmada, puberte dönemi ve sonrasındaki kızlarda egzersizden sonraki testosteron seviyelerinde bir artış gözlenmediği belirlenmiştir. Koch vd., (2011) ise, yaşları 25 ile 85 arasında değişen 624 gönüllü erkek üzerinde yaptıkları çalışmada, kısa süreli yüksek şiddetteki bisiklet ergometresi egzersizinin serum testosteron seviyelerini etkilemediğini tespit etmişlerdir.

Kısa süreli antrenmanların ardından bazı hormonların istirahat seviyelerindeki değişimlerini gösteren çalışmalar, akut hormon cevaplarının hipertrofi gibi kronik değişimler için önemli olduğunu ortaya koymuştur. Kraemer vd, (1995) çalışmaları, ardışık kuvvet antrenmanlarının sonucunda plazmada GH, testosteron, kortizol, insülin-büyüme faktörü 1 (IGF-1), insülin ve katekolaminler içeriğinde ani artışlar olduğunu göstermiştir. Bu araştırmalar, özellikle anabolik hormonlar olan GH ve testosteron ile katabolik hormon olan kortizole odaklanmıştır.

Hormonlar, birçok fizyolojik süreçle ilişkilidir ve bu nedenle hormonların eylemleri, egzersiz ve sportif performanslarla şekillenir (Wilmore ve Costill, 2004). Kumsar ve Gökçe (2015), obez erkek bireyler üzerinde yaptıkları çalışmalarda, bir haftada yapılan 105 veya 236 dakika egzersiz ile testosteron düzeylerinde orta derecede bir artış olduğunu gözlemlemiş ve direnç egzersizlerinin de testosteron düzeylerinde artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışma, düzenli egzersizin hormonal adaptasyonu farklı oranlarda geliştirebileceğini göstermiştir.

Tokuçoğlu vd., (1992), 6 aylık fiziksel egzersizin plazma testosteron ve LH seviyelerine etkilerini araştırmış ve plazma testosteronunda %21, LH'de ise %25 artış belirlenmiştir. Bu bulgular, egzersizin organizmada metabolik ve endokrin adaptasyonu etkileyerek hormonal değişiklikler yarattığını ifade etmektedir. Zmuda vd., (1996) tarafından yapılan başka bir çalışmada, yaşlı erkeklerde fiziksel egzersizin LH ve testosteron seviyelerini etkilediği tespit edilmiştir.

Weiss vd., (1983), yirmi erkek ve yirmi kadın sporcu üzerinde iki ay süren ağırlık çalışması ve altı farklı fiziksel aktivite uygulamışlardır. Antrenmanlar öncesi ve sonrasında yapılan ölçümlerde, erkeklerde testosteron seviyesinde anlamlı artışlar gözlenirken, kadınlarda anlamlı bir değişiklik tespit edilmemiştir.

Testosteron seviyelerindeki artışı direnç egzersizlerinde etkileyen birçok faktör vardır ve bu faktörlerden biride çalışmaya katılan kasların kütesidir, en büyük artışlar küçük kas gruplarına göre büyük kas grupları ile yapılan egzersiz protokollerinde olduğu bildirilmektedir (Kraemer ve Ratamess, 2005).

Egzersizin hormonlar üzerindeki etkisi, birçok araştırmanın konusu olmuş ve hormonal değişikliklerin metabolik ve endokrin adaptasyonla gerçekleştiği fikri ağırlık kazanmıştır (Tokuçoğlu vd., 1992). Düzenli egzersizin insan sağlığına faydaları bilinmekte ve sportif egzersizlerin bilimsel, programlı ve devamlı yapıldığında endokrin sistemi etkilediği bildirilmiştir (Hackney, 2016). Egzersizin, üreme sistemi ile ilgili hormonları da etkilemesi beklenen bir durumdur ve bu, literatürle desteklenmiştir. Örneğin, Tokuçoğlu vd., (1992) yaptığı çalışmada, 6 aylık fiziksel egzersizin plazma testosteron ve LH seviyelerine etkileri araştırılmış ve plazma testosteronunda %21, LH'da ise %25 artış belirlenmiştir. Benzer şekilde, Zmuda vd., (1996) çalışmalarında, yaşlı erkeklerde fiziksel egzersizin LH ve testosteron seviyelerini etkilediği tespit edilmiştir.

Egzersizin üreme hormonları üzerindeki etkileriyle ilgili literatürde farklı bulgular tespit edilmiştir. Bazı araştırmalarda egzersizin üreme faaliyetlerini ve hormonları artırıcı etkiler oluşturduğu belirtilirken (Khoo vd., 2013; Rietjens vd., 2015), diğer araştırmalarda anlamlı bir etkinin olmadığı ya da ters etkilerin gözlemlendiği bildirilmiştir (Kuusi vd., 1984; Rahnama ve Bambaiechi, 2004). Bu bulguların elde edilmesinde egzersiz-üreme hormonları ilişkisinden farklı değişkenlerin yer aldığı ya da örneklem seçimindeki farklılıklar (örneğin; bazı hastalıklar ya da ilaç uygulamaları) ile uygulanan egzersizin türü ve şiddetinin farklı olduğu belirlenmiştir. Egzersiz ve endokrin sistem arasındaki ilişkinin, özellikle üreme endokrin sisteminin, egzersizin şiddetine karşı son derece hassas olan bir fizyolojik sistem olduğu bilinmektedir. Egzersiz insan organizmasına karşı son derece faydalı bir takım değişiklikler oluşturur. Fakat aşırı miktardaki antrenman ise organizma üzerinde aşırı bir baskı yapabilir ve fizyolojik uyumsuzluklara ve başka zararlı sonuçlara neden olabilir (Ozen, 2012).

Çelenk (2011)'in çalışmasına göre; egzersizin şekli (statik egzersize karşı dinamik egzersiz, yatay ya da dikey pozisyonda egzersiz, çalışma performansında ilgili kasın kütlesi ve egzersizin süresi ve yoğunluğu gibi parametreler) plazma hormon seviyesini etkilemektedir. Egzersizde hormonal sistemin temel görevi metabolizmayı ve kardiyovasküler sistemleri düzenlemektir. Egzersizde ve antrenmanda temel endokrin bez hipotalamus, hipofiz, tiroid, paratiroid, adrenal bezler ve gonadlardır. Fakat ayrıca kalp, böbrek, karaciğer, gastrointestinal organlarda hormon salgırlar. Testosteron ise kas büyümesi ve protein depolanması gibi anabolik etkileri nedeni ile egzersizle ilişkilendirilmiş diğeri bir hormondur. Hem kadınlarda hem de erkeklerde düzenli egzersizin gonadların FSH ve LH'a verdiği yanıtı azalttığı gösterilmiştir. Dayanıklılık sporu yapan erkeklerde, sedanter erkeklere oranla dinlenim testosteron seviyesinin %15-40 arasında azaldığı gösterilmiştir. Estrojen seviyesi egzersizde egzersiz şiddetiyle doğru orantılı olarak egzersiz boyunca artış gösterir (Çelenk, 2011).

Gürsoy (2008), yoğun egzersizlerin orta düzeyli egzersizlere kıyasla sağlık üzerindeki yararlı etkilerinin daha fazla olup olmadığına dair çelişkili bulguların olduğunu belirtmiştir. Araştırmalar, sağlıklı bireylerin gerçekleştirdiği yoğun egzersizlerin, opioid peptidlerini artırarak testosteron ve büyüme hormonu gibi hormonların üretimini teşvik ettiğini göstermektedir (Gürsoy, 2008). Öte yandan, Du Plessis vd., (2011), aşırı egzersizin üreme sistemi ve doğurganlık üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceğini savunmaktadırlar. Son on yılda yapılan çalışmalar, düzenli egzersizin birçok hastalığa yakalanma riskini azaltabileceğini öne sürmektedir. Bununla birlikte, sürekli aerobik egzersizin sağlık üzerindeki olumlu etkilerine dair güçlü kanıtlar bulunmasına rağmen, aşırı egzersiz, erkeklerin hipotalamus-hipofiz-gonad (HPG) eksenini ve üreme kapasitelerini olumsuz etkileyebilir. Egzersiz, vücudun iç dinamiklerini zorlayan fiziksel bir stres faktörüdür. Egzersizin olumlu etkilerinin yanı sıra, erkek üremesi üzerinde kısa ve uzun vadeli etkileri bulunmaktadır. Kısa vadeli etkilerden bir örnek olarak, yapılan çalışmalarda egzersiz sonrası kortizol seviyelerinin arttığı gözlemlenmiştir (Doğan, 2010). Bu durum, egzersizin stres yanıtı olarak kortizol hormonunu yükselttiğini ve bu artışın üreme hormonlarını etkileyebileceğini göstermektedir. Uzun vadeli etkiler açısından ise, egzersiz testosteron, folikül stimüle edici hormon (FSH) ve luteinizan hormon (LH) üzerinde farklı etkiler sergilemektedir. FSH ve LH, seks hormonlarının üretimini düzenler. Dayanıklılık sporları yapan erkeklerde, bu hormonlar kronik olarak etkilenebilir. Kişisel farklılıklara rağmen, iki

yıldan fazla süreyle düzenli egzersiz yapan sporcularda bu hormonların serum düzeylerinde artış gözlemlenmiştir (Biçer, 2017). Bireylerin genetik özellikleri, egzersizin tipi, süresi ve yoğunluğu gibi faktörler bu sonuçları etkileyebilir. Bu nedenle, egzersizin süresi ve şiddeti, çalışmada tespit edilen bulguları etkileyebilecek önemli faktörlerdir.

Kumsar ve Gökçe'nin (2015) araştırmasında, obez ve hipogonadal erkeklerde haftalık 105 veya 236 dakika egzersiz yapmanın testosteron seviyelerinde orta derecede bir artışa yol açtığı gözlemlenmiştir. Belirtilen sürelerdeki egzersiz sonucunda testosteron düzeyleri sırasıyla 22,8 ng/dL ve 59,4 ng/dL artış göstermiştir. Direnç egzersizlerinin de testosteron seviyelerini benzer şekilde artırdığı bildirilmiştir. Bu bulgular, düzenli egzersizin hormonal adaptasyon üzerinde değişen derecelerde etkili olduğunu göstermektedir.

