



T.C.  
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ANTRENÖRLÜK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

**VÜCUT GELİŞTİRMECİLERDE KAN  
AKIMI KISITLAMA  
ANTRENMANLARININ HİPERTROFİ  
GÖSTERGELERİ ÜZERİNE AKUT ETKİSİ  
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

DİLEK ŞAHİN

DANIŞMAN

DOÇ. DR. VELİ VOLKAN GÜRSES  
DR. ÖĞR. ÜYESİ SEDAT GÜLTEN

DİLEK ŞAHİN YÜKSEK LİSANS TEZİ ANTRENÖRLÜK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

**T.C.  
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ANTRENÖRLÜK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI  
HAREKET VE ANTRENMAN BİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**VÜCUT GELİŞTİRMECİLERDE KAN AKIMI KISITLAMA  
ANTRENMANLARININ HİPERTROFİ GÖSTERGELERİ  
ÜZERİNE AKUT ETKİSİ**

**Dilek ŞAHİN**

**Danışman  
II. Danışman  
Jüri Üyesi  
Jüri Üyesi  
Jüri Üyesi**

**Doç. Dr. Veli Volkan GÜRSES  
Dr. Öğr. Üyesi Sedat GÜLTEN  
Doç. Dr. Mustafa Şakir AKGÜL  
Doç. Dr. Ali Erdem CİĞERCİ  
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa KEREM**

**KASTAMONU - 2022**

## TEZ ONAYI

**DİLEK ŞAHİN** tarafından hazırlanan “**Vücut Geliştirmecilerde Kan Akımı Kısıtlama Antrenmanlarının Hipertrofi Göstergeleri Üzerine Akut Etkisi**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri karşısında savunulmuş ve **oy birliği / oy çokluğu** ile Kastamonu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü **Hareket ve Antrenman Bilimleri Ana Bilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı                      Unvanı Adı SOYADI                      .....  
Üniversite Adı

Jüri Üyesi  
(Danışman)                      Unvanı Adı SOYADI                      .....  
Üniversite Adı

Jüri Üyesi                      Unvanı Adı SOYADI                      .....  
Üniversite Adı

... /.../2022

Enstitü Müdürü                      Unvanı Adı SOYADI                      .....

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### VÜCUT GELİŞTİRMECİLERDE KAN AKIMI KISITLAMA ANTRENMANLARININ HİPERTROFİ GÖSTERGELERİ ÜZERİNE AKUT ETKİSİ

Dilek ŞAHİN

Kastamonu Üniversitesi

Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Hareket ve Antrenman Bilimleri Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Veli Volkan GÜRSES

II. Danışman: Dr. Öğr Üyesi Sedat GÜLTEN

Bu araştırmanın amacı vücut geliştirme sporcularına uygulanan KAK antrenman yönteminin hipertrofi ile ilgili bazı biyomarkerlar üzerinde akut etkisinin incelenmesidir. Araştırmaya, en az 1 yıldır aktif vücut geliştirme sporcusu olan 13 erkek gönüllü olarak katılmıştır. Araştırmaya katılan sporcuların yaş ortalaması  $28,08 \pm 6,38$  yıl, boy uzunluğu ortalamaları  $177,54 \pm 7,24$  cm, vücut ağırlığı ortalamaları  $82,83 \pm 7,84$  kg, vücut yağ oranı ortalamaları  $14,40 \pm 5,00$  olarak belirlenmiştir. Çalışmada crossover (çaprazlama) çalışma deseni kullanılmıştır. Katılımcılar 3 ayrı günde cross-over desenine uygun şekilde alışma antrenmanı, hipertrofi antrenmanı ve kan akımı kısıtlama antrenmanı uygulamışlardır. KAK antrenmanları 1 maksimum tekrarın (1 MT) %30 şiddetinde 30-15-15-15 tekrar, hipertrofi antrenmanı ise 1 MT'nin %70-72,5-75 şiddetinde 3 set \* 10 tekrar 1 dakika set arası ile uygulanmıştır. Egzersizlerde kas aksiyonlarının 2 saniye konsantrik, 2 saniye eksantrik olacak şekilde kontrol altına almak için metronom kullanılmıştır. KAK antrenmanları süresince genişliği 13,5 cm olan pnömatik turnike (Reiser, Almanya) ile katılımcıların her iki uyluğunun proximal bölümüne basınç uygulanmıştır. Çalışmanın istatistiksel analizinde SPSS 23 (SPSS. Chicago. IL. US) paket programı kullanılmıştır. Bağımlı gruplarda iki ayrı zaman noktasında elde edilen tekrarlı ölçüm sonuçları arasındaki farkın belirlenmesi için iki yönlü tekrarlanan ölçümlü ANOVA testi kullanılmıştır. Tüm analizler  $p < 0,05$  güven aralığında işlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Kan akımı kısıtlama, hipertrofi, vücut geliştirme, 1 maksimum tekrar.

2022, 48 sayfa

Bilim Kodu: 130101

## ABSTRACT

MSc. Thesis

### ACUTE EFFECTS OF BLOOD FLOW RESTRICTION TRAINING ON HYPERTROPHY INDICATORS OF BODYBUILDERS

Dilek ŞAHİN

Kastamonu University

Institute of Healty Sciences

Movement and Training Sciences Department

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Veli Volkan GÜRSES

Co-Supervisor: Assist. Pr. Dr. Sedat GÜLTEN

This study aims to examine the acute effect of blood flow restriction (BFR) training on certain hypertrophy-related bio-markers in bodybuilders. The participants of the study were 12 men who have been actively working as bodybuilders for least one years. The average age of the participating athletes was  $28.08 \pm 6.38$  years, and their average height was  $177.54 \pm 7.24$  cm, with an average body weight of  $82.83 \pm 7.84$  kg, and average body fat rate of  $14.40 \pm 5.00$ . Crossover design was adopted in the study. The participants entred famirilization, hypertrophy training and BFR training in order to cross over study design in three sperated days. The BFR training was carried out as 30% severity of one-repetition maximum (1RM), 30-15-15-15 repetitions while the hypertrophy training was performed as 70-72,5-75% of 1RM 3 sets \* 10 repetition with 1-minute intervals between sets. A metronome was used to take muscle actions under control so that they are concentric for 2 seconds and eccentric for 2 seconds. During the BFR training, pressure was applied on the proximal section of both thighs of participants using a pneumatic tourniquet with a width of 13,5 cm (Reiser, Germany). SPSS version 23 (SPSS, Chicago, IL, US) package program was used for statistical analysis of the study. Two-way repeated measures analysis of variance (ANOVA) was used to determine the difference between the repeated measurements obtained at two different time points in dependent groups. All analysis was run with a confidence interval of  $p < 0.05$ .

**Key Words:** Blood flow restriction, bodybuilding, hypertrophy, one-repetition maximum

**2022, 48 pages**

**Science Code: 130101**

## TEŞEKKÜR

Öncelikle tez konusunun belirlenmesinden tamamlanmasına kadar geçen süreçte bilgilerini ve tecrübelerini esirgmeden rehberlik eden, bütün sorularımı sabırla yanıtlayan saygıdeğer danışman hocalarım Sayın Doç. Dr. Veli Volkan GÜRSES'e ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Sedat GÜLTEN'e minnetimi ve saygılarımı sunarım. Her zaman değerli fikirleriyle bana rehberlik eden hocam Sayın Doç. Dr. Mustafa Şakir AKGÜL'e en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım. Tez çalışmam boyunca varlıklarıyla bana verdikleri destek için kıymetli dostum Öğr. Gör. Melike Nur AKGÜL'e ve değerli kardeşim Şahan GÜZEL'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Çalışmaya katılan sporculara ve laboratuvar personellerine yardımlarından dolayı teşekkür ederim. Hayatım boyunca bana destek olan aileme, her zaman beni motive eden sevgili eşim Öğr. Gör. Zafer ŞAHİN'e ve biricik yavrum Umay ŞAHİN'e tüm kalbimle teşekkür ediyorum.

Dilek ŞAHİN

Kastamonu, Mayıs 2022

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
<b>ÖZET</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>vii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>FOTOĞRAFLAR DİZİNİ</b> .....	<b>xii</b>
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	<b>xiii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Araştırmanın Amacı .....	2
1.2. Araştırmanın Önemi .....	2
1.3. Araştırmanın Problemi .....	2
1.4. Araştırmanın Hipotezleri .....	2
1.5. Araştırmanın Sınırlılıkları .....	3
<b>2. GENEL BİLGİLER</b> .....	<b>4</b>
2.1. Kas Hipertrofisi .....	4
2.2. Kas Hipertrofi Çeşitleri .....	5
2.2.1. Sarkoplazmik Hipertrofi .....	5
2.2.2. Miyofibril Hipertrofi.....	5
2.3. Kas Hasarı .....	6
2.4. Kas Hasarı Belirteçleri .....	7
2.5. Kreatin Kinaz (CK) .....	7
2.6. Miyogloblin (MYB) .....	8
2.7. Direnç Antrenmanı .....	8
2.8. Kuvvet .....	9
2.9. Kuvvet Antrenman Yöntemleri .....	10
2.9.1. Maksimal Kuvvet Antrenmanları .....	10
2.9.1.1. <i>Seri metodu</i> .....	11
2.9.1.2. <i>Maksimal yükler metodu</i> .....	11
2.9.1.3. <i>Piramidal metot</i> .....	11

2.9.1.4. Tekrar metodu .....	12
2.9.2. Çabuk Kuvvet Antrenmanı .....	12
2.9.3. Kuvvette Devamlılık Antrenmanı.....	13
2.9.4. Pliometrik Kuvvet Antrenmanı.....	14
2.10. Kas Lif Tipleri .....	15
2.10.1. Tip 1 Lifler.....	15
2.10.2. Tip 2A Lifler.....	15
2.10.3. Tip 2B Lifler .....	16
2.11. Kan Akımını Kısıtlama Antrenmanı .....	17
<b>3. YÖNTEM.....</b>	<b>19</b>
3.1. Araştırma Deseni .....	20
3.2. Yaş.....	20
3.3. Boy Uzunluğu.....	20
3.4. Vücut Ağırlığı ve Vücut Yağ Oranı .....	21
3.5. Kalp Atım Hızının Belirlenmesi.....	21
3.5.1. Maksimum Tekrarın Belirlenmesi .....	21
3.6. Kan Örneklerinin Alınması .....	22
3.7. Kan Akışı Kısıtlamasının Uygulanması .....	22
3.8. İstatiksel Analiz .....	24
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>25</b>
<b>5. TARTIŞMA .....</b>	<b>29</b>
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>34</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>35</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>42</b>
EK 1. Gönüllü Olur Belgesi .....	43
EK 2. Etik Kurul Onayı.....	46

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**

ANT	Antrenman
ALT	Alanin aminotransferaz
AST	Aspartat aminotransferaz
ACSM	Amerikan Spor Hekimleri Birliği
ATP	Adenozin tri fosfat
BFR	Blood Flow Restriction
CK	Kreatin Kinaz
CP	Kreatin fosfat
EDTA	Etilen Diamin Tetra Asetik Asit
HGB	Hemoglobin
KAH	Kalp Atım Hızı
KAK	Kan Akımı Kısıtlama
IGF-1	İnsülin Benzeri Büyüme Faktörü 1
LDH	Laktat Dehidrogenaz
Max	Maximum
Min	Minimum
MT	Maksimum Tekrar
MYB	Miyoglobin
Ort	Ortalama
UOB	Uzuv Oklüzyon Basıncı
cm	santimetre
dk	dakika
kg	kilogram
sn	saniye
%	yüzde
°C	derece santigrad
µg/L	mikrogram/litre

mmHg	milimetre cıva
U/L	ünite/litre
vs.	vesaire

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 1. Antrenman öncesi ve antrenman sonrası sarkoplazmik hipertorfi ve miyofibril hipertrofinin görünümü.....	6
Şekil 2. Maksimal kuvvet antrenman planı örneği.....	10
Şekil 3. Piramidal antrenman metodu .....	12
Şekil 4. Çabuk kuvvet antrenman planı .....	13
Şekil 5. Kuvvette devamlılık antrenman planı.....	14
Şekil 6. Kas lif özellikleri .....	16
Şekil 7. Araştırma deseni şeması .....	20
Şekil 8. Myoglobin.....	26
Şekil 9. Kreatin Kinaz .....	27

**FOTOĞRAFLAR DİZİNİ**

	<b>Sayfa</b>
Fotoğraf 1. Maksimum tekrarın belirlenmesi.....	22
Fotoğraf 2. Kan akışı kısıtlamasının uygulanması.....	23

**TABLÖLAR DİZİNİ**

	<b>Sayfa</b>
Tablo 1. Katılımcıların bazı değişkenlerini gösteren tanımlayıcı istatistik.....	25
Tablo 2. Katılımcıların myoglobin değerlerini gösteren tanımlayıcı istatistik. ....	25
Tablo 3. Katılımcıların kreatin kinaz değerlerini gösteren tanımlayıcı istatistik.....	27

## 1. GİRİŞ

Vücut geliştirme sporu genel olarak "fitness" veya "fiziksel uygunluk" kapsamında değerlendirilmektedir. Vücut geliştirme sporu yapan ve özellikle profesyonel olarak yarışmalara katılan tüm sporcuların asıl amacı kas kütlelerinin hacmini artırmaktır. Bu nedenle sporcular haftada en az 3 gün yüksek dirençlere karşı kuvvet antrenmanları uygulayarak kas kütlelerini arttırmayı hedeflemektedirler (Akkoç ve Yücesir 2015). Düzenli olarak yapılan direnç antrenmanları; kaslarda hipertrofiyi, maksimal kuvveti ve güç üretimini artırabilmekte, sakatlanma ihtimalini azaltarak sakatlık sonrası rehabilitasyon sürecini kısaltmaktadır (Gürel, 2013). Ağır direnç antrenmanı sonrası fiziksel adaptasyonun en önemli belirtisi kas hipertrofisidir (Gürel, 2013). Hipertrofi antrenmanı esnasında tip-1 ve tip-2 kaslar aktif olarak çalışmaktadır. Yapılan çalışmalar, maksimum (Max) seviyede kassal hipertrofiye ulaşabilmek için tip-1 ve tip-2 liflerinin birlikte gelişmesi gerektiğini göstermiştir (Taş, 2020).

Yapılan kassal hipertrofi egzersizleri sonrasında vücutta birçok değişiklik meydana gelmektedir. Bu değişiklikler; kasın enine kesit yüzeyinde artış, kas içi mitokondri sayısında artış, kas içi glikojen depolarında artış, trigliserid deposunda artış ve kas içi gerçekleşen metabolik sistemlerin hızı ve etkinliğindeki artışlar olarak sıralanabilir (Taş, 2020).

İskelet kasının hipertrofiye uğramasını ve kuvvet artışını sağlayan diğer bir antrenman metodu ise düşük şiddette uygulanan Kan Akımı Kısıtlama (KAK) antrenman yöntemidir (Loenneke, vd., 2012). KAK eğitimi 1960'lı yılların sonunda Yoshiaki Sato tarafından Japonya'da bulunmuştur. Daha sonra bu yöntem KAATSU [Damarsal sınırlı kısıtlama ile kuvvet antrenmanı (Vascular Occlusion Strenght Training)] eğitimi olarak adlandırılmıştır (Tütüneken, 2021). Kan akımı kısıtlama antrenman yöntemi, gelişimi hedeflenen kas grubunun proksimaline takılan bir turnike ile kan akımının eksternal basınçla kısıtlanması prensibine dayalı bir egzersiz protokolüdür. Eksternal basınç arteriyel kan akışına izin veren, venöz kan akışını kısıtlayan bir basınca kadar manşonun manuel veya pnömatik olarak şişirilmesi ile sağlanır. Kas içerisinde venöz dönüşün kısıtlanmasına bağlı olarak oluşan anaerobik ortam kas hipertrofisini

etkileyen çeşitli lokalize, hücrel ve hormonal değişikliklere neden olmaktadır. Oluşan hipoksik ortamın antrenmanın etkisinde kas kuvvetinde ve hacminde önemli artışların meydana gelmesine neden olduğu ileri sürülmektedir (Tütüneken, 2021). 1 maksimum tekrarın (1 MT) %70-%80'inde yüklerle yapılan hipertrofi antrenmanları ile 1 MT'nin %20-%30'unda yüklerle uygulanan KAK yöntemi karşılaştırılmış, KAK yönteminin geleneksel hipertrofi antrenman yöntemine alternatif bir yöntem olabileceği belirtilmiştir (Türkdoğan, 2019).

### **1.1. Araştırmanın Amacı**

Bu araştırmanın amacı, farklı hipertrofi antrenman yöntemleri olan KAK ve Klasik hipertrofi antrenmanlarının antrenman sonrası hipertrofi ile ilişkili biyobelirteçler üzerine akut etkilerini karşılaştırmaktır.

### **1.2. Araştırmanın Önemi**

Literatürde klasik antrenman yöntemlerinden daha düşük şiddette hipertrofik cevaba neden olan KAK antrenmanları ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Literatürde konu hakkındaki rapor sayısı az olduğundan daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Hipertrofi adaptasyon hedefli egzersiz seçimi sırasında spor bilimcilere, antrenörlere, ve sporculara KAK antrenmanlarının akut hipertrofik göstergeleri hakkında önemli bilgi sunacaktır.

### **1.3. Araştırmanın Problemi**

Araştırmanın problemi; "KAK antrenman yöntemi klasik hipertrofi antrenmanı gibi hipertrofi üzerine benzer etkiyi gösterir mi?" şeklinde ifade edilmiştir.

### **1.4. Araştırmanın Hipotezleri**

H0: KAK antrenman yöntemi klasik hipertrofi antrenman yöntemine göre benzer hipertrofik etkiye neden olmaz.

H1: KAK antrenman yöntemi klasik hipertrofi antrenman yöntemine göre benzer hipertrofik etkiye neden olur.

Alt Hipotez 1: KAK antrenman yöntemi klasik hipertrofi antrenman yöntemine göre kreatin kinazın daha fazla artmasına neden olur mu?

Alt Hipotez 2: KAK antrenman yöntemi klasik hipertrofi antrenman yöntemine göre miyoglobinin daha fazla artmasına neden olur mu?

### **1.5. Araştırmanın Sınırlılıkları**

Araştırmada kas hasarı belirteçleri olarak miyoglobin ve kreatin kinaz değerlendirilmiştir. Literatürde sıklıkla büyüme hormonu, insülin benzeri büyüme faktörü ve testosteron hormonu değerlendirmeleri yapılmaktadır. Hem yeterli katılımcı sayısına hem de yeterli ekipmana ulaşamadığından yukarıdaki hormonlar değerlendirilmeye alınamamıştır. Ayrıca popülasyon sadece erkek sporcular ile sınırlandırılmıştır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Kas Hipertrofisi

Hipertrofi, doku veya organda hücre sayısında artış olmadan hacimde meydana gelen artış olarak tanımlanır. Ağır direnç antrenmanları sonucu kas gelişir ve kas lifinin enine kesit yüzey alanı artar. Kasın yüzey alanının artmasına kassal hipertrofi denir. Hipertrofi antrenmanları yağsız kas kütlelerini artırarak daha atletik bir görünüm sağlar. Ayrıca kuvvet ve güç gerektiren yüksek şiddetli antrenmanlar için hipertrofi antrenmanları büyük önem taşımaktadır (Taş, 2020). Kas büyümesi sonucu fibrillerinin sayısı artmaz, yalnızca fibrillerin çapında artış (hipertrofi) meydana gelir. Kas hücrelerinin hacimce artmasıyla birlikte aktin ve miyozin filamentleri, myofibril, mitokondri ve kas glikojen miktarında artışlar meydana gelir (Pancar, 2019). Kassal hipertrofi genellikle az ve orta sayıda tekrarlardan oluşan ve antrenman şiddetinin kademeli bir şekilde arttığı egzersiz programları ile gerçekleşir.

Antrenmanlar süresince kas 36 hafta boyunca hipertrofi uyarımını üst seviyede tutar, sonraki antrenman periyotlarında hipertrofinin hızı yavaşlar ve önceki durumuna dönme eğilimi içerisinde olur. Direnç antrenmanları esnasında tip-1 ve tip-2 kaslar aktiftir, maksimum hipertrofinin oluşabilmesi için her iki kas lifinin de gelişmesi önemlidir. Hipertrofi antrenmanları sonucunda tip-2 fibrillerinin öncelikli olarak büyüdüğü gözlemlenmiştir (Gürel, 2013); (Taş, 2020). Hipertrofi antrenmanları 1 MT'nin %60 ile %85'i arasında bir şiddetle yapılmalıdır. Kas kütleleri artışı için 6-20 tekrar, 3-6 set ve setler arası 2-3 dakikalık dinlenme periyotları uygulanmalıdır (Özdamar, 2019). Hipertrofi antrenmanları esnasında uygulanan hareketin hızı, kuvvet gelişimi ve kas hipertrofisi için belirleyici etkenlerden biridir (Ünlü, 2015). Hipertrofi antrenmanları sırasında kas içerisinde rezerve olan ATP + CP kullanılır, setler arası 1-2 dakikalık rejenerasyon süresince kullanılan ATP + CP'nin %70' i tekrardan rejenere edilir (Taş, 2020).

## 2.2. Kas Hipertrofi Çeşitleri

### 2.2.1. Sarkoplazmik Hipertrofi

Sarkoplazmik hipertrofi, kas hücre sıvısı olan sarkoplazmanın hacminin artmasıdır. Bu sıvı kasın boyutunun yaklaşık %25 ila %30'unu kapsamaktadır. Sarkoplazmik hipertrofi ile kasın kütlelerinde artış, kas fibril yoğunluğunda düşüş ve bunun sonucunda kas gücünde herhangi bir artış meydana gelmemektedir (Tansu, 2006).

Uygulanan antrenman boyunca ve antrenmandan hemen sonra hücre içinde ve hücreler arasında sıvı birikimi meydana gelmektedir. Buna bağlı olarak kas hacminde geçici artışlar gözlemlenmektedir. Antrenmanla birlikte biriken sıvı, antrenmandan sonra kana karışır dolayısıyla kas hacmindeki akut artış sona erer (Ünlü, 2015).

Sarkoplazmik hipertrofi, hücre şişmesi üzerindeki etkileri ile ilişkili olarak kronik adaptasyonların ve daha fazla büyümeye yol açan protein sentezinin artışına neden olmaktadır (Schoenfeld, 2010).

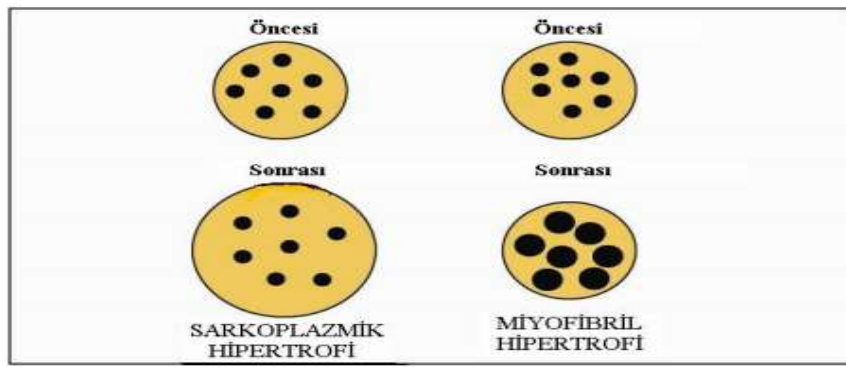
Sarkoplazmik hipertrofi genelde vücut geliştirme sporu yapanların uyguladığı yüksek tekrarlı (8-12) egzersizlerin sonucudur. Sarkoplazmik hipertrofinin koşma, zıplama, vurma, atlama gibi bir seferlik patlayıcı kuvvet gerektiren hareketlere çok yardımı yoktur. Bu nedenle vücut geliştirme sporu yapan sporcular genellikle Tip II A fibril hipertrofisi egzersizleri uygulayarak kasın kasılmayan yapılarını (sarkoplazmik hacmi, kılcıl damar yoğunluğunu, mitokondri sayısının artması) geliştirerek diğer sporculara göre daha kaslı görünseler de en hızlı ve en güçlü sporcular değildir (Tansu, 2006).

### 2.2.2. Miyofibril Hipertrofi

Miyofibril hipertrofi, kas içerisinde kasılan ve gerilimi sağlayan miyofibrillerin dolayısıyla kas fibrilinin büyümesidir. Miyofibril hipertrofi sonucunda miyofibril kesit alanı artar ve buna bağlı olarak kas daha fazla güç üretebilir. Bu tip hipertrofinin sağlanabilmesi için az tekrar ve yüksek şiddette ağırlıkların kullanılması gereklidir. %85 ila %100 şiddetinde, 1-5 tekrar aralığında uygulanan maksimal kuvvet antrenmanları kasın patlayıcı gücünü sağlayan kısmını çalıştırmaktadır. Bu antrenman

metotları sinir sistemini de geliştirir aynı zamanda hızlı kasılan fibrilleri (Tip II B fibrillerini) hipertrofiye uğratar (Tansu, 2006).

İskelet kası çok fazla yüklenmeye maruz kaldığında miyofibrillerde ve ilgili hücrelerde bozulmalara neden olur. Bunun sonucunda miyofibriller kontraktil proteinler olan aktin ve miyozinin boyutunda ve miktarlarında ve paralel olarak toplam sarkomer sayısında bir artışa yol açar. Bu da tek tek liflerin çapını arttırarak kas kesit alanında artışa neden olur (Schoenfeld, 2010).



Şekil 1. Antrenman öncesi ve antrenman sonrası sarkoplazmik hipertrofi ve miyofibril hipertrofinin görünümü (Tansu, 2006)

### 2.3. Kas Hasarı

Egzersizle birlikte oluşan kas hasarı, kas hipertrofisini başlatan en önemli mekanizmalardan biridir (Pancar, 2019).