Dağlıoğlu ve Hazar'ın (2009) çalışmasında da fiziksel aktivitenin testosteron hormon seviyesinde artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Rahnama vd., (2004) yürüttüğü çalışmada ise, sprint koşucularında artmış testosteron seviyeleri rapor edilmiştir. Buna karşın, Hackney vd., (1998) düzenli dayanıklılık antrenmanı yapan sporcuların testosteron ve serbest testosteron seviyelerinin, sedanter bireylerden anlamlı derecede düşük olmasına rağmen, normal referans aralıklarında olduğunu belirlemişlerdir. Gullledge ve Hackney (1996) tarafından yapılan üç çalışmada da, egzersiz grubundaki bireylerin testosteron seviyelerinin anlamlı derecede düşük olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Bu sonuçlar, egzersiz grubu için daha önce rapor edilen bulguları doğrulamaktadır.

Antrenman sonrası görülen testosteron artışının, azalan karaciğer kan akımına bağlı olarak testosteron klirens hızının azalmasından kaynaklanabileceği öne sürülmüştür (Cadoux vd., 1985). Ayrıca, erkeklerde ağırlık kaldırma egzersizinden hemen sonra testosteron değerlerinin en yüksek düzeylere ulaştığı saptanmıştır (Weiss vd., 1983). Sağlıklı ve iyi kondisyona sahip 8 sporcu ile sağlıklı ancak sporcu olmayan 8 bireyin katıldığı bir çalışmada, bacak pres, squat ve diz bükme hareketlerini içeren ağır dayanıklılık antrenmanlarının akut hormonal ve nöromusküler yanıtları incelenmiş ve serum total testosteron ile serbest testosteron düzeylerinde artış gözlemlenmiştir (Ahtiainen vd., 2004). Konsantrik ve eksantrik kas kontraksiyonları sonrasında, ayak pres, bench press, ayak uzatma ve askeri pres hareketlerini takiben büyüme hormonu

ve testosteron konsantrasyonlarında önemli derecede artış olduğu, iki kasılma türü arasında hormon konsantrasyonları açısından bir farklılık olmadığı belirlenmiştir (Durand vd., 2003).

Harbili vd., (2005), yaş ortalaması  $19.25 \pm 1.77$  olan 17 genç hentbolcu üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada, altı hafta boyunca her gün arayla altı tekrar maksimal (6 TM) kuvvet antrenmanı uygulamışlardır. Altı haftalık antrenman periyodunun hem bazal hem de antrenman sonrası hormon düzeylerine etkisini belirlemek amacıyla, ilk antrenman öncesi ve sonrası ile periyodun son antrenmanı öncesi ve sonrasında kan örnekleri alınmış ve hormon seviyeleri incelenmiştir. Çalışma süresince uygulanan ilk ve son akut antrenmanların T4, büyüme hormonu (BH) ve total testosteron (TT) salınımında artışa yol açtığı, insülin hormonu plazma düzeylerinde ise ilk antrenman sonrasında anlamlı bir düşüş gözlenirken, periyodun son antrenmanında bir değişiklik olmadığı gözlemlenmiştir. Altı haftalık kronik kuvvet antrenmanının dinlenim hormon değerlerinde bir değişikliğe sebep olmadığı tespit edilmiştir.

Hakinen vd., (2000), orta yaş ve yaşlı bayan ve erkekler üzerinde altı aylık dayanıklılık ve patlayıcı kuvvet antrenmanları yaparak total testosteron, serbest testosteron, büyüme hormonu, kortizol ve cinsiyet hormonları üzerindeki ani değişimleri incelemişlerdir. Antrenman süresince hormonlar üzerinde bir değişiklik bulunmamıştır. Ancak, tek fiziksel aktivite sonrasında total testosteron ve serbest testosteron seviyelerinde bütün gruplarda artışlar tespit edilmiştir.

Vural (2013) tarafından belirtildiği üzere, fiziksel aktivite esnasında karaciğere olan kan akışının azalması, testosteron hormonunun inaktivasyonu ve atılımının azalmasına yol açmaktadır. Bu durum, egzersiz sırasında kan testosteron düzeylerinde geçici artışlara sebep olabilir. Ayan (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, voleybolcu ve sedanter kadınlarda düzenli egzersizin endometrium kalınlığı ve östrojen seviyesine etkisi incelenmiş ve akut egzersizin kuvveti artırdığı, cinsiyet hormonlarının yoğunluğunun her iki cinste de görüldüğü tespit edilmiştir. Kadınlarda, östrojen plazma yoğunluğunun akut egzersizle orantılı olarak arttığı, erkeklerde ise plazma testosteron seviyesinin akut egzersizle arttığı belirlenmiştir. Östrojen seviyelerinin, egzersiz şiddetiyle doğru orantılı olarak arttığı gözlemlenmiştir.

Rahnama ve Bambaieichi (2004) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada ise, sprint koşucularında yükselmiş testosteron seviyeleri rapor edilmiştir. Buna karşın, Hackney vd., (1998) tarafından yapılan bir çalışmada, düzenli dayanıklılık antrenmanı yapan sporcuların testosteron ve serbest testosteron düzeylerinin, sedanter bireylerden anlamlı derecede düşük olmasına rağmen, normal referans aralıklarında olduğu tespit edilmiştir.

Gulledge ve Hackney (1996) tarafından yapılan üç çalışmada, egzersiz grubundaki bireylerin testosteron seviyelerinin anlamlı olarak düşük olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Bu sonuçlar, egzersiz grubu için daha önce rapor edilen bulguları doğrulamaktadır. Bosco vd., (1996) tarafından yapılan bir araştırmada ise, 32 profesyonel futbolcunun performans kapasiteleri ile kortizol ve serum testosteron düzeyleri arasındaki ilişki incelenmiş ve patlayıcı kuvvet, dayanıklılık ve kısa mesafe sürat koşusu performansına sahip katılımcıların yüksek testosteron düzeylerine sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, kas liflerindeki gelişim ile testosteron hormonu arasında bir ilişki olduğu ve kortizol hormonunun dayanıklılık testi sonuçlarıyla negatif bir bağlantısı olduğu saptanmıştır. Pillay (2006) tarafından yapılan bir çalışmada ise, fiziksel aktiviteye bağlı olarak sporcuların yüksek testosteron düzeylerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Literatür taraması, testosteron hormonunun farklı fiziksel aktivitelere verdiği tepkilerin çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre tartışmalı olduğunu göstermektedir. Ancak, genel kanı yüklenmeli egzersizlerin testosteron seviyelerinde artışa yol açtığı yönündedir. Egzersizin başlamasıyla testosteron seviyelerindeki değişimler, egzersizin şiddetiyle yakından ilişkilidir. Testosteron hormonu düzeyindeki yükseliş, hepatik kan akımının azalmasıyla açıklanabilir (Dağlıoğlu ve Hazar, 2009). Orta yaş erkek ve kadınlar üzerinde yapılan altı aylık patlayıcı kuvvet ve dayanıklılık antrenmanları sonucunda, serbest testosteron, total testosteron, GH, kortizol ve üreme hormonları üzerindeki ani değişimler incelenmiş ve egzersiz süresince hormonlar üzerinde herhangi bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Ancak, egzersiz sonrasında serbest testosteron ve total testosteronda tüm gruplarda hormonal artışlar saptanmıştır (Hakkinen vd., 2000). Galata (2017) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada ise, sedanterler ve sporcular arasında serotonin ve testosteron hormon miktarları açısından anlamlı bir farklılık olmadığı savunulmuştur. Botechia vd., (1987)

tarafından yapılan bir çalışmada, sağlık sorunu bulunmayan üniversite öğrencileri ile dört gün süren antrenmanlar sonrasında testosteron hormonu miktarında artış gözlemlenmiş, ancak bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirtilmiştir. Karacan ve Günay (2003) tarafından menopoz dönemindeki sedanter kadınlara uygulanan sekiz haftalık aerobik antrenman programının kardiyovasküler risk faktörlerine etkisini inceleyen bir çalışmada, LH ve FSH düzeylerinde herhangi bir değişiklik olmadığı, progesteron ve östrojen seviyelerinde ise artış gözlemlendiği ortaya konulmuştur.

Yapılan çalışmalar, akut egzersizlerin total testosteron ve serbest testosteron seviyelerinde artışa neden olduğunu göstermiştir. Haftada 8 saatten fazla antrenman yapan sporcular ile haftanın çoğu günlerinde 30 dakikadan az antrenman yapan sporcular karşılaştırıldığında, 8 saat üzeri antrenman yapan sporcularda serum total testosteron seviyelerinde artış olduğu bulunmuştur (Di Luigi vd., 2012; FitzGerald vd., 2012; Sokoloff vd., 2016). Akut egzersizler, hipotalamus-hipofiz-testis aksı üzerinden serum testosteron seviyelerini yükseltmektedir.

Sağlıklı genç erkeklerde total testosteron seviyeleri için normal aralık 264 ile 916 ng/dL'dir. Araştırmalar, hipogonadizmin (sağlıklı genç erkekler için ortalamının 2 standart sapma altında bir testosteron seviyesi olarak tanımlanır) kas yapma yeteneğini bozduğunu gösterse de (Campos vd., 2002; Houtman vd., 2003), normal fizyolojik aralık içindeki testosteron dalgalanmalarının hipertrofiyi etkileyip etkilemediği net değildir. Bazı araştırmalar, aralığın uçlarında farklı etkiler görüldüğünü belirtmekte, üst aralıktakilerin, alt aralıktakilere göre daha olumlu yağsız kütle ölçümlerine sahip olduğunu göstermektedir (Lambert ve Flynn, 2002). Ancak, normal değerlerin orta aralığında (yani, yaklaşık 400 ile 700 ng/dL) kas yapma farklılıklarının olup olmadığı konusunda kanıtlar belirsiz kalmaktadır. Bazı çalışmalar, düzenli direnç antrenmanına uzun süreli bağlılık göstermenin bazal testosteron seviyelerini artırabileceğini gösterse de, bu bulgular evrensel değildir (Gordon vd., 1994).