Egzersiz, aktif kas üzerinde mikro travmalara sebep olarak hipertrofik yanıt oluşmasına neden olmaktadır. Alışık olunmayan egzersizler, en zayıf sarkomerlerin bulunduğu noktadan miyofibrillerin yırtılmasına ve T-tübüllerinin deforme olarak kalsiyum homeostazının bozulmasına sebep olur. Bunun sonucunda uydu hücresi artmasını ve farklılaşmasını düzenleyen çeşitli büyüme faktörlerinin salınımının artmasına yol açtığı düşünülmektedir (Pancar, 2019).

Yapılan egzersizlerin türü, boyutu ve egzersizi uygulayan kişinin yaş, cinsiyet ve antrenman durumu da kas hasarının miktarında belirleyici etkenlerdendir. Eksantrik

kasılma türünde yapılan egzersizlerin ise kas hasarına daha fazla neden olduğu bilinen bir durumdur (Şahin, 2018).

Eksantrik kasılma türünde yapılan egzersizlerin kas hasarı üzerine etkilerini ortaya koymak için genellikle diz ekstansörleri ve dirsek fleksörleri kas gruplarının aktif olduğu egzersizler tercih edilmektedir (Şenışık, 2010).

Yapılan araştırmalarda, kuvvet gelişiminin kas hasarı ve kas ağrısıyla ilgili olduğu belirtilmiştir. Kas hasarının belirtisi olarak plazma Kreatin Kinaz (CK) seviyesi yükselir. CK'nin plazmadaki oranının artması, kas doku hasarının belirteci olarak bilinmektedir (Toklu, 2018).

Egzersiz sonrası kandaki kas proteinlerinin miktarı kas hasarının indirekt göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Kas enzimleri laktat dehidrojenaz, aspartat aminotransferaz, karbonik anhidraz izoenzim II ve CK olarak bilinir. Diğer kas proteinleri olan miyogloblin, miozin ve troponin ağır zinciri de kas zararının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Şam, 2007).

#### **2.4. Kas Hasarı Belirteçleri**

Kas membranının bozulmasına bağlı olarak dolaşıma katılan bazı kasa ait enzimler kas hasar varlığını ve hasarın ne derece olduğunu gösteren biyokimyasal belirteçler olarak kabul edilirler (Erkek, 2019).

#### **2.5. Kreatin Kinaz (CK)**

Kuvvet gerektiren egzersizler esnasında eksantrik ve konsantrik kas kasılma türlerinin aynı anda uygulanması sonucu kas hasarı biyobelirteçleri yükselerek kas ağrısının oluşmasına sebep olurlar. Bu kas hasarı belirteçlerinden en önemlisi ise CK'dir ve ağır bir egzersiz sonrası 2 ila 12 saat arasında artmaya başlar ve bu artış, bazen 48 saat sürebilir. CK egzersizden tam olarak 24 saat sonra pik seviyeye ulaşır ve egzersizden sonraki 5. güne kadar artış gösterebilir (Kaplan, 2019); (Ünlü, 2015).

Egzersiz sonrasında dolaşım sisteminde görülen CK'nin kaynağı, kalp veya iskelet kasıdır. İskelet ve kalp kasında oluşan travmalar CK'nin dolaşım seviyesinin artmasına neden olur (Şahin, 2018).

18 yaş üstü sağlıklı erkeklerde CK seviyesi 48-227 ünite/litre (U/L)'dir (Pancar, 2019).

Bunlarla birlikte CK'nin tip 2 kas liflerinde tip 1 kas liflerine oranla daha fazla aktivasyon gösterebileceği bildirilmektedir. Egzersiz sonrası lif tiplerinde oluşan hasarın farklı olmasına lif tiplerinin yapısal farklılıklarının neden olduğu söylenebilir (Coşkun, 2011).

## **2.6. Miyogloblin (MYB)**

Kas hasarının belirlenmesinde en önemli belirteçlerden biri de miyoglobindir. MYB, oksijen moleküllerinin kas hücresi içindeki mitokondriye taşınmasını sağlayan protein yapıda bir maddedir. MYB'nin görevi oksijenin depolanması ve kas içine taşınmasını sağlamaktır. Tip 1 kas liflerinde, Tip 2 kas liflerine kıyasla beş kat daha fazla MYB bulunmaktadır (Ünlü, 2015).

Aerobik enerji sisteminin kullanıldığı aktivitelerde daha fazla rol üstlenirse de kuvvet egzersizlerinde MYB ile taşınan oksijen mitokondriye geçtiğinde ATP elde edilir. Kuvvet antrenmanları sonrasında oluşan kas hasarına bağlı olarak kan dolaşımındaki yoğunluğu artmaktadır. MYB de hemoglobin (HGB)'in kan içerisindeki görevine benzer şekilde oksijenin kas hücresinde depolanması ve mitokondriye iletilmesi görevini üstlenir. 18 yaş üstü sağlıklı erkeklerde MYB seviyesi 0-154,9 mikrogram/litre ( $\mu\text{g/L}$ )'dir (Ünlü, 2015); (Pancar, 2019).

## **2.7. Direnç Antrenmanı**

Direnç antrenmanları, kuvvet, kas hipertrofisi, kas gücü, hız, kassal dayanıklılık, motor performans, denge ve koordinasyonu geliştirerek sporcuların atletik performanslarını geliştirmedeki rolü nedeni ile son 40 yıl içerisinde popüler olan bir antrenman yöntemidir (Gençoğlu ve Şen, 2020).

Ayrıca direnç egzersizleri sonrası kaslarda hipertrofi, maksimal kuvvet ve güç üretimi artmaktadır; bunlarla beraber direnç egzersizlerinin sporcuların sakatlanma ihtimalini azalttığı ve sakatlık sonrası rehabilitasyon süresini kısalttığı bilinen bir durumdur (Akın, 2015).

Direnç antrenmanları sonrasında kasta meydana gelen travmalar bazı proteinleri uyarır. Egzersiz sonrası vücutta protein sentezi artar ve 48 saat devam eder. Direnç antrenmanları sonrasında kas proteinlerinin tipinde değişiklikler olmaya başlar. Bununla birlikte kas lifi hipertrofisinde önemli değişikliklerin oluşabilmesi için daha uzun bir egzersiz periyotlaması gerekmektedir. Hipertrofi ilk dönemlerde yüksek seviyede zamanla azalmaya başlar (Tütüneken 2021).

Direnç antrenmanları planlanırken set sayısı, tekrar sayısı, dinlenme süresi, şiddet ve frekansın düzenlenmesine dikkat edilmelidir (Gökalp, 2020).

## **2.8. Kuvvet**

Kuvvet, sporcuların kassal aktivite ile birlikte dış dirençlere karşı koyabilmesi ve dış dirençlere karşı koyarak bir kütleyi bulunduğu noktadan hareket ettirebilmesi; dirence karşı kasılarak maksimum kasılma gücü üretebilmesi olarak tanımlanmaktadır (Akın, 2015).

Günümüzde literatüre bakıldığında yüksek seviyede kas kuvvetinin sporsal performans ile anlamlı bir şekilde ilişkili olduğu ortaya çıkmaktadır. Buna göre kas kuvvetinin tüm sportif faaliyetlerde (atletizm, basketbol, hentbol, futbol vs.) önemli katkısı olduğu söylenebilir. Direnç egzersizleri kuvvet gelişimini ve kasların sinirsel uyarılmasını önemli düzeyde arttırmaktadır (Gürel, 2013).

Direnç antrenmanları sonrasında ortaya çıkan en yaygın adaptasyonlardan birisi kuvvet üretme kapasitesindeki artıştır. Direnç antrenmanları sonrasında nöral adaptasyonlar ve kas lifi boyutunda artışlar meydana gelir bunun sonucunda ise kas kuvvetinde artış meydana gelmektedir (Tütüneken, 2021).

## 2.9. Kuvvet Antrenman Yöntemleri

### 2.9.1. Maksimal Kuvvet Antrenmanları

Maksimal kuvvet antrenmanlarında izokinetik ve elektriksel uyarım yöntemleri kullanılsa da en önemlisi serbest ağırlık ile yapılan antrenmanlardır. Maksimal kuvvet antrenmanları yüzme jimnastik gibi spor branşlarında ek yük olmadan da uygulanmaktadır (Eylen, 2017); (Korkmaz, 2019).

Maksimal kuvvet antrenmanları, yüksek yoğunlukta ve kısa aralıklı patlayıcı kasılmalar şeklinde uygulanırsa maksimal kuvvette gelişmeler görülebilir (Karanlık, 2019).

Çok yüksek bir dirence karşı uygulanan bu antrenmanlar kas üzerinde stres oluşturarak kasın kuvvet yönünden gelişimini ve büyümesini sağlar (Turgut, 2018).

Maksimum kuvvetin gelişiminde nöral katılımın önemli olduğu varsayılabilir. Yüksek yoğunluktaki kuvvet antrenmanları sırasında nöral aktivasyondaki artış sinir sisteminin kullanımını artırır; bununla birlikte kas üzerinde artan sinir kontrolü ve hareket kapasitesi doğrudan maksimal kuvvet antrenmanlarının etkisini ortaya koymaktadır (Eylen, 2017); (Turgut, 2018).

Yoğunluk	1 Maksimum tekrarın %85-100'ü
Tekrarlar	5-12
Dinlenme Süresi	Seriler arası 4-5 dk.
Konsantrik Ritim	Her tekrar için 1-4 saniye
Eksantrik Ritim	Her tekrar için 3-6 saniye
Süre/Seriler	20 sn. A
Egzersiz Sayısı	1-4
Çalışma Sıklığı	Haftada 2 kez
Fazla Tamlama	72-84 saat
Program Süresi	12 hafta
Kontrol	Haftada bir
Uygulama	Kombine ve lokalize egzersizler

Şekil 2. Maksimal kuvvet antrenman planı örneği (Korkmaz, 2019)

### **2.9.1.1. Seri metodu**

Genelde kuvvet antrenmanlarına yeni başlayan sporcuların kullandığı bir yöntemdir. Bu antrenman metodu kasın kesitini artırmayı (hipertrofi) amaçlamaktadır. Yüklenmeler %50-60 şiddetinde, 6-10 tekrardan oluşan ve toplamda 3 setlik serilerden oluşmaktadır. Sporcuların kuvvet ve antrenman durumlarına bakılarak seriler arası dinlenme süreleri belirlenebilir (Eylen, 2017); (Kurtul, 2020); (Korkmaz, 2019).

Bu antrenman metodu patlayıcı kuvveti geliştirmek için ve sinir kas koordinasyonunun uyumu için tercih edilmektedir (Özbay, 2017).

### **2.9.1.2. Maksimal yükler metodu**

Bu antrenman metodu kuvvet gelişimi için oldukça etkili bir metottur. Bu metodun en önemli özelliği ise yüksek yüklenme yoğunluğunda uygulanmasıdır. Maksimal yükler metodu uygulanırken maksimal ağırlıkların kullanılması nedeniyle kemik ve eklem plakları, büyük baskıya maruz kalarak hasara sebep olabilir (Eylen, 2017); (Korkmaz, 2019).

Bu antrenman metodu %85 şiddetinde 3-5 tekrar, %95-100 şiddetinde ise 1-3 tekrar şeklinde uygulanır. Set sayısı ise 1-3 arasında değişmektedir. Yüklenmenin yüksek olmasından dolayı bu antrenman metodunu genelde elit sporcular kullanmaktadır (Cinel, 2005); (Kurtul, 2020).

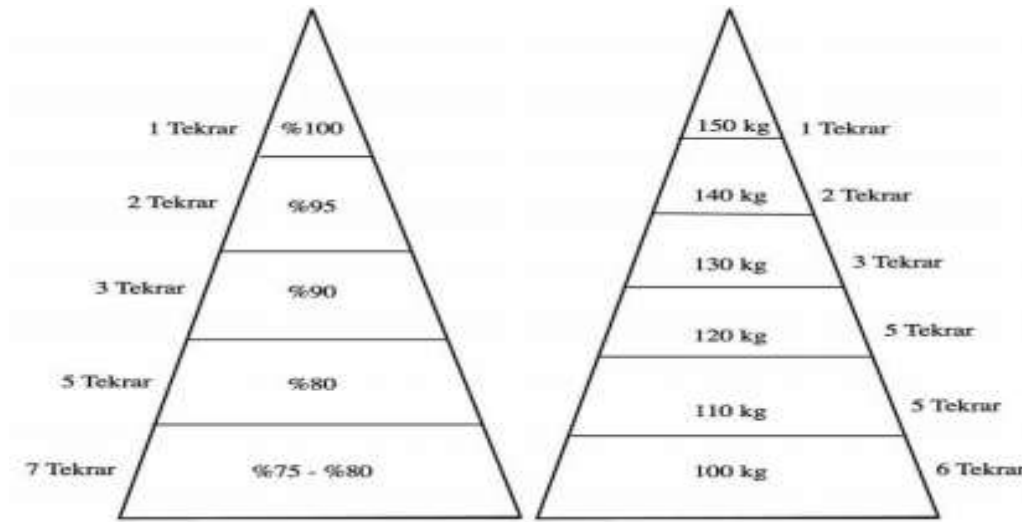
Maksimal yükler metodu maksimal kuvveti arttırmanın yanı sıra nöromüsküler koordinasyonu da düzeltmektedir (Özbay, 2017).