Androjen reseptörlerinin miktarının, egzersize bağlı anabolik yanıtta rol oynayabileceğine dair kanıtlar bulunmaktadır (Bamman vd., 2001). Androjen reseptör konsantrasyonu, direnç antrenmanından hemen sonra azalır, ancak takip eden birkaç saat içinde önemli ölçüde yükselir. Gerçekten de, kanıtlar, egzersiz sonrası androjen reseptör içeriği ile kas hipertrofisi arasında bir ilişki olduğunu öne sürmektedir (Krentz

vd., 2008). Bazı alışmalar, bu egzersiz sonrası androjen reseptör düzenlenmesinin, karşılık gelen testosteron seviyelerindeki yükselmelere bağlı olduğunu belirtirken, diğerleri böyle bir ilişkiyi desteklememektedir (Krentz vd., 2008).

Egzersiz sonrası testosteron seviyelerindeki ani ve hızlı artış, ardından yaklaşık 1 saat içinde hızlı bir düşüş ve kas androjen reseptörünün buna karşılık gelen düzenlenmesi, testosteronun dolaşımdan kas dokusuna geçişini desteklemektedir (Gordon vd., 1994). Genel olarak, akut testosteron artışlarının, egzersiz kaynaklı hipertrofik adaptasyonları doğrudan veya androjen reseptörler üzerindeki etkileri aracılığıyla etkileyip etkilemediği konusundaki bulgular çelişkilidir.

Araştırmamızın bulguları kapsamında, n tüketim ve geleneksel hipertrofi antrenmanı sonucu TT arttığı ancak gruplar arasında total testosteron seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermediği tespit edilmiştir ( $p > 0.05$ ). İki antrenman grubu da TT parametrelerini benzer oranda arttığı tespit edilmiştir. Bu durum her iki antrenman yntemininde, birbirinin yerine kullanabileceği ve benzer kas hipertrofisi etkisi sağladığı söylenebilir.

## 6. SONUÇ ve ÖNERİLER

### Araştırma kapsamında elde edilen sonuçlara göre:

- Geleneksel hipertorfi ve ön tüketim antrenman yöntemlerinin kas hipertrofisi ve kas kuvvetini benzer oranda geliştirdiği,
- Geleneksel hipertorfi ve ön tüketim antrenman yöntemlerinin total testosteron seviyelerini benzer oranda geliştirdiği,
- Geleneksel uygulama yönteminin önüne veya sonuna eklenen düşük yükteki tüketim setinin kas hipertrofisini geliştirmede etkili ve yeterli olduğu,
- Antrenmanı çeşitlendirmek için antrenman programlarına ön tüketim yöntemi antrenman programı kullanılabilir.
- Antrenman hacmi eşitlendiği durumda, ön tüketim ile oldukça düşük yüklerde (tükenişe gidilmesi şartı ile) kas hipertrofisinin arttığı söylenebilir.

### Araştırmacılara öneriler:

- Ön tüketim ve geleneksel yöntemlerinin hipertrofi gelişimine etkisini inceleyen araştırmalarda, metabolik stres belirteçlerinin takip edilmesi,
- Geleneksel ve ön tüketim setlerinde farklı yüklerin kullanıldığı araştırmaların planlanması,
- Ön tüketim yöntemlerinin geleneksel yöntem ile karşılaştırıldığı araştırmalarda biyopsi örnekleri ile lif tipi özelinde hipertrofi gelişiminin incelenmesi,
- Uygulama süresi daha uzun ve antrenman düzeyi yüksek katılımcılar ile araştırmaların planlanması,
- Uygulama süresi daha uzun ve antrenman düzeyi düşük katılımcılar ile araştırmaların planlanması öneriler olarak sunulabilir.

### Uygulayıcılara öneriler:

- Hipertrofi kazanımının yanı sıra, kas dayanıklılığını geliştirmek isteyen bireyler, ön tüketim yöntemlerinden faydalanabilir.
- Eklem rahatsızlığı, sakatlığı olan, yüksek düzeyde mekanik stresten kaçınmak isteyenler, optimal hipertrofi, kas kuvveti ve dayanıklılığı gelişimi için, geleneksel yönteme ön tüketim setlerini ekleyebilir.

## KAYNAKLAR

- Abernethy, P. J., Jürimae, J., Logan, P. A., Taylor, A. W., Thayer, R. E. (1994). Acute and chronic responses of skeletal muscle to resistance exercise. *Sports Med.* 17 (1), 22-38.
- Adams, G. R., & Bamman, M. M. (2012). Characterization and regulation of mechanical loading-induced compensatory muscle hypertrophy. *Comprehensive Physiology*, 2(4), 2829-2870.
- Aguiar, A. F., Buzzachera, C. F., Pereira, R. M., Sanches, V. C., Januário, R. B., Silva, R. A., Rabelo, L. M. & de Oliveira Gil, A. W. (2015). A single set of exhaustive exercise before resistance training improves muscular performance in young men. *European Journal of Applied Physiology*, 115(7), 1589–1599.
- Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Kraemer, W. J., & Hakkinen, K. (2003). Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs maximum repetitions multiple resistance exercises. *Int. J. Sports. Med.* 24: 410-8.
- Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Kraemer, W.J., Hakkinen, K. (2004). Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in strength athletes versus nonathletes. *Can J Appl Physiol*, 29: 527-543.
- Akbulut, E. (2011). Sedanter bayanlarda aerobik egzersiz programının kan lipitleri ve vücut kompozisyonu üzerindeki etkileri. Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Akgün, N. (1989). *Egzersiz Fizyolojisi*, 3. Baskı, I. Cilt, Ankara, 181-190.
- Akgün, N. E. (1996). *Spor Fizyolojisi*, I. cilt. 6. Baskı. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi, 48- 49.
- Allen, D. G. (2001). *Eccentric Muscle Damage: Mechanisms of Early Reduction of Force*. 311–19 in *Acta Physiologica Scandinavica*, 171.
- Annagür, B. B., Zincir, S. B. (2012). Endocrinological Changes in Anorexia Nervosa, *The Journal of Psychiatry and Neurological Sciences*, 25, 63-69.
- Ası, T. (1999). Hormonlar, Editör: T. Ası, *Tablolarla Biyokimya*, 2.Cilt, 71-108, Nobel Tıp Kitabevleri.
- Augustsson, J., Thomeé, R., Hörnstedt, P., Lindblom, J., Karlsson, J., & Grimby, G. (2003). Effect of pre-exhaustion exercise on lower-extremity muscle activation during a leg press exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 411–416.
- Ayhan, R., & Güçlüöver, A. (2022). Güç Antrenmanının Esasları. *Spor & Bilim*, 79.

- Ayan, A. (2015). Sporcularda ve Sedanterlerde Endometrium Kalınlığı ve Östrojen Seviyesinin İncelenmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Baar, K. (2006). Training for endurance and strength: lessons from cell signaling. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(11), 1939-1944.
- Bagatell, C. J., & Bremner, W. J. (1996). Androgens in men—uses and abuses. *New England Journal of Medicine*, 334(11), 707-715.
- Bagatell, C., & Bremner, W. J. (2003). Sağlıkta ve hastalıkta androjenler. Springer Bilim ve İşletme Medyası.
- Bamman, M. M., Shipp, J. R., Jiang, J., Gower, B. A., Hunter, G. R., Goodman, A., McLafferty, C. L., Jr., & Urban, R. J. (2001). Mechanical load increases muscle IGF-I and androgen receptor mRNA concentrations in humans. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 280: E383-90.
- Bayol, S. A., Bruce, C. R., & Wadley, G. D. (2014). Growing healthy muscles to optimise metabolic health into adult life. *Journal of Developmental Origins of Health And Disease*, 5(6), 420–434.
- Bhasin, S., Woodhouse, L., Casaburi, R., Singh, A. B., Bhasin, D., Berman, N., & Dzekov, J. (2001). Testosterone dose-response relationships in healthy young men. *American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism*, 281(6), 1172-1181. Doi: 10.1155.
- Biçer, M. (2017). Sağlık Rehberi. <http://www.memorial-wellness.com/saglik-rehberi/dogruegzersiz-hormon-dengisini-koruyor.html>.
- Bilge, M. (1979). *Fizyolojide Hormonlar Bilgisi*. Güven Kitabevi Yayınları, 37-43, 53-56, 208-210, 213-217, 213-217.
- Bird, S. P., Tarpenning, K. M., & Marino, F. E. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness. *Sports medicine*, 35(10), 841-851.
- Blazevich, A. J., & Giorgi, A. (2001). Effect of testosterone administration and weight training on muscle architecture. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(10), 1688-1693.
- Bloomer, R. J., & Goldfarb, A. H. (2004). Anaerobic exercise and oxidative stress: a review. *Canadian journal of applied physiology*, 29(3), 245-263.
- Bompa, T.O., Haff, G. (2009). “*Periodization Theory And Methodology Of Training*”, Fifth Edition.
- Bompa, T. O. (2001). *Antrenman Kuramı ve Yönetimi* (Çev: İ. Keskin ve A.B. Tuner) Bağırğan Yayınları.

- Bosco, C., Colli, R., Bonomi, R., von Duvillard, S. P., & Viru, A. (2000). Monitoring strength training: neuromuscular and hormonal profile. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(1), 202-208.
- Bosco, C., Tihanyi, J., Rivalta, L., Parlato, G., Tranquilli, C., Pulvirenti, G., & Viru, A. (1996). Hormonal responses in strenuous jumping effort. *The Japanese journal of physiology*, 46(1), 93-98.
- Bostan, G. (2022). *Farklı Direnç Egzersizlerinin Kas Hipertrofisi Üzerine Etkileri*. Efe Akademi Yayınları.
- Bottecchia, D., Bordin, D., & Martino, R. (1987). Effect of different kinds of physical exercise on the plasmatic testosterone level of normal adult males. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 27(1), 1-5.
- Bottinelli, R., Pellegrino, M. A., Canepari, M., Rossi, R., & Reggiani, C. (1999). Specific contributions of various muscle fibre types to human muscle performance: an in vitro study. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 9(2), 87-95.
- Brownlee, Kaye, K., Alex, W., Moore, & Anthony, C., Hackney. (2005). "Relationship between Circulating Cortisol and Testosterone: Influence of Physical Exercise." *Journal of Sports Science and Medicine* 4(1):76–83.
- Cadoux-Hudson, T. A., Few, J. D. & Imms, F. J. (1985). The effect of exercise on the production and clearance of testosterone in well trained young man. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 54(3), 321-325.
- Campos, G. E. R., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., Ragg, K. E., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., & Staron, R. S. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur. J. Appl. Physiol.* 88: 50-60.
- Carey Smith, R., & Rutherford, O. M. (1995). Kuvvet antrenmanında metabolitlerin rolü: I. Eksantrik ve konsantrik kasılmaların karşılaştırılması. *Avrupa uygulamalı fizyoloji ve mesleki fizyoloji dergisi*, 71, 332-336.
- Clarkson, P. M., Byrnes, W. C., McCormick, K. M., Turcotte, L. P., ve White, J. S. (1986). İzometrik, eksantrik ve konsantrik egzersizin ardından kas ağrısı ve serum kreatin kinaz aktivitesi. *Uluslararası spor hekimliği dergisi*, 7 (03), 152-155.
- Clarkson, P. M., & Hubal, M. J. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 81(11), S52-S69.
- Clark, A. M., Lucett, S. C. (2010). "NASM Essentials Sports Performance Training", First Edition. 156-163..
- Clayton, N., Drake, J., Larkin, S., Linkul, R., Martino, M., Nutting, M. & Tumminello, N. (2015). Foundations of fitness programming. Colorado Springs, CO: *National Strength and Conditioning Association*, 2(3), 26-32.