### **2.9.1.3. Piramidal metot**

Bu antrenman metodu ile sporcunun çabuk kuvveti, maksimal kuvveti ve kuvvette devamlılığını geliştirmek mümkündür. Piramidal metot, antrenmanın amacına göre tekrar sayısının kademeli olarak azaltıldığı, yoğunluğun ise kademeli olarak artırıldığı bir yöntemdir. Antrenmanlardan önce sporcunun maksimal kuvveti belirlenir sonrasında ise yüklemenin yoğunluğu belirlenen maksimal kuvvete göre ayarlanır. Dinlenme aralıkları antrenmanın yöntemine göre değişiklik göstermektedir. Piramidal

yüklenme yöntemi; ters piramit, kör piramit ve normal piramit yöntemleriyle de uygulanabilir (Cinel, 2005); (Eylen, 2017).

Bu antrenman yöntemiyle ağır bir şekilde en üst seviyede güç ve kas içi koordinasyon gelişimi hedeflenmektedir (Yılmaz, 2019).



Şekil 3. Piramidal antrenman metodu (Kurtul, 2020)

#### 2.9.1.4. Tekrar metodu

Bu antrenman metodunda tekrar sayısı egzersiz içerisinde bulunan tüm istasyonlar için belirlenmiştir. Sporcuya istasyonlar arasında dinlenme süresi verilmez. İstasyonların bitiminde tüm sporcular için süre tespit edilir. Toparlanma seviyeleri egzersizin tamamında %10-20 gibi seviyelere geldiğinde her istasyonun tekrar sayısı artırılır ve bununla birlikte yüklenme de artar. Bu antrenman modelinin fazla sporcu ile çalışma, mümkün olan tüm araç ve gereçten faydalanma, gruba ve sporcuya kendi kendilerini kontrol etme gibi avantajları vardır (Eylen, 2017); (Özbay, 2017).

#### 2.9.2. Çabuk Kuvvet Antrenmanı

Çabuk kuvvet antrenmanlarının temel amacı sporcunun performansında etkili olan kasların kasılma sürelerini kısaltmaktır (Korkmaz, 2019). Çabuk kuvvetin geliştirilebilmesi için önce maksimal kuvvetin ve hareket hızının geliştirilmesi gerekmektedir (Özbay, 2017). Reaksiyon, başlangıç kuvveti, hareketin hızı, hareketin

frekansı gibi etmenlere bağılı olan çabuk kuvvet, hız, teknik ve maksimal kuvvet gibi birden fazla öğeyi içine almaktadır (Eylen, 2017).

Çabuk kuvvet kas içi ve kaslar arası koordinasyonla birlikte kas liflerinin kasılma kuvvetine bağılıdır. Bu nedenle çabuk kuvvet antrenmanları o spor branşına özel bir çalışmayla birleştirilmelidir. Çabuk kuvvet antrenmanlarında yüklenme ve dinlenme ilişkisi önemlidir, uygulanan hareketler yüksek hızla yapıldığından organizmada yorgunluk meydana gelecektir, bu sebeple çabuk kuvvet antrenmanları uygulanırken tam dinlenme verilerek antrenmanlar uygulanmalıdır. Çabuk kuvvet antrenmanları uygulanırken genel olarak hafif veya orta yüklerden faydalanılmalıdır (Özbay, 2017). Çabuk kuvvet antrenmanları serbest ağırlıkla, sağlık toplarıyla, aletsiz yerde yapılan jimnastik ve esneklik alıştırmaları şeklinde uygulanabilir. Pliometrik antrenmanların yanı sıra, devirli ve devirsiz kuvvet çalışmaları da çabuk kuvveti geliştirme yöntemleri olarak uygulanabilir (Eylen, 2017).

Yoğunluk	1 Maksimum tekrarın %50-80'i
Tekrarlar	1-10
Seriler	5-15
Dinlenme Süresi	5-10 dk.
Uygulama Ritmi	Hızlı, patlayıcı, dinamik
Egzersiz Sayısı	2-7, ortalama 4-5 kez
Sıklık	Haftada 2 kez
Fazla Tamlama	72 saat
Program Süresi	8 Hafta

Şekil 4. Çabuk kuvvet antrenman planı (Korkmaz, 2019)

### 2.9.3. Kuvvette Devamlılık Antrenmanı

Kuvvette devamlılık, kuvvet ve dayanıklılığın belli seviyede birleşimi olarak tanımlanmaktadır. Kuvvette devamlılık antrenmanları yüklenme yüzdesi az, tekrar sayıları fazla, hareket temposunun normal düzeyde olduğu ve yük yerine tekrarların arttırıldığı bir antrenman yöntemidir (Korkmaz, 2019).

Uygulanacak olan antrenmanın kapsamı kuvvette devamlılık antrenman metodu için çok önemlidir. Kuvvette devamlılık uzun süren ve yüksek bir direncin yenilmesi gerektiği durumlarda performansı belirler. Kuvvette devamlılığın gelişmesi için

aktivite esnasında üstesinden gelinmesi gereken dirençten daha fazlasıyla antrenman yapılmalıdır (Eylen, 2017); (Akın, 2015).

Kuvvette devamlılık aynı anda kasılabilen fibrillerin sayısı, çalışılan yükün yoğunluğu, uyarının hacmi, fibrillerin toparlanma kapasitesi, fibrillerin en yüksek hızda kasılabilmesi gibi etkenlerle doğrudan bağlantılıdır (Korkmaz, 2019).

	<b>Genç Sporcular İçin Yöntem</b>	<b>Kas Geliştirme Çalışmalarına Alışkın Sporcular İçin Yöntem</b>
Yoğunluk	Maksimum tekrarın %20-40'ı	Maksimum tekrarın %40-65'i
Tekrarlar	30	10-20
Seriler	4-6	3-5
Dinlenme Süresi	Seriler arasında 30-60 sn.	Seriler arasında 30-60 sn.
Uygulama Ritmi	Orta	Orta
Egzersiz Sayısı	10-12	10-12
Sıklık	Haftada 3 kez	Haftada 3 kez
Fazla Tamlama 72 saat	48 saat	48 saat
Program Süresi	8 hafta	8 Hafta
Uygulama	Kombine Egzersizler	Lokalize Egzersizler

Şekil 5. Kuvvette devamlılık antrenman planı (Korkmaz, 2019)

#### **2.9.4. Pliometrik Kuvvet Antrenmanı**

Pliometrik, kasların en kısa süre içerisinde ulaşabildiği maksimum kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Pliometrik antrenman, kasın en kısa sürede maksimal kuvvete ulaşmasına yol açmaktadır. Pliometrik antrenmanlar elastik kuvvet antrenmanı, reaktif antrenman, eksantrik antrenman olarak da bilinmektedir. Ayrıca pliometrik antrenmanlar darbe metodu ve derinlik sıçraması gibi alt dallara ayrılmaktadır (Eylen, 2017).

Bu antrenman yöntemi bacaklarla yapılan sıçrama hareketleri ve kollar ile yapılan sağlık topu gibi aletlerle uygulanan alıştırmalardan oluşmaktadır. Pliometrik antrenman, dikey sıçrama yüksekliğini en etkili bir şekilde arttıran antrenman

yöntemlerinden biridir. Sıçrama antrenmanları genelde durarak, sabit, yana sıçramalar, karışık sekmeler ve kasa dirillerinden oluşmaktadır (Özbay, 2017).

## **2.10. Kas Lif Tipleri**

İskelet kaslarında iki tip kas lifi bulunmaktadır. Bu kas lifi tiplerinin genetik faktörlerle belirlendiği düşünülmektedir. Kas lifi tiplerinden birincisi tip 1 slow twitch (Yavaş Kasılan) ikincisi ise Tip 2 fast twitch (Hızlı Kasılan) şeklinde olarak ifade edilmektedir (Gençoğlu ve Şen, 2020).

### **2.10.1. Tip 1 Lifler**

Tip 1 lifler kırmızı lifler olarak isimlendirilir. Bu şekilde isimlendirilmesinin sebebi ise bu liflerin daha fazla kapiller, daha yüksek MYB ve daha büyük mitokondriye sahip olmalarıdır. Tip 1 lifler yavaş kasılma özelliğine sahip olan ve kasıldıkları zaman düşük kuvvet üreten kas lif tipleri olarak bilinmektedir (Taş, 2020).

Tip 1 yavaş kasılan kas lifleri aerobik kapasitesi çok yüksek ve uzun süreli kas kasılmalarında daha etkili olan kas lif tipi olarak bilinmektedir (Gençoğlu ve Şen, 2020).

Bu özellikleri dikkate alındığında tip 1 lifler aktivite esnasında yorgunluğa karşı dayanıklıdır (Erkek, 2019).

Özellikle dayanıklılık gerektiren spor branşlarında (maraton, bisiklet, yüzme ve kürek vs.) yoğunlukla kullanılmaktadır (Taşpınar, 2007).

### **2.10.2. Tip 2A Lifler**

Hızlı kasılma özelliğine sahip oksidatif liflerdir. Bu kas liflerinin çapları daha büyük ve mekanizma olarak hızlı olmasına rağmen enerji aerobik yolla elde edilir. Tip 2a liflerin içerisinde mitokondri ve MYB seviyesi yüksektir. Ayrıca hücre içi fazla miktarda glikojen içeriğine sahip olmaları haricinde tip 1 lifler ile benzerlik göstermektedir. Tip 2a liflerinin etrafı fazla miktarda kılcal damar ile kaplanmıştır.

Özellikle tip 1 liflerle kıyaslandığında, tip 2a liflerinin yorulma hızı daha yüksektir. Tip 2a liflerinin rengi kırmızıdır ve anaerobik glikoz yoluyla ATP üretirler (Erkek, 2019); (Taş, 2020).

Tip 2a lifler içeriğinde bulunan ATPaz enzimi hızlı çalıştığı halde aerobik yolla ATP sentezlerler. Çünkü boyutları küçüktür, az sayıda çapraz köprü içerirler ve düşük oranda ATP kullanırlar (Taşpınar, 2007).

Özellikle kuvvette devamlılık gerektiren spor branşlarında (400 m, 800 m koşular, kickboks, güreş vb.) bu kas lif tipi baskın olarak kullanılmaktadır (Gençoğlu ve Şen, 2020).

### 2.10.3. Tip 2B Lifler

Hızlı kasılma özelliğine sahip beyaz renkli glikolitik liflerdir. Bu kas lifleri hacimce büyük ve güçlü kasılmalar gerçekleştiren çok sayıda miyofibrilden oluşmaktadır. Çapları en büyük olan bu kas lifleri çok hızlı kasılıp çok hızlı yorulurlar (Erkek, 2019); (Taş, 2020).

Anaerobik enerji yolunu kullandıkları için glikojen depoları ve glikolitik enzim içerikleri zengindir. Kasılma esnasında oksijene ihtiyaçları yoktur. Genel olarak az miktarda kapiller ile çevrelenmişlerdir. MYB içerikleri azdır ve az sayıda mitokondriye sahiptirler (Taşpınar, 2007).

KAS LİFİ ÖZELLİKLERİ	Tip I Yavaş Kasılan	Tip IIa	Tip IIb
1.Kasılma hızı	Yavaş	Hızlı	Hızlı
2.Kasılma kuvveti	Düşük	Yüksek	Yüksek
3.Yorulma hızı	Geç yorulur	Yorulur	Çabuk yorulur
4.Aerobik kapasite	Yüksek	Orta	Düşük
5.Anaerobik kapasite	Düşük	Orta	Yüksek
6.Lif büyüklüğü	Küçük	Büyük	Çok büyük
7.Kılcal damar yoğunluğu	Yüksek	Yüksek	Düşük

Şekil 6. Kas lif özellikleri (Gençoğlu ve Şen, 2020)

### 2.11. Kan Akımını Kısıtlama Antrenmanı

Amerikan Spor Hekimleri Birliği (ACSM), kas hipertrofisi oluşabilmesi için 1 MT'nin en az %65-75'inde 6 ila 12 tekrar yapılarak ağırlık antrenmanları yapmayı önermektedir (ACSM, 2009). Antrenmanın yoğunluğu önerilen seviyenin altına düşerse kas hipertrofisi ve kas kuvvetinde gelişim sağlanamaz. Son yıllarda popüler olan kan akımı kısıtlama yöntemiyle birlikte 1 MT'nin %20-30'unda yapılan direnç antrenmanları ile kas hipertrofisi ve kas kuvvetinde önemli gelişmeler olduğu belirlenmiştir (Demirci, 2019).

Kan akımı kısıtlama metodu ilk olarak 1960'lı yıllarda Japon fizyoterapist Yoshiaki Sato tarafından çalışılmıştır. Antrenmanlar düşük ağırlıklar eşliğinde yapılarak kasa giden kan akımı manşon yardımı ile kısıtlanmaktadır. Sato bulmuş olduğu bu metodu KAATSU antrenmanı olarak adlandırmıştır (Şahin, 2021).