- Close, R. I. (1972). Dynamic properties of mammalian skeletal muscles. *Physiol Rev*, 52(1) 129-197. doi:10.1152/physrev. 52.1.129.
- Crewther, B., Cronin, J., Keogh, J. (2005). "Possible Stimuli for Strength and Power Adaptation: Acute Mechanical Responses", *Sports Med*. 35 (11): 967-989.
- Crewther, B., Cronin, J., Keogh, J. (2006). "Possible Stimuli for Strength and Power Adaptation: Acute Metabolic Responses", *Sports Med*. 36 (1): 65-78.
- Coffey, V. G., & Hawley, J. A. (2007). The molecular bases of training adaptation. *Sports medicine*, 37, 737-763.
- Consitt, L.A., Copeland, J. L., Tremblay, M. S. (2002). Endogenous anabolic hormone responses to endurance versus resistance exercise and training in women. *Sports Med*, 32(1):1-22.
- Cumming, D. C., Brunsting, L. A., Strich, G., Ries, A. L., Rebar, R. W. (1986). Reproductive hormone increases in response to acute exercise in men. *Med Sci Sports Exerc*, 18: 369-73.
- Çabuk, R., Çayır, H., Yıldız, M., Onat, T., Cincioğlu, G., Adanur, O., & Kayacan, Y. (2020). Egzersizin Fizyolojik Sistemler Üzerine Etkileri: *Sistematik Derleme, Helal Yaşam Tıbbi Dergisi*, 2(1), 26-43.
- Çakır-Atabek, H., Çolak, R., Açıkada, C. (2010). Antrenmanın sıçrama performansı üzerine etkisinin farklı yaş grubu çocuklarda incelenmesi. *Niğde Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 4(2), 116-124.
- Çelenk, Ç. (2011). Farklı branşlardaki elit bayan sporcuların 2. ve 4. parmaklarının oranının sportif performansa etki eden bazı biyokimyasal ve endokrinolojik parametrelerle ilişkisi. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Doktora Tezi, 12-23.
- Dağlıoğlu, Ö., & Hazar, M. (2009). Yüksek Hız Koşu Yüklemesinin Bazı Vücut Hormonlarının Ani Değişimine Etkisi, *Atabesbd*, 11(2), 35-44.
- Dangott, B., Schultz, E., & Mozdziak, P. E. (2000). Dietary creatine monohydrate supplementation increases satellite cell mitotic activity during compensatory hypertrophy. *International Journal of Sports Medicine*, 21(1), 13–16.
- DeLorme, T. L. (1945). Restoration of muscle power by heavy-resistance exercises. *JBJS*, 27(4), 645-667.
- Deschenes, M.R., Maresh, C.M., Crivello, J.F., Armstrong, L.E., Kraemer, W.J. & Covault, J. (1993). The effects of exercise training of different intensities on neuromuscular junction morphology. *J. Neurocytol*, 22(8), 603- 615.
- Di Luigi, L., Romanelli, F., Sgrò, P., & Lenzi, A. (2012). Andrological aspects of physical exercise and sport medicine. *Endocrine*, 42, 278-284.

- Dobrzański, T., Zurowski, S., & Graban, W. (1981). Sporcularda kromoendokrinolojik çalışmalar. IV. Submaksimal kas egzersizine çoklu hormonal yanıtlar. *Acta Physiologica Polonica*, 32 (5), 529-536.
- Doğan, P. (2010). Aerobik egzersizin kadınlarda ve erkeklerde anksiyeteye olan etkisinin araştırılması. Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Yüksek Lisans Tezi, 39-40.
- Drummond, M. J., Dreyer, H. C., Fry, C. S., Glynn, E. L., & Rasmussen, B. B. (2009). Nutritional and contractile regulation of human skeletal muscle protein synthesis and mTORC1 signaling. *J. Appl. Physiol.* (1985) 106: 1374-1384.
- Du Plessis, S. S., Kashou, A., Vaamonde, D., Agarwal, A. (2011). Is there a link between exercise and male factor infertility. *Open Reprod Sci J*, 3: 105-113.
- Duke, W. J., Rubin, D. A., Hackney, C. A. (2007). Influence of Prolonged Exercise on the 24Hour Free Testosterone - Cortisol Ratio Hormonal Profile', *Medicina Sportiva*, 11: 48-50.
- Durand, R. J., Castracane, V. D., Hollander, D. B. (2003). Hormonal responses from concentric and eccentric muscle contractions. *Med Sci Sports Exerc*, 35: 937-943.
- Dwyer, G.B., & Davis, S. E. (2005). ACSM's health-related physical fitness assessment manual. *Lippincott Williams and Wilkins*, Baltimore USA: First Edition, 74-75.
- Ebbeling, CB., Clarkson, PM. (1989). Exercise-induced muscle damage and adaptation, *Sports Med.* 7(4): 207-34.
- Enoki, T., Yoshida, Y., Lally, J., Hatta, H., Bonnen, A. (2006). Testosterone increases lactate transport, monocarboxylate transporter (MCT) 1 and MCT4 in rat skeletal muscle. *J Physiol*, 577: 433-43.
- Evans, N. A. (2004). Current Concepts In Anabolic Androgenic Steroids. *The American Journal of Sports Medicine*, 32, 534-542.
- Fahey, T. D., Rolph, R., Moungmee, P., Nagel, J., & Mortara, S. (1976). Serum testosterone, body composition, and strength of young adults. *Medicine and science in sports*, 8(1), 31-34.
- Faigenbaum, A. D., Milliken, L. A., & Westcott, W. L. (2003). Maximal strength testing in healthy children. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(1), 162-166.
- Fisher, J. P., Carlson, L., Steele, J., & Smith, D. (2014). The effects of pre-exhaustion, exercise order, and rest intervals in a full-body resistance training intervention. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. Physiologie Appliquee, Nutrition et Metabolisme*, 39(11), 1265–1270.

- Fitts, R. H., McDonald, K. S., & Schluter, J. M. (1991). The determinants of skeletal muscle force and power: their adaptability with changes in activity pattern. *Journal of biomechanics*, 24, 111-122.
- FitzGerald, L. Z., Robbins, W. A., Kesner, J. S., & Xun, L. (2012). Reproductive hormones and interleukin-6 in serious leisure male athletes. *European journal of applied physiology*, 112(11), 3765-3773. Doi: 10.1007/s00421-012-2356-2. Epub 2012 Mar 1.
- Fleck, S. J., & Kraemer, W. J. (1988). Resistance training: basic principles (part 1 of 4). *The Physician and sportsmedicine*, 16(3), 160-171.
- Fleck, sJ., Kraemer, W. (2014). Designing Resistance Training programs. 4th ed. Leeds: *Human Kinetics*.
- Fleck, S. J., & Kraemer., W. J. (1997). Designing Resistance Training Programs, 2nd Ed. Champaign, IL: *Human Kinetics Books*, 1-115.
- Flück, M., Hoppeler, H. (2003). Molecular basis of skeletal muscle plasticity—from gene to form and function. *Rev Physiol Biochem Pharmacol*, 146:159-216.
- Folland, J. P., & Williams, A. G. (2007). Morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports medicine*, 37, 145-168.
- Fry, A. C., & Kraemer, W. J. (1997). Resistance exercise overtraining and overreaching: neuroendocrine responses. *Sports medicine*, 23, 106-129.
- Fry A. C. (2004). The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports Medicine*, 34(10), 663-679.
- Gaa, G. L., Griffith, E. H., Cahil, B. R., Tuttle, L. D. (1994). Prevalence Of Anabolic Steroid Use Among Illinois High School Student. *Journal Of Athletic Training*. Vol: 29, Number 3, 216-222.
- Gabriel, D. A., Kamen, G. & Frost, G. (2006). Dirençli egzersize sinirsel adaptasyonlar: eğitim uygulamaları için mekanizmalar ve öneriler. *Spor hekimliği*, 36, 133-149.
- Galata, M. R. (2017), Sporcularda Testosteron ve Serotonin Düzeyleri ve Saldırganlık İlişkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Gentil, P., Oliveira, E. Bottaro, M. (2006). “Time under tension and blood lactate response during four different resistance training methods”, *J Physiol Anthropol*. 25(5), 339-344.
- Gibala, M. J., MacDougall, J. D., Tarnopolsky, M. A., Stauber, W. T. & Elorriaga, A. (1995). Changes in human skeletal muscle ultrastructure and force production after acute resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 78(2), 702-708.