Kan akımı kısıtlama metodu, gelişimi hedeflenen kasın proksimaline bir turnike takılarak kan akışının eksternal basınçla kısıtlanması ile oluşan bir egzersiz protokolüdür. Eksternal basınç arteriyel kan akışa izin veren, venöz kan akışını kısıtlayan bir basınca kadar manşonun manuel veya pnömatik olarak şişirilmesi ile sağlanmaktadır (Tütüneken, 2021).

Oluşan bu hipoksik ortamla birlikte egzersizin etkileri artmakta ve kas kuvveti ile kas kütlesinde önemli artışların olduğu düşünülmektedir (Demirci, 2019).

Kan akımı kısıtlama metodu özellikle sakatlık geçiren ve rehabilitasyon sürecinde olan sporcular için düşük yüklerde çalışmalar yaparak güçsüz olan bölgeyi güçlendirmek için kullanılmaktadır. Bu antrenman modeli yüksek yüklerde çalışmadan aynı etkileri alabildiği için, özellikle yaşlı kişilerde oluşan kas atrofisini ve yaşlılıkla birlikte ortaya çıkan sarkmaları önlemek için uygulanmaktadır (Türkdoğan, 2019); (Gürel, 2013).

Bu egzersiz metodu uygulanarak yapılan direnç antrenmanları, vücuttaki endokrin sistemini harekete geçirerek kas hipertrofisini ve kas gelişimini önemli düzeyde arttırmaktadır (Şahin, 2021).

Kan akımı kısıtlama antrenmanları sonrası oluşan kas hipertrofisinin sebepleri tam olarak bilinmese de bazı bulgular bunun nedenini açıklayabilir niteliktedir. Bunlardan en önemlisi kan akımı kısıtlama antrenmanları sonrası oluşan kas hücrelerinin akut olarak büyümesidir. Yapılan araştırmalara göre bu büyümenin kan akımı kısıtlama antrenmanları ve klasik hipertrofi antrenmanları ile benzer seviyede olduğunu göstermektedir (Akkoç ve Gözübüyük, 2018).

Kan akımı kısıtlama antrenmanlarının sebep olduğu hipertrofi için bir diğer potansiyel mekanizma, egzersizden sonra üretilen laktik asidin kasın etrafında korunmasıdır. Ayrıca kan akımı kısıtlama antrenmanları ile venöz dönüşün kısıtlanması sonucunda oksijensiz ortamda ortaya çıkan metabolik birikim, yüksek eşikli Tip 2 kas liflerinin uyarımını artırmaktadır. Tip 2 kas lifinin aktivitesi sonrasında protein sentezi ve kas hücrelerinin büyümesi artmaktadır. Tüm bunlara ek olarak kan akımı kısıtlama antrenmanları büyüme hormonu ve insülin benzeri büyüme faktörü 1 (IGF-1) gibi anabolik hormonların artmasına sebep olmaktadır (Akkoç ve Gözübüyük, 2018).

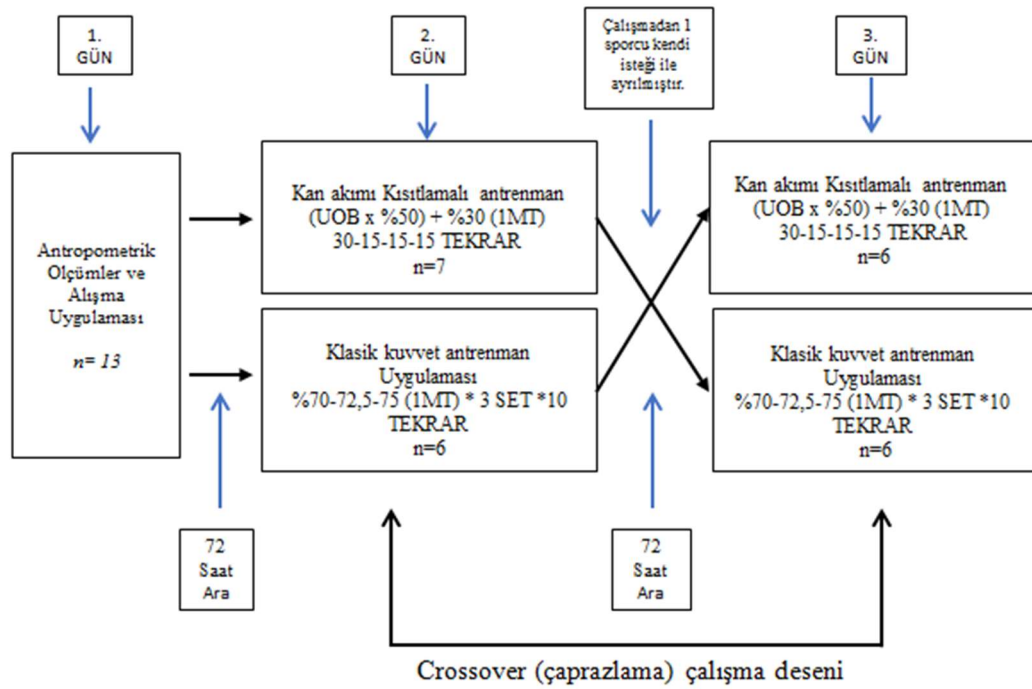
Kan akımı kısıtlama antrenmanları farklı egzersiz metotları (örneğin diz ekstansiyonu, diz fleksiyonu, leg press, yürüyüş, bisiklet, dirsek fleksiyonu, bench press) ile uygulanmış ve çalışmaların büyük çoğunluğunda kas hipertrofisinde önemli artışlar olduğu bildirilmiştir (Tütüneken, 2021).

### 3. YÖNTEM

Çalışmaya haftada en az 1 yıldır fitness antrenmanı yapan 13 erkek sporcu gönüllü olarak katıldı. İkinci ölçümler öncesinde 1 sporcu kendi isteği ile çalışmadan ayrıldı. Çalışmaya katılanlar rastgele yöntem ile Kan Akımı Kısıtlama Antrenman Grubu (7 erkek) ve Klasik Antrenman Grubu (6 erkek) olmak üzere 2 gruba ayrılmıştır. Kan akımı kısıtlama antrenman yönteminin bazı biyobelirteçler üzerinde akut etkisinin değerlendirilmesi için çalışma cross-over (çaprazlama) çalışma deseni kullanılarak yapılmıştır. Katılımcılar 3 ayrı günde cross-over desenine uygun şekilde alışma antrenmanı, hipertrofi antrenmanı ve kan akımı kısıtlama antrenmanı uygulamışlardır. Her ölçüm günü 15 dakikalık bireysel ısınmadan sonra ölçümler alınmıştır. Kan akımı kısıtlama antrenmanları 1 maksimum tekrarın (1 MT) %30 şiddetinde 30-15-15-15 tekrar (Loenneke, vd., 2014), hipertrofi antrenmanları 1 MT'nin %70-72,5-75 şiddetinde 3 set \* 10 tekrar ile uygulanmıştır (ACSM, 2009). Her iki yöntemde set arası dinlenme 1 dk olarak uygulanmıştır. Kan akımı kısıtlama antrenman uygulaması literatürde önerilen prosedüre göre uygulanmıştır. Egzersizlerde kas aksiyonlarını 2 sn konsantrik, 2 sn eksantrik olacak şekilde kontrol altına almak için metronom kullanılmıştır. Kan akımı kısıtlama antrenmanları süresince genişliği 13,5 cm pnömatik turnike (Reiser, Almanya) ile katılımcıların her iki uyluğun proximal bölümünden basınç uygulanmıştır. Her katılımcının uzuv oklüzyon basıncı (UOB) %50'sine ayarlanmış ve dinlenme süreleri dahil tüm seans boyunca şişirilmiş halde tutulmuştur. Maksimum arter tıkanıklığı basıncının belirlenmesi için manşet basıncı kademeli olarak arttırılmış ve arka tibial arterde nabız olmayana kadar palpasyonla kontrol edilmiştir. Ayrıca ayak başparmağına yerleştirilmiş oksimetre (Choicemed MD300C12, Güneykore) ile oksijen saturasyonu ve atım kaydı alınamayan noktayı katılımcının %100'lük bir arter tıkanıklığı değeri olarak kaydedilmiştir (Scott, Loenneke, Slattery ve Dascombe, 2015). Her katılımcının sağ bacağına supine pozisyonunda yatarken kaydedilmiştir. Katılımcılara bu belirleme yöntemi her seanstan hemen önce uygulanmıştır. Her katılımcıdan antrenman öncesi, antrenman sonrası ve antrenmandan 24 saat sonra olmak üzere toplam 6 kez kan alınmıştır. Set başına öngörülen tüm tekrarlar, tüm katılımcılar tarafından başarıyla tamamlanmıştır ve antrenman esnasında sporcular sözlü teşvik edilmiştir. Çalışma esnasında squat

çalışmaları Olympia marka smith ağırlık cihazında yapılmıştır. Araştırma ölçümleri deniz seviyesinden ortalama yükseltisi 780 metre olan Kastamonu Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi fitness salonunda yapılmıştır. Çalışma için gerekli etik kurulu izinleri Kastamonu Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan alınmıştır (KÜ 2020-KAEK-143-89).

### 3.1. Araştırma Deseni



Şekil 7. Araştırma deseni şeması

### 3.2. Yaş

Araştırma grubunun yaşları T.C. kimlik kartlarına bakılarak gün, ay ve yıl olarak hesaplanmıştır.

### 3.3. Boy Uzunluğu

Boy uzunluğu sporcu stadiometreye dayalı, ayaklar bitişik, baş frankfort düzlemdeyken hassasiyeti  $\pm 1$  cm olan SEKA 202 marka (Almanya) stadiometre ile ölçülmüştür.

### 3.4. Vücut Ağırlığı ve Vücut Yağ Oranı

Sporcuların vücut yağ oranı ölçümleri ve vücut ağırlığı ölçümleri impedans analizöründe (tanita Inc, Tokyo, Japan, model, TBF401 A) çıplak ayakla yapılmıştır. Ölçüm esnasında sporcuların üzerinde metal eşya bulundurmamaları sağlanmıştır ve hafif kıyafetler (şort, tişört) olmasına dikkat edilmiştir. Her ölçüm öncesinde ve sonrasında tanita cihazının kontrolleri yapılarak gerekli değerler cihaza girilmiş ve her ölçüm sonrası cihaz dezenfekte edilerek sonuçlar kaydedilmiştir.

### 3.5. Kalp Atım Hızının Belirlenmesi

Sporcular ölçümler öncesinde 5 dk düz bir zemin üzerine uzandılar ve dinlenik kalp atım hızları belirlendi, daha sonra sporculardan oturmaları istendi ve 1 dk bekledikten sonra tüm sporcuların sağ kolundan kan basıncı ölçümü yapıldı. Antrenman öncesinde ve antrenman esnasında sporcuların dinlenik kalp atım hızları ve maksimal kalp atım hızları SEEGO marka nabız ölçüm cihazı ile belirlendi.

#### 3.5.1. Maksimum Tekrarın Belirlenmesi

Sporcuların 1 maksimum tekrar ölçümleri antrenman periyodu başlamadan 3 gün önce belirlendi. 1 maksimum tekrar belirlenirken Olympia marka smith ağırlık cihazı kullanıldı ve sporculara yarım çökme (squat) hareketi uygulamalı şekilde gösterilerek sporcuların kendi tekniklerini yapmaları istendi, özellikle kişisel tekniğe müdahale edilmeden hareketi yapmaları sağlandı. Maksimum tekrarın belirlenmesinde serbest ağırlık kullanıldı. Çalışmada 1 MT'nin hesaplanması için Boyd Epley tarafından 1985 yılında oluşturulan formül kullanıldı.

$$[ 1RM = \text{ağırlık} \times (1 + (\text{tekrar} / 30)) ]$$



Fotoğraf 1. Maksimum tekrarın belirlenmesi

### 3.6. Kan Örneklerinin Alınması

Örnekler, tüp üzerindeki işaret düzeyine kadar alınarak tüp üzerine isim, alınma tarihi ve saati yazılmıştır. Venöz kanı almak için ilk önce ön kol iç yüzeyindeki venler (antekübital ven) seçilmiş ve örnekler steril vakumlu tüp ve iğne sistemleri ile doğrudan testin sarı kapaklı jelli biyokimya tüpüne (BD) alınmıştır. Turnike örneğin alınacağı venin 10-15 cm üst seviyesinde, kolayca çözülebilecek şekilde çok sıkı olmadan bağlanmıştır. Uzun süren turnike uygulaması sonrası alınan kan örneklerinde bazı analitlerin düzeyleri anlamlı miktarlarda değiştiğinden turnike bir dakikadan uzun süre uygulanmamıştır. Kan örneği alındıktan sonra alınan kan örneğinin tüpteki madde ile yeterli düzeyde karışmasını sağlamak için tüp yavaşça 6-8 kez karıştırılmıştır. Kan örnekleri alındıktan sonra en fazla bir saat içinde gerekli kan taşıma prosedürü ile laboratuvara ulaştırılmıştır. Kanın şekilli elemanlarından ayrılan örnekler alikotlanarak  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ayrılmıştır. Örnekler antrenmana başlamadan hemen önce, antrenmandan hemen sonra ve 24 saat sonra alınmıştır. Kas yıkım markerları olarak CK ve MYB değerlendirilmiştir.

### 3.7. Kan Akışı Kısıtlamasının Uygulanması

Antrenmanlarda uygulanacak kan akımı kısıtlama basıncının belirlenmesi için ilk olarak maksimum arter tıkanıklığı basıncı belirlenmiştir. Bunun için katılımcı supine pozisyonunda yatarak uyluğun proximal bölümüne manşon yerleştirilmiş ve basınç

sistolik kan basıncına kadar şişirilmiş ve sonra kademeli olarak arttırılmıştır. Bu sırada katılımcının arka tibial arteri üzerine palpasyonla kontrol edilmiştir. Ayrıca ayak başparmağına yerleştirilmiş oksimetre (Choicemed MD300C12, Güneykore) ile Oksijen satürasyonu ve atım kaydı kontrol edilmiştir. Palpasyon ile nabız alınmadığı noktada oksimetre kontrol edilmiş ve oksimetrede veri akışının olmadığı noktayı katılımcının %100'lük bir arter tıkanıklığı değeri olarak kaydedilmiştir (Scott, Loenneke, Slattery ve Dascombe, 2015). Tıkanma basıncının belirlenmesinde ve antrenmanlar sürecinde basınç uygulamak için genişliği 13,5 cm pnömatik turnike (Reiser, Almanya) kullanılmıştır. Antrenmanlar sırasında katılımcıların her iki uyluğun proximal bölümünden basınç uygulanmıştır. Sporculara uygulanacak KAK basınç uzuv oklüzyon basıncı (UOB) %50'sine ayarlanmıştır ve dinlenme süreleri dahil tüm seans boyunca şişirilmiş halde tutulmuştur. Katılımcılara tekrarlı ölçümler öncesinde bu belirleme yöntemi tekrarlı olarak uygulanmıştır. Manşet, ilk egzersiz setinden hedef basıncına kadar şişirilmiş ve ardından son egzersiz setinin hemen ardından söndürülmüştür ve çıkarılmıştır.



Fotoğraf 2. Kan akışı kısıtlamasının uygulanması

### 3.8. İstatiksel Analiz

Çalışmanın istatiksel analizinde SPSS 23 (SPSS. Chicago. IL. US) paket programı kullanılmıştır. Verilerin ortalama ve standart sapmaları betimleyici istatistikler ile hesaplanmıştır. Dağılımların normal olup olmadığı Shapiro-Wilk testiyle belirlenmiştir. Bağımlı gruplarda iki ayrı zaman noktasında elde edilen tekrarlı ölçüm sonuçları arasındaki farkın belirlenmesi için normal dağılım gösterenlerde iki yönlü ANOVA testi, normal dağılım göstermeyenlerde ise friedman testi kullanılmıştır. İhtiyaç duyulan minimum (Min) katılımcı sayısı G-Power analizi sürüm 3.1.9.6 (Dusseldorf. Almanya) ile belirlenmiş ve minimum %80 güç, 0.05 yanılma düzeyi için çift taraflı hipotez testi (effect size:0.4) işaretlenerek hesaplanmış ve katılımcı (örneklem) sayısı toplam 12 bulunmuştur. Çalışmaya dahil edilen katılımcıların müdahale sıralamasının belirlenmesi için önce Blood Flow Restriction (BFR) antrenmanı 2'li blok randomizasyon yöntemi (Random Allocation Software) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde elde edilen sonuçların kategorik değişimlerinin gruplar arasında değerlendirilmesi amacıyla Chi-Square testi kullanılmıştır. Tekrarlanan ölçümlerin 3 zaman noktasındaki, 2 farklı durumdaki sonuçların değerlendirilmesinde zaman ve grup x zaman etkileşimlerini test etmek amacıyla iki yönlü tekrarlanan ölçümlerde ANOVA kullanılmıştır. Tüm hesaplamalarda Anlamlılık düzeyi 0,05 olarak belirlenmiştir. Bağımsız değişkenler Etki büyüklükleri için kısmi eta-kare (partial  $\eta^2$ ) .01 düşük etki gücü, .06 ortalama etki gücü, .14 ve üstü büyük etki gücü olarak değerlendirilmiştir.

#### 4. BULGULAR

Tablo 1’de katılımcıların yaş ortalamaları  $28,08 \pm 6,38$ , boy ortalamaları  $177,54 \pm 7,24$ , vücut ağırlığı ortalamaları  $82,83 \pm 7,84$ , vücut yağ oranı ortalamaları  $14,40 \pm 5,00$ , 1 maksimum tekrar ortalamaları  $184,69 \pm 41,16$ , 1 maksimum tekrarın %70 ortalamaları  $129,27 \pm 28,81$ , 1 maksimum tekrarın %30 ortalamaları  $55,40 \pm 12,35$ , maksimum kalp atım hızı ortalamaları  $151,85 \pm 15,74$ , dinlenik kalp atım hızı ortalamaları  $66,46 \pm 7,31$ , sistol ortalamaları  $120,76 \pm 7,59$ , diastol ortalamaları ise  $77,69 \pm 7,25$  olarak belirlenmiştir.

Tablo 1. Katılımcıların bazı değişkenlerini gösteren tanımlayıcı istatistik

Değişkenler	N	Min.	Max.	Ort.	Ss
Yaş	12	18	40	28,08	6,38
Boy	12	165	186	177,54	7,24
Vücut Ağırlığı (kg)	12	82,83	7,84	65	93
Vücut Yağ Oranı (%)	12	14,40	5,00	6,3	23,6
1 MT	12	126	238	184,69	41,16
1 MT %70	12	88,2	166,6	129,27	28,81
1 MT %30	12	37,8	71,4	55,40	12,35
Sistol	12	110	130	120,76	7,59
Diastol	12	70	90	77,69	7,25
Maksimum KAH	12	119	180	151,85	15,74
Dinlenik KAH	12	51	78	66,46	7,31

Tablo 2. Katılımcıların miyogloblin değerlerini gösteren tanımlayıcı istatistik.

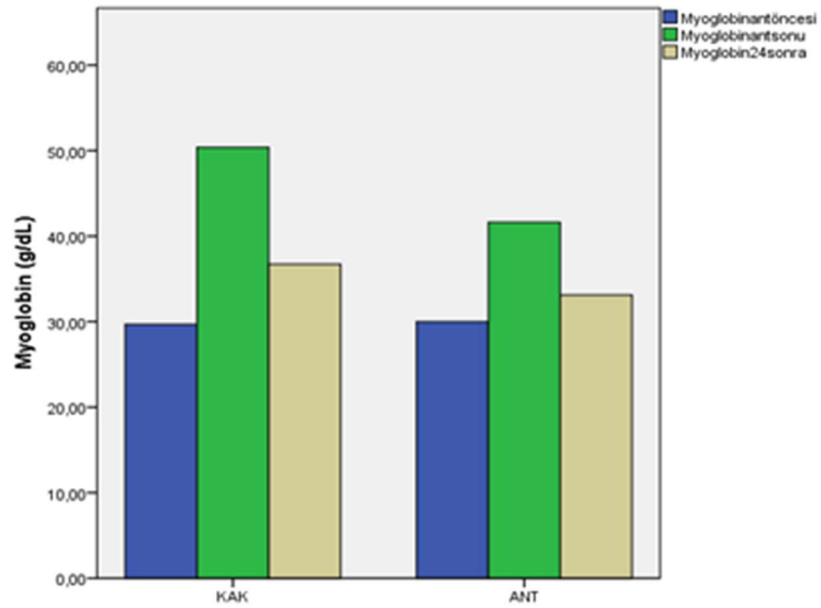
Gruplar	KAK		K. ANTR.		ZAMAN	ZAMAN*ANTRENMAN
Değişken	N	Ort.	Ss	Ort.	Ss	
Antrenman Öncesi	12	29,70	8,66	30,00	14,49	F= 0,852, p= 0,001; partial $\eta^2=$ 0,270
Antrenman Sonrası	12	50,38	32,67	41,62	18,10	
Antrenmandan 24 Saat Sonra	12	36,71	16,40	33,10	16,40	

KAK: Kan Akımı Kısıtlama Antrenmanı; K.ANTR: Klasik Antrenman; partial  $\eta^2$ : Etki Büyüklüğü; N: Sayı; Ort.: Ortalama; Ss: Standart Sapma

Tablo 2’de katılımcıların MYB kan parametrelerinin antrenman öncesi, antrenman sonrası ve antrenmandan 24 saat sonra elde edilen değerleri yer almaktadır.

KAK grubunun MYB değeri antrenman öncesi ortalaması  $29,70 \pm 8,66$ , antrenman sonrası ortalaması  $50,38 \pm 32,67$ , antrenmandan 24 saat sonra olan ortalaması ise  $36,71 \pm 16,40$  olarak belirlenmiştir.

Antrenman (ANT) grubunun MYB değeri antrenman öncesi ortalaması  $30,00 \pm 14,49$ , antrenman sonrası ortalaması  $41,62 \pm 18,16$ , antrenmandan 24 saat sonra olan ortalaması ise  $33,10 \pm 16,40$  olarak belirlenmiştir.



Şekil 8. Myoglobin

Bağımlı grubun üç ayrı zaman noktasında ve iki farklı müdahalede tekrarlı olarak ölçülen MYB test sonuçları arasındaki farklar incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir (zaman:  $F= 0,852$ ,  $p= 0,001$ ; partial  $\eta^2= 0,270$ - ortalama etki gücü). Farkın zaman etkisinden kaynaklandığı anlaşılmış, egzersiz öncesi ile egzersiz sonu ve egzersiz sonu ile 24 saat sonrası arasında anlamlı farklar tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). Zaman ile farklı antrenman etkileşimi incelendiğinde MYB test sonuçları üzerinde etkisi olmadığı tespit edilmiştir (zaman\*antrenman:  $F= 0,645$ ,  $p= 0,529$ ; partial  $\eta^2= 0,027$ - ortalama etki gücü).

Tablo 3. Katılımcıların kreatin kinaz değerlerini gösteren tanımlayıcı istatistik

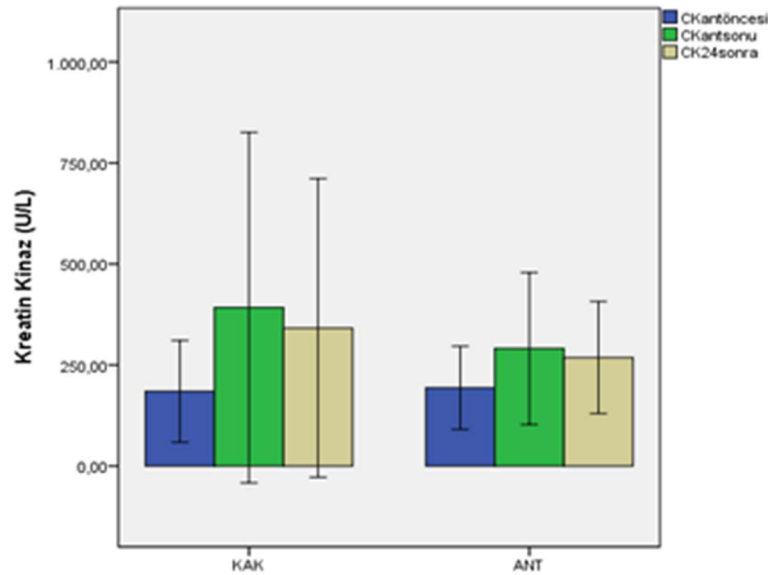
Gruplar		KAK		K. ANTR.		ZAMAN	ZAMAN*AN TRENMAN
Değişken	N	Ort.	Ss	Ort.	Ss		
Antrenman Öncesi	12	184,53	208,35	193,50	162,15		
Antrenman Sonrası	12	392,15	717,76	290,66	295,45	F= 2,74, p= 0,075; partial η <sup>2</sup> = 0,107	F= 0,356, p= 0,706; partial η <sup>2</sup> = 0,015
Antrenmandan 24 Saat Sonra	12	341,38	611,48	268,33	218,26		

KAK: Kan Akımı Kısıtlama Antrenmanı; K. ANTR.: Klasik Antrenman; partial η<sup>2</sup>: Etki Büyüklüğü; N: Sayı; Ort.: Ortalama; Ss: Standart Sapma

Tablo 3'te katılımcıların CK kan parametrelerinin antrenman öncesi, antrenman sonrası ve antrenmandan 24 saat sonra elde edilen değerleri yer almaktadır.

KAK grubunun CK değeri antrenman öncesi ortalaması 184,53±208,35, antrenman sonrası ortalaması 392,15±717,76, antrenmandan 24 saat sonra olan ortalaması ise 341,38±611,48 olarak belirlenmiştir.

ANT grubunun CK değeri antrenman öncesi ortalaması 193,50±162,15, antrenman sonrası ortalaması 290,66±295,45, antrenmandan 24 saat sonra olan ortalaması ise 268,33±218,26 olarak belirlenmiştir.