- Glass, D. J. (2003). Signalling pathways that mediate skeletal muscle hypertrophy and atrophy. *Nat Cell Biol*, 5(2), 87-90. doi:10.1038/ncb0203-87.
- Goldspink, G. (2002). Gene expression in skeletal muscle. *Biochemical Society Transactions*, 30(2), 285-290.
- Gollnick, P. D., Timson, B. F., Moore, R. L., & Riedy, M. (1981). Muscular enlargement and number of fibers in skeletal muscles of rats. *Journal of Applied Physiology*, 50(5), 936-943.
- Gordon, S. E., Kraemer, W. J., Vos, N. H., Lynch, J. M., & Knuttgen, H. G. (1994). Effect of acid-base balance on the growth hormone response to acute high-intensity cycle exercise. *J. Appl. Physiol.* 76: 821-829.
- Gorgulho, A. A., Shields, D. C., Malkasian, D., Behnke, E., & DeSalles, A. A. (2009). Stereotactic coordinates associated with facial musculature contraction during high-frequency stimulation of the subthalamic nucleus. *Journal of neurosurgery*, 110(6), 1317-1321.
- Gotshalk, L. A., Loebel, C. C., Nindl, B. C., Putukian, M., Sebastianelli, W. J., Newton, R. U., & Kraemer, W. J. (1997). Hormonal responses of multiset versus single-set heavy-resistance exercise protocols. *Canadian journal of applied physiology*, 22(3), 244-255.
- Goto, K., Nagasawa, M., Yanagisawa, O., Kizuka, T., Ishii, N. & Takamatsu, K. (2004). Muscular adaptations to combinations of high- and low-intensity resistance exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 730-737.
- Gökbel, H., Dölek, Ç. (1998). Egzersize bazı hormonal cevaplar. *Spor Hekimliği dergisi*, 33: 87-94.
- .Görpe, A., Görpe, U. (1987). *Pratik Endokrinoloji*. Ermete Matbaası, İstanbul, 10, 23, 270-272.
- Grant, A. C., Gow, I. F., Zammit, V. A. and Shennan, D. B. (2000). Regulation of protein synthesis in lactating rat mammary tissue by cell volume. *Biochimica Et Biophysica Acta*, 1475(1), 39-46.
- Grandys, M., Majerczak, J., Duda, K., Zapart-Bukowska, J., Kulpa, J. & Zoladz, JA (2009). Orta şiddette dayanıklılık antrenmanı genç ve sağlıklı erkeklerde testosteron konsantrasyonunu artırır. *Uluslararası spor hekimliği dergisi*, 489-495.
- Griffin, J. E., Wilson, J. (1998). *Wilioms Textbook Of Endocrinology*, Edit:Wilson, Foster, Kronenberg, Larsen. 9th edition, Saunders Company, Capter 16, 819-877.
- Gulledge, T. P., & Hackney, A. C. (1996). Reproducibility of low resting testosterone concentrations in endurance trained men. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 73, 582-583.

- Guyton, A.C. (1986). *Tıbbi Fizyoloji*, Textbook of Medical Physiology/7. Edition, Çevirenler: Nuran Gökhan, Hayrinnüssa Çavuşoğlu, II. Cilt, Merk Yayıncılık, İstanbul, 1263-1284, 1318-1323, 1334- 1341, 1390-1392.
- Gümüş, B.H., Dinç, N. & Güzel Gürbüz, P. (2020). Sporda hormonal etkileşim ve cinsel davranış. *Avrasya Spor Bilimleri ve Eğitim Dergisi*, 2(2), 107-117.
- Gürsoy, G. (2008). Düzenli spor yapan öğrenci gruplarında egzersizin total antioksidan kapasite ve serum lipit profili üzerine etkisi. *Ğnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Malatya, Doktora Tezi*, 3-10.
- Hackney, A. C., Viru, M. (2016). Sports physiology and endocrinology. *Springer New York*, 75-92.
- Hackney, A. C. (2008). Effects of endurance exercise on the reproductive system of men: the exercise-hypogonadal male condition. *Journal of endocrinological investigation*, 31, 932-938.
- Hackney, A. C., Fahrner, C. L., & Gullledge, T. P. (1998). Basal reproductive hormonal profiles are altered in endurance trained men. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 38(2), 138-141.
- Hakkinen, K., Pakarinen, A. & Kallinen, M. (1992). Neuromuscular adaptations and serum hormones in women during short term intensive strength training. *Eur J Appl Physiol*, 64(2), 106- 111.
- Hakkinen, K., & Pakarinen, A. (1993). Erkek sporcularda iki farklı yorucu ağır direnç protokolüne akut hormonal yanıtlar. *Uygulamalı Fizyoloji Dergisi*, 74 (2), 882-887.
- Häkkinen, K., & Pakarinen, A. (1995). Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in men and women at different ages. *International journal of sports medicine*, 16(08), 507-513.
- Häkkinen, K., & Pakarinen, A. (1991). Serum hormones in male strength athletes during intensive short term strength training. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 63, 194-199.
- Häkkinen, K., Pakarinen, A., Newton, R. U., & Kraemer, W. J. (1998). Acute hormone responses to heavy resistance lower and upper extremity exercise in young versus old men. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 77, 312-319.
- Häkkinen, K., Pakarinen, A., Kraemer, W.J., Newton, R.U., Alen, M. (2000). Basal Concentrations and Acute Responses of Serum Hormones and Strength Development During Heavy Resistance Training in Middle-Aged and Elderly Men and Women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 55(2):B95-105.
- Häkkinen, K., Alen, M., Kallinen, M., Newton, R. U., & Kraemer, W. J. (2000). Neuromuscular adaptation during prolonged strength training, detraining and re-

- strength-training in middle-aged and elderly people. *European journal of applied physiology*, 83, 51-62.
- Hamill, O. P., & Martinac, B. (2001). Molecular basis of mechanotransduction in living cells. *Physiological reviews*, 81(2), 685-740.
- Hansen, S., Kvorning, T., Kjaer, M., & Sjøgaard, G. (2001). The effect of short-term strength training on human skeletal muscle: the importance of physiologically elevated hormone levels. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 11(6), 347-354..
- Harbili, S. (1999). Kuvvet antrenmanlarının vücut kompozisyonu ve bazı hormonlar üzerine etkisi. Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya, Yüksek Lisans Tezi.
- Harbili, S., Özergen, U., Harbili, E., & Akkuş, H. (2005). Kuvvet Antrenmanının Vücut Kompozisyonu ve Bazı Hormonlar Üzerine Etkisi. *Spor Bilimleri Dergisi*, 16 (2), 64-76.
- Hass, C. J., Feigenbaum, M. S., & Franklin, B. A. (2001). Prescription of resistance training for healthy populations. *Sports Medicine*, 31(14), 953–964.
- Hashida, N., Tada, Y., Suzuki, M., Ito, K., Kato, Y., Tamiya, H., & Ishikawa, J. (2022). Reliability and validity of ultrasound to measure of muscle mass following allogeneic hematopoietic stem cell transplantation. *Scientific Reports*, 12(1), 1538.
- Hatipoğlu, T. (1987). *Anatomi ve Fizyoloji*, 5. Baskı, Ankara, 231, 261-267.
- Herman, J. R., Rana, S. R., Chleboun, G. S., Gilders, R. M., Hageman, F. C., Hikida, R. S., & Toma, K. (2010). Correlation between muscle fiber cross-sectional area and strength gain using three different resistance-training programs in college-aged women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24, 1.
- Hervey, G. R., Hutchinson, I, Knibbs, A. V., Burkinshaw, L., Jones, P. R., Norgan, N. G. (1976). “Anabolic” Effects Of Methandienone İn Men Undergoing Athletic Training. *Lancet*, 699.
- Hickson, R. C., Hidaka, K., Foster, C., Falduto, M. T., & Chatterton, R. T. (1994). Ağır direnç antrenmanına kuvvet gelişimi ve steroid hormon tepkilerinin birbirini izleyen zaman dilimleri. *Uygulamalı fizyoloji dergisi*, 76 (2), 663-670.
- Hirose, L. (2004). “Changes in Inflammatory Mediators Following Eccentric Exercise of the Elbow Flexors.” *Exercise Immunology Review*, 10:75–90.
- Hoffman, J.R., Epstein, S., Einbinder, M., Weinstein, Y. (2000). Comparison between the Wingate anaerobic power test to both vertical jump and line drill tests in basketball players. *J Strength Cond Res*, 14: 261–4.
- Hollman,W., Hettinger,T. (2000). *Sportmedizin*.4. Aufl. Schattauer, Stuttgart, New York. 239- 240.

- Hornberger, T. A. (2011). Mechanotransduction and the regulation of mTORC1 signaling in skeletal muscle. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 43(9), 1267–1276.
- Hornberger, T. A., & Esser, K. A. (2004). İskelet kasında mekanotransdüksiyon ve protein sentezinin düzenlenmesi. *Beslenme Derneği Bildirileri*, 63 (2), 331-335.
- Hornberger, T. A., Chu, W. K., Mak, Y. W., Hsiung, J. W., Huang, S. A., & Chien, S. (2006). The role of phospholipase D and phosphatidic acid in the mechanical activation of mTOR signaling in skeletal muscle. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(12), 4741–4746.
- Houtman, C. J., Stegeman, D. F., Van, Dijk, J. P., & Zwarts, M. J. (2003). Changes in muscle fiber conduction velocity indicate recruitment of distinct motor unit populations. *J. Appl. Physiol.* 95: 1045-1054.
- Howe, L., & Waldron, M. (2017). Advanced resistance training strategies for increasing muscle hypertrophy and maximal strength: part 1 accumulation methods. *Professional Strength and Conditioning*, 47, 7-13.
- Howe, L., Read, P., Waldron, M. (2017). Muscle hypertrophy: A narrative review on training principles for increasing muscle mass. *strength Cond J.* 39(5):72-81.
- Huskisson, E. C. (1974). Ağrı ölçümü. *Neşter*, 304 (7889), 1127-1131.
- İllay, M. R. (2006). Athletes' testosterone levels by sports team: An exploratory analysis. Simon Fraser University, Canada, Unpublished Manuscript, 3-36.
- İnal, M., Akyüz, F., Turgut, A. & Getsfrid, W. M. (2001). Aerobik ve anaerobik metabolizmanın serbest radikal nesil yüzücüler üzerindeki etkisi. *Spor ve Egzersizde Tıp ve Bilim*, 33 (4), 564-567.
- İnternet: Jones, A. (1970). Nautilus Training Principles. Bulletin No. 1. Chapter 37, Web: [www.arthurjonesexercise.com/bulletin1/37.pdf](http://www.arthurjonesexercise.com/bulletin1/37.pdf). Erişim tarihi: 06.03.2022.
- Jakeman, J. R., & Eston, R. G. (2013). Joint angle-torque characteristics of the knee extensors following eccentric exercise-induced muscle damage in young, active women. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 11(1), 50-56.
- Jensen, J. H., Breigan, O. B., Johnsson, A., Ohlın, K., Meen, H. D., Stromme, S. B., Dahl, H. A. (1991). Comparison of changes in testosterone concentrations after strength and endurance exercise in well trained men. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 63: 467-71.
- Ježová, D., & Vigaš, M. (1981). İnsanda adrenerjik reseptörlerin blokajı ve uyarılması sırasında egzersize testosteron yanıtı. *Pediatric Hormone Research*, 15 (3), 141-147.
- Karabulut, M., Bemben, D. A., Sherk, V. D., Anderson, M. A., Abe, T., & Bemben, M. G. (2011). Effects of high-intensity resistance training and low-intensity