Şekil 9. Kreatin kinaz

Bağımlı grubun üç ayrı zaman noktasında ve iki farklı müdahalede tekrarlı olarak ölçülen CK değerleri arasında anlamlı olarak fark yoktur (Zaman:  $F= 2,74$ ,  $p= 0,075$ ; partial  $\eta^2= 0,107$ ; zaman\*antrenman:  $F= 0,356$ ,  $p= 0,706$ ; partial  $\eta^2= 0,015$ ).

## 5. TARTIŞMA

Bu tezin amacı vücut geliştirmecilerde kan akımı kısıtlama ile uygulanan düşük şiddetli kuvvet egzersizinin, kas hipertrofisini indükleyen akut fizyolojik cevapları arttırıp arttırmadığını belirlemek olmuştur. Tezin en önemli bulgusu, kan akımı kısıtlama yönteminin MYB ve CK gibi kas hipertrofisi belirteçleri üzerinde istatistiksel olarak bir artışa neden olmasıdır. Çalışma, KAK antrenman yönteminin biyobelirteçleri klasik hipertrofi antrenmanı kadar indüklemeyeceği yönünde kurulan hipotezi sınamak için yapılmıştır. Bu belirteçler arasında kuvvet üretiminde azalma, hareket açıklığında azalma, kas ağrısı, ödem ve dolaşımdaki CK ve/veya MYB düzeylerinin ölçülmesi yer alır. Yapılan araştırma sonucunda KAK antrenman yönteminin serum MYB zaman etkileşimi bakımından her iki grupta da istatistiksel olarak farklılıklara neden olmuştur ( $p < 0.05$ ). Ancak zaman\*grup etkileşimi bakımından MYB parametresinde fark tespit edilememiştir. Ayrıca CK parametresinde zaman ve zaman\*grup bakımından farklara neden olmamıştır ( $p > 0.05$ ). Elde edilen her iki parametre değerlendirmesi sonucunda KAK yöntemi ile klasik antrenman yöntemi benzer artışlara neden olmuştur. Bu bağlamda KAK antrenman yöntemi Klasik hipertrofi yöntemi gibi etkiye sahiptir. Sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda KAK egzersizi kısa süreli adaptasyon bakımından klasik antrenman yöntemleri gibi hipertrofik cevabı başlatabilecek metabolik bir stres ortaya çıkartmaktadır. Bu veriler ışığında araştırma hipotezi  $H_0$  reddedilmiştir. Hem KAK antrenmanı hem de klasik kuvvet egzersizinin MYB ve CK belirteçlerinde istatistiksel olarak benzer artışa neden olması KAK antrenmanının hipertrofiyi tetikleyebilecek bir yöntem olabileceği görüşünü desteklemektedir. Çalışmada 13,5 cm pnömatik manşon ile uygulanan UOB'un %50 basıncında 1 MT'nin %30'da 30-15-15-15 tekrar smith machine squat egzersizi kullanılmıştır. Kontrol grubu ise 1 MT'nin %70-72,5-75 şiddetinde 3 set 10 tekrar şeklinde uygulanmıştır. İki yöntemin de egzersiz hacimleri olabilecek en uygun şekilde eşitlenmiştir. Ek olarak akut etkinin değerlendirilmesinde bağımlı grup ve çapraz desen kullanılmıştır. Tez bulguları yaygın olarak literatürde kullanılan bağımsız grup ve egzersiz hacmi sınırlılıklarını ortadan kaldırmıştır. Bu açıdan tezin ortaya koyduğu sonuçlar özellikle vücut

geliştirme antrenörleri ve sporcularının antrenman programlarında egzersiz seçimi sırasında KAK antrenmanı bakımından açıklayıcı bilgiler sunmuştur.

Antrenman programları hazırlanırken antrenörler için bir egzersizin şiddeti, sıklığı, süresi ve yoğunluğu gibi antrenman değişkenlerinin öneminin yanı sıra bir egzersize verilen akut adaptasyon cevapları da çok önemlidir. Bu sayede antrenörler doğru egzersiz seçimi ile antrenman programları oluşturabilirler. Şiddetli ve tüketici egzersizler sonucunda bilinen en önemli komplikasyon fiziksel efora bağlı rabdomiyoliz sendromudur. Rabdomiyoliz, iskelet kası hasarı sonucunda hücre yapı elemanlarının dolaşıma sızması olarak tanımlanır. Dolaşıma sızan kas proteinleri arasında miyogloblin (MYB), kreatin kinaz (CK), laktat dehidrogenaz (LDH), alanin aminotransferaz (ALT), aspartat aminotransferaz (AST) ve aldolaz bulunur (Clarkson ve diğerleri, 2006). Sıklıkla MYB ve CK egzersiz sonrası kas hasarı belirteçleri olarak kabul edilir. Bu açıdan akut bir egzersiz ile oluşan stres sonucu meydana gelen kas hasarı bu belirteçler ile değerlendirilebilir. Yapılan çalışmalar, genellikle bağımsız gruplarda kronik adaptasyonu değerlendirmiş ve genellikle KAK antrenman yöntemlerinin avantajlarını kabul etmişlerdir (Hughes ve ark., 2017; Jacobson ve ark., 2020). Yapılan çalışmada KAK antrenman yöntemi MYB biyobelirtecini egzersiz sonunda %69,62 arttırmış, bu değer 24 saat sonunda %23,30'a gerilemiştir. Klasik hipertrofi yöntemi ise MYB biyobelirtecini egzersiz sonunda %38,73 arttırmış, bu değer 24 saat sonunda %25,74'e gerilemiştir. Benzer olarak KAK antrenman yöntemi CK biyobelirtecini egzersiz sonunda %112,51 arttırmış, bu değer 24 saat sonunda %84,99'a gerilemiştir. Klasik hipertrofi yöntemi ise CK egzersiz sonunda %50,21 arttırmış, bu değer 24 saat sonunda %38,67'e gerilemiştir. Bu bağlamda istatistiksel olarak anlamlı olmasada KAK antrenmanının bu veri analizlerine göre daha etkin olduğu söylenebilir.

Nyakayiru ve arkadaşlarının (2019) genç sağlıklı erkeklerde yaptıkları çalışmada düşük yoğunluklu KAK antrenmanının akut olarak protein sentezini klasik yöntemle göre yaklaşık %10 daha fazla arttırdığını göstermiştir. Benzer olarak Sieljacks ve arkadaşları (2019) 6 haftalık uzun süreli KAK adaptasyonu üzerine yaptıkları çalışmada kas protein döngüsü, ribozomal biyogenez ve klasik hipertrofi ile benzer derecede kas gücünü arttırdığını tespit etmiştir. Aynı çalışmada miyofibriller protein

sentezinin ilk antrenmandan saatler sonra başladığını ve 6 hafta sonunda KAK'ın araştırmadaki en etkili yöntem olduğunu vurgulamışlardır. Her iki çalışmada akut olarak KAK ile miyofibriller protein sentezi sinyallerinin başladığını göstermektedir. Ayrıca az sayıda klinik çalışmada KAK yönteminin uygulandığı bazı hastalarda akut egzersiz sonrasında rabdomiyoliz sinyallerinde artış olduğu özellikle CK, AST ve ALT belirteçlerinde ciddi artışlar tespit edildiği raporlanmıştır (Iversen ve Rostad, 2010; Tabata ve ark., 2016; Clark ve Manini, 2017; Krieger ve diğerleri, 2018). Yasuda ve arkadaşları (2015) sağlıklı 10 genç erkekte uyguladıkları KAK ve klasik kuvvet egzersizi sonucunda CK değerinin kademeli olarak arttığını rapor etmişlerdir. Hem KAK hem de klasik yöntemde, CK cevaplarının sırasıyla egzersiz öncesi  $165 \pm 73$  ve  $160 \pm 74$  U/L, egzersiz sonrası  $169 \pm 72$  ve  $162 \pm 78$  U/L, egzersizden 24 saat sonra  $420 \pm 429$  ve  $583 \pm 559$  U/L, egzersizden 48 saat sonra  $3.668 \pm 5.442$  ve  $3.825 \pm 3.767$  U/L, egzersizden 72 saat sonra  $9.102 \pm 7.267$  ve  $8.788 \pm 7.570$  U/L ve 96 saat sonra  $13.415 \pm 7.267$  ve  $11.305 \pm 8.712$  U/L kademeli olarak arttığını göstermiştir. Akut bir egzersiz sonrası literatürdeki bildirilmiş sonuçlar çalışma bulgularını destekler niteliktedir ve çalışmamızın CK sonuçlarına paralel olarak kabul edilebilir. Ayrıca literatürde bildirilmiş görüntüleme yöntemi ile kas hasarının değerlendirildiği çalışmalar mevcuttur ve ilk çalışma sonuçlarının aksine Takarada ve arkadaşları (2000) 6 elit sporcu üzerinde uyguladıkları KAK antrenman sonucunda plazma CK aktivitesinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim tespit etmemişlerdir. Ek olarak Sieljacks ve arkadaşları (2016) ilk 24 saatte CK belirteçlerinde artış gözlemlemişlerdir. Literatürdeki bu sonuçlar ile çalışma bulguları paralel değildir. Buna karşın Sieljacks ve arkadaşları (2016) CK üzerindeki artışın 48 saat sonra yükseldiğini ve 72-96 saat aralığında yüksek seviyelerde seyrettiğini göstermişlerdir. Bu çalışmada, tüm bu raporların aksine Yasuda ve arkadaşları (2015) CK cevaplarının tepe değerinin antrenmandan yaklaşık olarak 96 saat sonra  $13.415 \pm 7.267$  U/L olarak bildirmişlerdir. Tespit edilen birkaç çalışma hipertrofik sinyalciiler üzerinde değişime akut olarak neden olmamıştır (Umbel ve vd., 2009; Wilson ve vd., 2013).

Ulaşılabilen literatürde KAK antrenmanının sporcular üzerinde akut etkisini ve serum miyoglobini değerlendirmiş bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bunun nedeni kreatin kinaz ve miyoglobinin kas hasarında dolaylı bir belirteç olması, bu sınırlamalar nedeniyle araştırmacıların daha ileri teknik ve maliyetli değerlendirme imkânları olduğunda

sıklıkla diğer yöntemleri tercih etmeleri olabilir. Ancak özellikle CK değerlendirmelerinde dikkatli yorum yapılarak bu belirteçlerin kullanılabilirlikleri gösteriliyor. Örneğin, CK ve MYB seviyelerinin sadece kas liflerinin şiddetli egzersizden etkilenmediğini aynı zamanda CK ve MYB'nin dolaşımdan temizlenmesinden de etkileneceğinden çok uzun süren değerlendirmelerden kaçınmak gerekiyor. Çalışmada bu nedenle değerlendirme 24 saat ile sınırlandırılmıştır. Böylelikle akut hasar değerlendirmesinde KAK ve klasik antrenmanların dejeneratif kas lifi değişiklikleri, oldukça tutarlı çalışmalar tarafından da desteklenmektedir. Bu bağlamda KAK ve MYB cevabı üzerine ulaşılan tek çalışma Sjeljacks ve arkadaşlarının (2016) 18 sağlıklı erkek katılımcıyla yaptıkları çalışmada, uygulanan KAK antrenmanları sonrasında MYB değerleri ilk 1 saat içerisinde tepe noktasına ulaşmış ve 4 gün bu seviyede kalmıştır. Bildirilmiş bu araştırma sonucu elde edilen bulgular ile paralellik göstermektedir.