- resistance training with vascular restriction on bone markers in older men. *European journal of applied physiology*, 111(8), 1659-1667.
- Karabulut, M., Abe, T., Sato, Y., & Bemben, M. G. (2010). The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. *European journal of applied physiology*, 108(1), 147.
- Karacan, S., & Günay, M. (2003), The Effects of Aerobic Training Program on Cardiovascular Risk Factors of Postmenopausal Women, *Journal of Education Faculty of Gazi*, 23(3), 258-261.
- Katch, V. L., Katch, F. I., Moffatt, R. & Gittleson, M. (1980). Muscular development and lean body weight in body builders and weight lifters. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12(5), 340–344.
- Kaynar, Ö. (2014). Elit güreşçilerde antrenmanın hipofiz bezi hormonları ve karaciğer enzimleri üzerine etkisi. Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Doktora Tezi.
- Kayacan, Y., Makaracı, Y., Özgöçer, T., Uçar, C., & Yıldız, S. (2020). Cortisol Awakening Response and Heart Rate Variability in the Menstrual Cycle of Sportswomen, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 1-10.
- Khoo, J., Tian, H. H., Tan, B., Chew, K., Ng, C. S., Leong, D., & Chen, R. Y. T. (2013). Comparing Effects of Low and High Volume Moderate Intensity Exercise on Sexual Function and Testosterone in Obese Men, *The journal of sexual medicine*, 10(7), 1823- 1832.
- Kilit, B., Arslan, E., & Soylu, Y. (2023). Direnç Antrenmanları. *Bilim Ve Spor Araştırmaları*, 23.
- Kimball, S. R., Farrell, P. A., & Jefferson, L. S. (2002). Egzersizin kas insülin sinyalizasyonu ve incelemeye davet edilen eylem üzerindeki etkileri: iskelet kasındaki protein sentezinin amino asitler veya egzersizle translasyonel kontrolünde insülinin rolü. *Uygulamalı fizyoloji dergisi*, 93 (3), 1168-1180.
- Kisner, C., & Colby, L. (2007). Therapeutic exercise: Foundations and techniques. FA Davis Company. 1915 Arch Street, Philadelphia, PA 19103.
- Koca, K. (2020). Elit çim hokeycilere uygulanan direnç antrenmanlarının bazı kuvvet izinlerinin etkileri. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Koch, B., Glaser, S., Schaper, C. (2011). Association Between Serum Testosterone and Sex Hormone Binding Globulin and Exercise Capacity in Men: Results of the Study of Health in Pomerania (SHIP), *Journal Of Andrology Volume*, 32, Published: Mar-Apr 135-143.
- Krentz, J. R., Quest, B., Farthing, J. P., Quest, D. W., & Chilibeck, P. D. (2008). The effects of ibuprofen on muscle hypertrophy, strength, and soreness during resistance training. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 33: 470-475.

- Kraemer, W. J., Adams, K., Cafarelli, E., Dudley, G. A., Dooly, C., Feigenbaum, M. S., & Triplett-McBride, T. (2002). Amerikan Spor Hekimliği Koleji pozisyon standı. Sağlıklı yetişkinler için direnç antrenmanında ilerleme modelleri. *Spor ve egzersizde tıp ve bilim*, 34 (2), 364-380.
- Kraemer, W.J., Hakkinen, K., Newton, R.U., McCormik, M., Nindl, B.C. & Volek, J.S. (1998a). Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in younger and older men. *Eur J Appl Physiol*, 77(3), 206-11.
- Kraemer, W. J., Ratamess, N., Fry, A. C., Triplett-McBride, T., Koziris, L. P., Bauer, J. A., & Fleck, S. J. (2000). Influence of resistance training volume and periodization on physiological and performance adaptations in collegiate women tennis players. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(5), 626-633.
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2003). Endocrine responses and adaptations to strength and power training. *Strength and power in sport*, 361-386.
- Kraemer, W.J., Hakkinen, K., Newton, R.U., Nindly, B.C., Volek, J.S., McCormic, M., Gotshalk, L.A., Gordon, S.E., Fleck, S.J., Campbell, W.W., Putukian, M. & Evans, W.J. (1999). Effect of heavy resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older man. *J Appl Physiol*, 87(3), 982-992.
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2005). Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports medicine*, 35, 339-361.
- Kraemer, W. J., Godon, S. E., Fleck, S. C., Marchitelli, L. J., Mello, R., Dziados, J. E., Friedl, K., Harman, E., Maresh, C. & Fry, A. C. (1991). Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. *Int J Sports Med*, 12 (2), 228-235.
- Kraemer, W. J., Marchitelli, L., Gordon, S. E., Harman, E., Dziados, J.E., Mello, R., Frykman, P., Mccurry, D. & Fleck, S.J. (1990). Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *J Appl Physiol*, 69(4), 1442-50.
- Kraemer, W. (1992). "Influence of the endocrine system on resistance training adaptations", *Nat Strength Cond Assoc J*. 14 (2): pp. 47-54.
- Kraemer, W. J., Fleck, S. J., Evans, W. J. (1996). "Strength and power training: physiological mechanisms of adaptation", *Exerc Sport Sci Rev*. 24: pp. 363-397.
- Kraemer, W. J., Ratamess, N. A. (2004). fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med sci sports Exerc*. 36(4):674-88.
- Kraemer, W. J., Dziados, J. E., Marchitelli, L. J., Gordon, S. E., Harman, E. A., Mello, R., Fleck, S. J., Frykman, P. N., Triplett, N. T. (1993). "Effects of different heavy-resistance exercise protocols on plasma betaendorphin concentrations", *J Appl Physiol*. 74: pp. 450-459.
- Kraemer, W.J., Staron, R.S., Hagerman, F.C., Hikida, R.S., Fry, A.C., Gordon, S.E., Nindl, B.C., Gothshalk, L.A., Volek, J.S., Marx, J.O., Newton, R.U. & Hakkinen.

- K. (1998b). The effects of short-term resistance training on endocrine function in men and women. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 78 (1), 69-76.
- Kraemer, W.J. (1988). Endocrine responses to resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 20 (Suppl 5), 152-7.
- Kraemer, W. J. (1997). A series of studies—The physiological basis for strength training in American football: Fact over philosophy. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 11(3), 131-142.
- Kraemer, W. J., Patton, J. F., Gordon, S. E., Harman, E. A., Deschenes, M. R., Reynolds, K. A. T. Y., & Dziados, J. E. (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of applied physiology*, 78(3), 976-989.
- Kraemer, W. J., Deschenes, M. R., & Fleck, S. J. (1988). Physiological adaptations to resistance exercise: implications for athletic conditioning. *Sports medicine*, 6, 246-256.
- Krzysztofik, M., Wilk, M., Wojdała, G., & Gołaś, A. (2019). Maximizing muscle hypertrophy: A systematic review of advanced resistance training techniques and methods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(24), 4897.
- Kumsar, Ş., & Gökçe, A. (2015). Hipogonadal erkek testosteron replasman tedavisi mi? Yoksa alternatif değişim mi? *Erkek Cinsel Sağlığı*, 79-83.
- Kuusi, T., Kostiainen, E., Vartiainen, E., Pitkanen, L., Ehnholm, C., Korhonen, H. J., & Puska, P. (1984). Acute Effects of Marathon Running on Levels of Serum Lipoproteins and Androgenic Hormones in Healthy Males, *Metabolism*, 33(6), 527-531.
- Lambert, C. P., & Flynn, M. G. (2002). Fatigue during high-intensity intermittent exercise: application to bodybuilding. *Sports Med.* 32: 511-522.
- Lang, F., Busch, G. L., Ritter, M., Völkl, H., Waldegger, S., Gulbins, E., & Häussinger, D. (1998). Functional significance of cell volume regulatory mechanisms. *Physiological Reviews*, 78(1), 247–306.
- Leal-Cerro, A., Gippin, A., Amaya, M. J., Lage, M., Mato, J. A., Dieguez, Casanueva, F. (2003). Mechanisms underlying the neuroendocrine response to physical exercise. *J Endocrinol Invest*, 26(9):879-85.
- Lin, H., Wang, S. W., Wang, R. Y., Wang, P. S. (2001). Stimulatory effect of lactate on testosterone production by rat Leydig cells', *J Cell Biochem*, 83: 147-54.
- Löffler, G., Petrides, P. E. (1988). *Physiologische Chemie*, Springerverlag, Berlin, 698-707.

- Lu, S. S., Lau, C. P., Tung, Y. F., Huang, S. W., Chen, Y. H., Shih, H. C., Tsai, S. C., Lu, C., Wang, S. W., Chen, J. J., Chien, E. J., Chien, C. H., Wang, P. S. (1997). Lactate and the effects of exercise on testosterone secretion: evidence for the involvement of a cAMP-mediated mechanism. *Med Sci Sports Exerc*, 29: 1048-54.
- Lupo, C., Baldi, L., Bonifazi, M., Lodi, L., Martelli, G., Viti, A., Carli, G. (1985). Androgen levels following a football match. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 54: 494-6.
- Macdougall, J. D. (2003). Hypertrophy and hyperplasia. *Strength and power in sport*, 252-264.
- MacDougall, J. D., Sale, D. G., Alway, S. E., & Sutton, J. R. (1984). Muscle fiber number in biceps brachii in bodybuilders and control subjects. *Journal of applied physiology*, 57(5), 1399-1403.
- MacDougall, J. D., Elder, G. C. B., Sale, D. G., Moroz, J. R., & Sutton, J. R. (1980). Effects of strength training and immobilization on human muscle fibres. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 43, 25-34.
- Malm, C. (2001). Exercise-induced muscle damage and inflammation: fact or fiction. *Acta Physiologica Scandinavica*, 171(3), 233–239.
- Mangine, G. T., Redd, M. J., Gonzalez, A. M., Townsend, J. R., Wells, A. J., Jajtner, A. R., Beyer, K. S., Boone, C. H., La Monica, M. B., Stout, J. R., Fukuda, D. H., Ratamess, N. A. and Hoffman, J. R. (2018). Resistance training does not induce uniform adaptations to quadriceps. *PloS One*, 13(8).
- Marques, M.,A.,C. (2010). “Strength İn Power Events: Theory And Practice”, *Journal Of Human Sport & Exercise*, Vol V, No II, Sf: 214-225.
- Maughan, R. J., Watson, J. S., & Weir, J. (1983). Strength and cross-sectional area of human skeletal muscle. *The Journal of physiology*, 338(1), 37-49.
- McBride, J. M., Kraemer, W. J., Triplett-McBride, T. & Sebastianelli, W. (1998). Direnç egzersizinin serbest radikal üretimine etkisi. *Spor ve egzersizde tıp ve bilim*, 30 (1), 67-72.
- McCall, G. E., Byrnes, W. C., Dickinson, A., Pattany, P. M., & Fleck, S. J. (1996). Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. *Journal of applied physiology*.
- McDonagh, M. J., & Davies, C. T. M. (1984). Memeli iskelet kasının yüksek yüklerle egzersize adaptif tepkisi. *Avrupa uygulamalı fizyoloji ve mesleki fizyoloji dergisi*, 52, 139-155.
- Mitsiopoulos, N. (1998). Validation of magnetic resonance imaging and computerized tomography measurement of skeletal muscle by comparison to human cadaver (pp. 0450-0450). Queen's University at Kingston.

- Morgan, D. L. (1990). "New Insights into the Behavior of Muscle during Active Lengthening." *Biophysical Journal*, 57(2):209–21.
- Mulligan, S. E., Fleck, S. J., Gordon, S. E., Koziris, L. P., Triplett-McBride, N. T., & Kraemer, W. J. (1996). Influence of resistance exercise volume on serum growth hormone and cortisol concentrations in women. *The Journal of strength & conditioning research*, 10(4), 256-262.
- Mulligan, S. E., Fleck, S. J., Gordon, S. E., Koziris, L. P., Triplett-McBride, N. T., & Kraemer, W. J. (1996). Influence of resistance exercise volume on serum growth hormone and cortisol concentrations in women. *The Journal of strength & conditioning research*, 10(4), 256-262.
- Muscatelli, F., Strom, T. M., Walker, A. P., Zanaria, E., Recan, D., Meindl, A. (1994). Mutations In The DAX-1 Gene Give Rise To Both X-Linked Adrenal Hypoplasia Congenita And Hypogonadotropic Hypogonadism. *Nature*. Dec 15;372(6507):672-6.
- Nindl, B. C., Kraemer, W. J., Gotshalk, L. A., Marx, J. O., Volek, J. S., Bush, F. A., Hakkinen, K., Newton, R. U., Fleck, S. J. (2001). Testosterone responses after resistance exercise in women: influence of regional fat distribution. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 11: 451-65.
- Ormsbee, M. J., Mandler, W. K., Thomas, D. D. (2012). The effects of six weeks of supplementation with multi-ingredient performance supplements and resistance training on anabolic hormones, body composition, strength, and power in resistance-trained men. *J Int Soc Sports Nutr*, 9: 49.
- Ozaki, H., Loenneke, J. P., Buckner, S. L., & Abe, T. (2016). Çeşitli egzersiz yöntemleri ve yoğunluklarında kas büyümesi: Mekanik ve metabolik uyarıların katkıları. *Tıbbi hipotezler*, 88, 22-26.
- Ozen, S. V. (2012). Reproductive hormones and cortisol responses to plyometric training in males. *Biol Sport*, 29: 193-197.
- Paavolainen, L., Hakkinen, K., Hamalainen, I. A., Nummela, Rusko, H. (1999). Explosive strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol*, 86: 1527–1533.
- Packer, L., Tritschler, H. J., & Wessel, K. (1997). Metabolik antioksidan a-lipoik asit ile nörolojik koruma. *Serbest radikal biyolojisi ve tıp*, 22 (1-2), 359-378.
- Paul, A. C., & Rosenthal, N. (2002). Different modes of hypertrophy in skeletal muscle fibers. *The Journal of Cell Biology*, 156(4), 751–760.
- Pincivero, D. M., Lephart, S. M., & Karunakara, R. G. (1997). Kısa süreli yüksek yoğunluklu antrenman sonrası dinlenme aralığının izokinetik kuvvet ve fonksiyonel performans üzerine etkileri. *İngiliz spor hekimliği dergisi*, 31 (3), 229-234.

- Potteiger, J. A., & Stilger, V. G. (1994). Anabolic steroid use in the adolescent athlete. *Journal of Athletic training*, 29(1), 60.
- Powers, M. E. (2002). The Safety And Efficacy Of Anabolic Steroid Precursors: What Is The Scintific Evidence. *Journal of athletic training*, 37,3, 300-305.
- Powers, S. K., Howley, E. T. (2004). *Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance*. 5, 186-199.
- Proske, U., & Morgan, D. L. (2001). Eksantrik egzersizden kaynaklanan kas hasarı: mekanizma, mekanik belirtiler, adaptasyon ve klinik uygulamalar. *Fizyoloji Dergisi*, 537 (2), 333-345.
- Pullinen, T., Mero, A., MacDonald, E., Pakarinen, A., & Komi, P. V. (1998). Plasma catecholamine and serum testosterone responses to four units of resistance exercise in young and adult male athletes. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 77, 413-420.
- Raastad, T., Bjørø, T., & Hallen, J. (2000). Hormonal responses to high-and moderate-intensity strength exercise. *European journal of applied physiology*, 82, 121-128.
- Radák, Z., Asano, K., Kizaki, T., Oh-ishi, S., Inoue, M., & Ohno, H. (1995). Acute bout of exercise does not alter the antioxidant enzyme status and lipid peroxidation of rat hippocampus and cerebellum. *Pathophysiology*, 2(4), 243-245.
- Rahnama, N., & Bambaiechi, E. (2004). Egzersizin erkek üreme hormonu profilleri üzerindeki kronik etkileri. *Cell Mol Biol Lett*, 9, 121-4.
- Ratamess, N., Alvar, B., & Evetoch, T. (2009). Progression models in resistance training for healthy adults. American college of sports medicine. *Med Sci Sports Exerc*, 41(3), 687- 708.
- Ribeiro, A. S., Nunes, J. P., Cunha, P. M., Aguiar, A. F., & Schoenfeld, B. J. (2019). Potential role of pre-exhaustion training in maximizing muscle hypertrophy: a review of the literature. *Strength & Conditioning Journal*, 41(1), 75-80.
- Rietjens, R., Stone, T. M., Montes, J., Young, J. C., Tandy, R. D., Utz, J. C., & Navalta, J. W. (2015). Moderate Intensity Resistance Training Significantly Elevates Testosterone Following Upper Body and Lower Body Bouts When Total Volume is Held Constant, *International Journal of Kinesiology and Sports Science*, 3(4), 50-55.
- Rindom, E., Kristensen, A. M., Overgaard, K., Vissing, K., & de Paoli, F. V. (2019). Activation of mTORC1 signalling in rat skeletal muscle is independent of the EC-coupling sequence but dependent on tension per se in a dose-response relationship. *Acta physiologica*, 227(3), e13336.
- Rodrigues, P., Wassmansdorf, R., Salgueirosa, F. M., Hernandez, S. G., Nascimento, V. B., Daros, L. B., & Osiecki, R. (2016). Time-course of changes in indirect

- markers of muscle damage responses following a 130-km cycling race. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 18, 322-331.
- Rolfe, D. F. S., Brown, G. C. (1997). Cellular energy utilization and molekuler origin of standard metabolic rate in mammals. *Physiol. Rev.* 77: 731-758.
- Roth, S. M., Martel, G. F., & Rogers, M. A. (2000). Kas biyopsisi ve kas lifi hiperkontraksiyonu: kısa bir inceleme. *Avrupa uygulamalı fizyoloji dergisi*, 83, 239-245.
- Ruther, C. L., Golden, C. L., Harris, R. T., & Dudley, G. A. (1995). Hypertrophy, resistance training, and the nature of skeletal muscle activation. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 9(3), 155-159.
- Safarinejad, M. R., Azma, K., & Kolahi, A. A. (2009). The effects of intensive, long-term treadmill running on reproductive hormones, hypothalamus-pituitary-testis axis, and semen quality: a randomized controlled study. *Journal of Endocrinology*, 200(3), 259.
- Sansone, A., Sansone, M., Vaamonde, D., Sgrò, P., Salzano, C., Romanelli, F., & Di Luigi, L. (2018). Sport, doping and male fertility. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 16(1), 114. Doi: 10.1186/s12958-018-0435-x.
- Santos, C. S., Pinto, J. R., Scoz, R. D., Alves, B. M., Oliveira, P. R., Soares, W. J., DA Silva Jr, R. A., Jr, Vieira, E. R., & Amorim, C. F. (2022). What is the traditional method of resistance training: a systematic review. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 62(9), 1191–1198.
- Saxton, J. M., Clarkson, P. M., James, R., Miles, M., Westerfer, M., Clark, S., & Donnelly, A. E. (1995). Neuromuscular dysfunction following eccentric exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 27(8), 1185-1193.
- Schaafsma, G. (2000). The protein digestibility-corrected amino acid score. *J. Nutr.* 130: 1865S-7S.
- Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2857– 2872.
- Schoenfeld, B. J. (2013). Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. *Sports Medicine*, 43(3), 179–194.
- Schoenfeld, B. (2011). The use of specialized training techniques to maximize muscle hypertrophy. *Strength & Conditioning Journal*, 33(4), 60-65.
- Schoenfeld, B. J., Ogborn, D. I., Vigotsky, A. D., Franchi, M. V., & Krieger, J. W. (2017). Hypertrophic effects of concentric vs. eccentric muscle actions: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(9), 2599–2608.

- Seguin, R., & Nelson, M. E. (2003). The benefits of strength training for older adults. *American journal of preventive medicine*, 25(3), 141-149.
- Selmani, A. B. I. Ş., & İmamoğlu, O. (2022). *Uzun Mesafe Atletlerinde Bilişsel ve Psikolojik Faktörlerin Koşu Performansına Etkisi*. Akademisyen Kitabevi.
- Serpek, B. (2002). Hormonlar, Doktora Ders Notları, Selçuk üniveristesi Veteriner Fakültesi, Konya.
- Shahidi, N. T. (2001). A review of the chemistry, biological action, and clinical applications of anabolic-androgenic steroids. *Clin Ther*, 23: 1355-90.
- Sheffield-Moore, M., Urban, R. J. (2004). An overview of the endocrinology of skeletal muscle. *Trends Endocrinol Metab*, 15(3):110-5.
- Shinohara, M., Kouzaki, M., Yoshihisa, T., & Fukunaga, T. (1998). Efficacy of tourniquet ischemia for strength training with low resistance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 77(1-2), 189–191.
- Sjøgaard, G., Adams, R., Saltin, B. (1985). Water and ion shifts in skeletal muscle of humans with intense dynamic knee extension. *Am J physiol*. 248(2 pt 2):R190-6.
- Smiliotis, I., Piliandis, T., Karamouzis, M., Tokmakidis, S. P. (2003). Hormonal responses after various resistance exercise protocols, *Med Sci Sports Exerc*, 35 (4): pp. 644-654.
- Sokoloff, N. C., Misra, M., & Ackerman, K. E. (2016). Exercise, training, and the hypothalamic-pituitary-gonadal axis in men and women. *Front Horm Res*, 47, 27–43. Doi: 10.1159/000445154.
- Spiering, B. A., Kraemer, W. J., Anderson, J. M., Armstrong, L. E., Nindl, B. C., Volek, J. S., & Maresh, C. M. (2008). Resistance exercise biology. *Sports Medicine*, 38(7), 527-540.
- Staron, R. S., Karapondo, D. L., Kraemer, W. J., Fry, A. C., Gordon, S. E., Falkel, J. E., & Hikida, R. S. (1994). Erkeklerde ve kadınlarda ağır direnç antrenmanının erken evresinde iskelet kası adaptasyonları. *Uygulamalı fizyoloji dergisi*, 76 (3), 1247-1255.
- Staron, Rober, S. (1992). Assessment of Skeletal Muscle Damage in Successive Biopsies from Strength-Trained and Untrained Men and Women. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 65(3):258– 64.
- Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., Wisloff, U. (2005). *Physiology of Soccer Sports Med*, 35(6):524.
- Stone, M. H., Fleck, S. J., Triplett, N. T., & Kraemer, W. J. (1991). Direnç antrenmanının sağlık ve performansla ilgili potansiyeli. *Spor Hekimliği*, 11, 210-231.

- Szyman, A. B., Bukowska, A., & Bukowski, W. (2000). Epoxide cross-linking studies by means of recording of electrode current. *Journal of Molecular Liquids*, 86(1-3), 279-283.
- Takarada, Y., Takazawa, H., Sato, Y., Takebayashi, S., Tanaka, Y., & Ishii, N. (2000). Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *Journal of Applied Physiology*, 88(6), 2097–2106.
- Takarada, Y., Nakamura, Y., Aruga, S., Onda, T., Miyazaki, S., Ishii, N. (2000). Rapid increase in plasma growth hormone after lowintensity resistance exercise with vascular occlusion. *J Appl Physiol*, 88 (1): pp. 61-65.
- Takarada, Y., Ishii, N. (2002). Effects of low-intensity resistance exercise with short interset rest period on muscular function in middle aged women. *J Strength Cond Res*, 16 (1): pp. 123-128.
- Taylor, J. M., Thompson, H. S., Clarkson, P. M. (2000). Growth hormone response to an acute bout of resistance exercise in weight trained and non-weight-trained women. *J Strength Cond Res*. 14 (2), 220-22.
- Tesch, P. (1988). Uzun süreli ağır direnç egzersizinin sonucu olarak iskelet kası adaptasyonları. *Spor ve egzersizde tıp ve bilim*, 20 (5 Özel), S132-4.
- Tesch, P. A., Larsson, L. (1982). Muscle hypertrophy in bodybuilders. *Eur J Appl Physiol*, 49(3):310.
- Toigo, M., & Boutellier, U. (2006). New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. *European journal of applied physiology*, 97(6), 643-663.
- Tokat, F., Keskin, K. (2023). Sağlıklı bireylerde sanal gerçeklik uygulamalarının kas ve kuvvete etkisinin incelenmesi: literatür tarama. Ed. Özman, C. Sporun evrensel yolculuğu: beden eğitimi, kültürel değişim, motor gelişim, dijital pazarlama, fiziksel aktivite ve mutluluk ilişkisi, sanal gerçeklik, kadının rolü ve metaforik algılar içinde. 107-119.
- Tokuçoğlu, H., Kayıgil, Ö., Deniz, N., Karabaş, Ö., Sınık, Z., Bozkırlı, Ş. (1992). Erkek ve bayan sporcularda antrenman önce ve sonrasında egzersiz ağırlığı ile Testosteron, Östrojen ve Prolaktin, FSH ve LH değerleri değişiminin araştırılması. *Gazi Tıp Dergisi*, 3: 77-80.
- Trindade, T. B., Alves, R. C., De Castro, B. M., DE Medeiros, M. A., DE Medeiros, J. A., Dantas, P. M. S., & Prestes, J. (2022). Pre-exhaustion training, a narrative review of the acute responses and chronic adaptations. *International Journal of Exercise Science*, 15(3), 507–525.
- Turek, J. P. (2014). Campbell-Walsh Üroloji. Yaman Ö. (ed), *Erkek reproduktif fizyolojisi*. (1. Baskı). Ankara. Güneş Kitabevi. s.591-615.

- Türkay, İ. K. (2020). Düzenli Egzersizle Birlikte Obezitede ve Diğer Hastalıklarda L-Karnitin Kullanımı. *Spor Eğitim Dergisi*, 4(2), 88-96.
- Uğraş, A. (2018). *Ağırlık Antrenmanları ve Zindelik*, Abdullah Gül Üniversitesi Yayınları, Kayseri.
- Varović, D., Žganjer, K., Vuk, S., & Schoenfeld, B. J. (2021). Drop-Set training elicits differential increases in non-uniform hypertrophy of the quadriceps in leg extension exercise. *Sports*, 9(9), 119.
- Veldhuis, J. D. (2000). Recent Neuroendocrine Facets Of Male Reproductive Aging. *Exp Gerontol*, 35,1281-1308.
- Vierck, J., O'Reilly, B., Hossner, K., Antonio, J., Byrne, K., Bucci, L., & Dodson, M. (2000). Direnç egzersizinin neden olduğu miyotravmayı takiben uydu hücresi düzenlemesi. *Hücre biyolojisi uluslararası*, 24 (5), 263-272.
- Vijayan, K., Thompson, J. L., Norenberg, K. M., Fitts, R. H., & Riley, D. A. (2001). Fibertype susceptibility to eccentric contraction-induced damage of hindlimb-unloaded rat AL muscles. *Journal of Applied Physiology*, 90(3), 770-776.
- Vingren, J. L., Kraemer, W. J., Hatfield, D. L., Volek, J. S., Ratamess, N. A., Anderson, J. M., Häkkinen, K., Ahtiainen, J., Fragala, M. S., Thomas, G. A., Ho, J. Y., Maresh, C. M. (2009). Effect Of Resistance Exercise On Muscle Steroid Receptor Protein Content In Strength-Trained Men And Women. *Steroids*, Nov-Dec, 74(13-14):1033-9.
- Vingren, J. L., Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., Anderson, J. M., Volek, J. S., & Maresh, C. M. (2010). Testosterone physiology in resistance exercise and training: the up-stream regulatory elements. *Sports medicine*, 40, 1037-1053.
- Viru, M., Jansson, E., Viru, A. & Sundberg, C.J. (1998). Effects of restricted blood flow on exercise-induced hormone changes in healthy men. *Euro J Appl Physiology*, 77(6), 517-22.
- Vogel, C., Boerboom, A. M. J., Baechle, C., El-Bahay, C., Kahl, R., Degen, G. H., & Abel, J. (2000). Regulation of prostaglandin endoperoxide H synthase-2 induction by dioxin in rat hepatocytes: possible c-Src-mediated pathway. *Carcinogenesis*, 21(12), 2267-2274.
- Vogel, R. B., Books, C. A., Ketchum, C., Zauner, C. W., Murray, F. T. (1985). Increase of free and total testosterone during submaximal exercise in normal males. *Med Sci Sports Exerc*, 17: 119-23.
- Volianitis, S., Secher, N. H., & Quistorff, B. (2010). The intracellular to extracellular proton gradient following maximal whole body exercise and its implication for anaerobic energy production. *European journal of applied physiology*, 109, 1171-1177.

- Vural, F. (2013). Futbolda beta endorfin düzeyleri ve laktat eliminasyonunun şut ve sprint performansı üzerine etkileri. Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Warren, G. L., Lowe, D. A., & Armstrong, R. B. (1999). Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. *Sports medicine*, 27, 43-59.
- Weiss, L., Cureton, K., Thomson, F. (1983). Comparison of Serum Testosterone and Androstenedione Responses to Weight Lifting in Man and Women, *European Journal of Applied Physiology*, 50, 413-419.
- Widrick, J. J., Stelzer, J. E., Shoepe, T. C., & Garner, D. P. (2002). Functional properties of human muscle fibers after short-term resistance exercise training. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 283(2), R408-R416.
- Williams, A. G., Ismail, N. A., Sharma, A., & Jones, D. A. (2002). Effects of resistance exercise volume and nutritional supplementation on anabolic and catabolic hormones. *European journal of applied physiology*, 86(4), 315-321.
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2004). *Hormonal Regulation of Exercise*, 3rd ed. Physiology of Sport and Exercise 3. Edition (s.161-175), Stanningley: Human Kinetics.
- Zatsiorsky, V. M. (1995). Modelling of rational variants of the speed-skating technique. *Journal of sports sciences*, 13(2), 153-170.
- Zhou, X., Naguro, I., Ichijo, H., & Watanabe, K. (2016). Mitogen-activated protein kinases as key players in osmotic stress signaling. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1860(9), 2037–2052.
- Zitzmann, M., & Nieschlag, E. (2001). Testosterone levels in healthy men and the relation to behavioural and physical characteristics: facts and constructs. *European Journal of Endocrinology*, 144(3), 183-197.
- Zmuda, J. M., Thompson, P. D., & Winters, S. J. (1996). Exercise increases serum testosterone and sex hormone—binding globulin levels in older men. *Metabolism*, 45(8), 935-939.
- Zuluaga, M. (1995). Sports physiotherapy: applied science and practice: Churchill Livingstone.