Literatürde KAK antrenmanı hakkında geniş çapta çalışmalar yapılsa da az sayıda çalışma tecrübeli vücut geliştirmecilerde hipertrofik biyobelirteçler üzerinde durmuştur (Loenneke, vd., 2014; Pignanelli, vd., 2021). Ayrıca, bu çalışmalar farklı egzersiz türleri, teknikleri, antrenman hacimleri ve sıklıkları ile analizler yapmış ve farklı biyobelirteçleri değerlendirmişlerdir (Centner, vd., 2019; Chen, vd., 2020). Sıklıkla literatürde KAK antrenmanlarının sporculara mekaniksel avantaj sunduğu ve toparlanmaya katkı sağladığı gösterilmektedir (Yow, vd., 2018). KAK antrenmanlarının kas kuvveti ve kassal adaptasyon (Pignanelli, vd., 2021) bakımından önemli katkılara sahip olduğu gösterilmiştir (Wernbom, vd., 2020). Ulaşılabilen literatürde az sayıda çalışma hipertrofiyi tetikleyici biyobelirteçler CK ve MYB üzerinde klasik hipertrofi yöntemi ile KAK antrenman yöntemini analiz etmiştir (Takarda, vd., 2002; Thiebaud, vd., 2013). Açıkça akut KAK egzersizleriyle kas hasarı ve belirteçleri üzerine yapılan çalışmaların sonuçları literatüre katkı sağlayabilir. Bu bağlamda tezin bulguları antrenörlerin ve sporcuların yoğun antrenman programları sonucu toparlanma, sakatlanma riskini azaltma vb. nedenlerden dolayı belirli dönemlerde KAK egzersiz yöntemleri hakkında değerlendirme yapabilecekleri ve göz önüne alabilecekleri önemli bilgiler sunmuştur. Bulgular akut hipertrofi adaptasyonu bakımından uygulanan 30-15-15-15 KAK yöntemi ile 3 set 10 tekrar klasik hipertrofinin aynı antrenman stresini oluşturduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca

mekaniksel stres özelinde KAK egzersizleri kâr zarar bakımından daha ön plana çıkabilir. Özellikle sakatlık riskinin arttığı durumlarda, yarışma sezonunda ve rehabilitasyon sürecinde antrenörler ve sporcular tarafından kullanılabilceği düşünölmektedir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

KAK yönteminin, vücut geliştirmecilerde antrenman stresi ve oluşan kas hasarı bakımından klasik hipertrofi yöntemi kadar etkili olabileceği görülmüştür. Ek olarak kısa süreli değerlendirmede kas hasarı belirteçlerinde yüzdesel olarak daha etkili olduğu belirlenmiştir. Çalışmada deneyimli vücut geliştirmecilere yer verilmesinin, kuvvet çalışmalarında akut adaptasyon bakımından gerekli olan stresleri ortaya çıkarmada etkili bir yöntem olduğu konusunda güvenilir çıkarımlara olanak sağlanmaktadır. Ayrıca çalışmada literatürdeki birçok çalışmada göz ardı edilen egzersiz hacmi de eşitlendiğinden çalışma bulguları ayrıca değerli olmaktadır. Özellikle mekanik olarak yüklenmeden kaçınmak ve fizyolojik olarak organizmada ve kaslarda etki oluşturmak istendiğinde KAK yöntemi uygun fırsatlar sunabilir. Klasik antrenman ve KAK yöntemi aynı kas hasarına neden olduğundan aynı hipertrofi adaptasyonunu ortaya çıkardığı düşünülebilir. Ancak antrenörler ve sporcular uygulayacakları kuvvet antrenmanlarında özellikle nöromusküler etkileri hedefliyorlarsa bu konuda tercih yaparken dikkatli değerlendirmeleri gerekir. Bu açıdan gelecek çalışmalarda akut değerlendirmelerin kas aktivitelerini değerlendirecek elektro myografi gibi ölçümler ile güçlendirilmesi sonuçları daha da güçlendirecektir. Önemli olarak bu çalışma egzersiz seçimine katkı verecektir. Uzun vadeli sonuçlar için gelecek çalışmalarda hem akut hem de kronik adaptasyonların birlikte değerlendirilmesi literatüre katkı verecektir. Tüm çalışmalarda olduğu gibi katılımcı sayısını arttırmak faydalı olacaktır. Özellikle literatürde kadın katılımcılarla ilgili raporların azlığı göze çarpmaktadır. Bu nedenle kadın sporcularla çalışmalar planlanması önemli olabilir.

## KAYNAKLAR

- American College of Sports Medicine. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(3), 687-708.
- Akın, O. (2015). *Kuvvet Antrenmanlarında Kuvvet Uygulama Esnasında Yapılan İnspirasyonun ve Eksprasyonun Kuvvet Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Dumlupınar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Akkoç, O., & Gözübüyük, Ö. B. (2018) Klasik Hipertrofi ile Kan Akışı Sınırlandırılarak Yapılan Antrenmanların Kas Kuvveti ve Kalınlığı Açısından Karşılaştırılması. *Spor Bilimleri Dergisi*, 30(4), 158-167.
- Akkoç, O., & Yücesir, İ. (2015). Vücut Geliştirme, Fitness Sporu Yapan ve Sedanter Bireylerin, İstirahat Metabolizma Hızı ve Bazı Antropometrik Ölçümlerinin Karşılaştırılması. *İstanbul Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 5(1), 1-16.
- Biçer, B., Yüктаşır, B., Fatih, Kaya, & Yalçın, B. (2003) Test Araçlarına Uyum Sürecinin Kuvvet Ölçüm Değerlendirmesi/The Effects of Familiarization Trials on Strength Measurements. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 5(1).
- Burr, J. F., Hughes, L., Warmington, S., Scott, B. R., Owens, J., Abe, T., ... & Patterson, S. D. (2020). Response: Commentary: Can Blood Flow Restricted Exercise Cause Muscle Damage? Commentary on Blood Flow Restriction Exercise: Considerations of Methodology, Application, and Safety. *Frontiers in Physiology*, 1374.
- Centner, C., Wiegel, P., Gollhofer, A., & König, D. (2019). Effects of Blood Flow Restriction Training on Muscular Strength and Hypertrophy in Older Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 49(1), 95-108.
- Chen, Y. C., Su, Y. H., Lin, Y. T., Huang, C. C., & Hwang, I. S. (2020). Acute Physiological Responses to Combined Blood Flow Restriction and Low-Level Laser. *European Journal of Applied Physiology*, 120(6), 1437-1447.
- Cinel, Y. (2005). *Piramidal Yöntemle Tekrar Yüklenme Yönteminin Voleybolcularda Maksimal Kuvvet Gelişimine Etkisinin Karşılaştırılması*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Kocaeli Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.

- Clark, B. C., & Manini, T. M. (2017). Can KAATSU Exercise Cause Rhabdomyolysis? *Clinical Journal of Sport Medicine*, 27(1), e1-e2.
- Clarkson, P. M., Kearns, A. K., Rouzier, P., Rubin, R., & Thompson, P. D. (2006). Serum Creatine Kinase Levels and Renal Function Measures in Exertional Muscle Damage. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(4), 623.
- Demirci, S. (2019). Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonu Sonrası Kan Akımı Kısıtlamalı Pliometrik Eğitimin Kas Kuvveti ve Fonksiyon Üzerine Etkisi.
- Demiriz, M., Erdemir, İ., & Kayhan, R. F. (2015). Farklı Dinlenme Aralıklarında Yapılan Anaerobik İnterval Antrenmanın, Aerobik Kapasite, Anaerobik Eşik ve Kan Parametreleri Üzerine Etkileri. *International Journal of Sport Exercise and Training Sciences-IJSETS*, 1(1), 1-8.
- Erkek, Ö. K. (2019). *Farklı Sürelerde Uygulanan Yüzme Egzersizine Yanıt Olarak Ortaya Çıkan Olası Kas Hasar ve Rejenerasyonunda Görev Alan Yolakların Belirlenmesi*. Yayımlanmamış doktora tezi. Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Eylen, M.A. (2017). *Voleybol Oyuncularında Farklı Kuvvet Antrenmanlarının Statik ve Dinamik Denge Yetenekleri Üzerine Etkisi*. Yayımlanmamış doktora tezi. Gaziantep Üniversitesi Sağlık Bilimler Enstitüsü, Gaziantep.
- Gençoğlu, C., & Şen, İ. (2020). Kickboksçularda Sezon Dışı Güç Performansının Korunması İçin Crossfit Barbara ve Klasik Direnç Antrenmanlarının Karşılaştırılması. *İzokinetik ve Egzersiz Bilimi*, 1-8.
- Gökalp, Y. E. (2020). *Direnç Egzersizinin Genç Erişkinlerde Akciğer İşlevleri ve Yaşam Kalitesine Etkisi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Grønfeldt, B. M., Lindberg Nielsen, J., Mieritz, R. M., Lund, H., & Aagaard, P. (2020). Effect of Blood-Flow Restricted vs Heavy-Load Strength Training on Muscle Strength: Systematic Review and Meta-Analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(5), 837-848.
- Gürel, G. (2013). *Venöz Kan Akımı Kısıtlaması ile Uygulanan Ağırlık Antrenmanının Kas Hipertrofisi ve Kuvvetine Etkisinin Araştırılması*. Yayımlanmamış doktora tezi. Kocaeli Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Hughes, L., Paton, B., Rosenblatt, B., Gissane, C., & Patterson, S. D. (2017). Blood Flow Restriction Training in Clinical Musculoskeletal Rehabilitation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 51(13), 1003-1011.

- Iversen, E., & Røstad, V. (2010). Low-load Ischemic Exercise-induced Rhabdomyolysis. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 20(3), 218-219.
- Jacobson, J., Chaltron, C., Sherman, D., & Glaviano, N. R. (2020). Blood Flow Restriction Training in Clinical Musculoskeletal Rehabilitation: A Critically Appraised Paper. *International Journal of Athletic Therapy and Training*, 25(6), 303-306.
- Kaplan, M. İ. (2019). *İki Farklı Eksantrik Hamstring Egzersizinin Kas Hasarı Cevapları*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Karabay, O (2019). *İmmatür Granülosit Sayısı ve Yüzdesinin Akut Komplike ve Non-Komplike Apandisit Ayrımındaki Rolü*. Tıpta uzmanlık tezi. Sağlık Bilimleri Üniversitesi İstanbul Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İstanbul.
- Karanlık, E. (2019). *Çabuk Kuvvet Antrenmanının 12-14 Yaş Grubu Çocukların Bazı Fiziksel ve Fizyolojik Özelliklerine Etkisinin Araştırılması*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya.
- Keskin, İ. C. (2017). *Elitaltı Basketbolcularda Turnuva Döneminde Müsabaka Öncesi ve Sonrası Hematolojik Değerlerin Değişiminin İncelenmesi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya.
- Korkmaz, R. (2019). *Sedanter Erkeklerde Maksimal Kuvvet Antrenmanının Ortalama Trombosit Hacmi, Trombosit Dağılım Aralığı, Nötrofil/Lenfosit Oranı ve Trombosit/Lenfosit Oranı Üzerinde Etkisi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Krieger, J., Sims, D., & Wolterstorff, C. (2018). A Case of Rhabdomyolysis Caused by Blood Flow-Restricted Resistance Training. *Journal of Special Operations Medicine: A Peer Reviewc2ed Journal for SOF Medical Professionals*, 18(2), 16-17.
- Kurtul, T. (2020). *Boksörlerde 8 Haftalık Kuvvet Antrenmanlarının Performans Üzerine Etkisi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., & Abe, T. (2014). Does Blood Flow Restriction Result in Skeletal Muscle Damage? A Critical Review of Available Evidence. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(6), 415-422.

- Loenneke, J., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Abe, T., & Bemben, M. G. (2012). The Anabolic Benefits of Venous Blood Flow Restriction Training May Be Induced by Muscle Cell Swelling. *Medical Hypotheses*, 78(1), 151-154.
- Nicholas, A. R., Brent, A. A., & Trammey, K. E. (2009). Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(3), 687-708. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181915670.
- Nyakayiru, J., Fuchs, C. J., Trommelen, J., Smeets, J. S., Senden, J. M., Gijzen, A. P., ... & Verdijk, L. B. (2019). Blood Flow Restriction Only Increases Myofibrillar Protein Synthesis With Exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(6), 1137.
- Özbay, S. (2017). *Elit Güreşçilerde Maksimal Kuvvet Antrenmanlarının Serum İnterlökin-6 (IL-6) Seviyesi ve Bağışıklık Sistemi Üzerine Etkileri*. Yayınlanmamış doktora tezi. Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Özdamar, S. (2019). *14-16 yaş Erkek Voleybolcularda Uygulanan Sekiz Haftalık Asılı Egzersiz Sistemi ve Geleneksel Kuvvet Antrenmanlarının Karşılaştırılması*. Yayınlanmamış doktora tezi. Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Pancar, S. (2019). *Dallı Zincirli Amino Asitlerin Egzersiz Kaynaklı İskelet Kas Hasarı ve Hipertrofisi Belirteçleri Üzerine Etkisi*. Yayınlanmamış doktora tezi. Uludağ Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Pignatelli, C., Christiansen, D., & Burr, J. F. (2021). Blood Flow Restriction Training and The High-Performance Athlete: Science to Application. *Journal of Applied Physiology*, 130(4), 1163-1170.
- Sarıtaş, N., Coşkun, B., Yazıcı, C., Büyükipekçi, S., Yıldız, K., & Yardımcı, M. (2012). Dayanıklılık Antrenmanı Yapan Atletlerde E Vitamini Kullanımının Oksidan ve Antioksidan Kapasitesi ve Kas Hasarı Üzerine Etkisi. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 6(3).
- Schoenfeld, B. J. (2010). The Mechanisms of Muscle Hypertrophy and Their Application to Resistance Training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2857-2872.
- Sieljacks, P., Matzon, A., Wernbom, M., Ringgaard, S., Vissing, K., & Overgaard, K. (2016). Muscle Damage and Repeated Bout Effect Following Blood Flow Restricted Exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 116(3), 513-525.

- Sieljacks, P., Wang, J., Groennebaek, T., Rindom, E., Jakobsgaard, J. E., Herskind, J., ... & Vissing, K. (2019). Six Weeks of Low-Load Blood Flow Restricted and High-load Resistance Exercise Training Produce Similar Increases in Cumulative Myofibrillar Protein Synthesis and Ribosomal Biogenesis in Healthy Males. *Frontiers in Physiology*, 649.
- Şahin Z. (2021) *Kan Akımı Kısıtlaması ile Uygulanan Kuvvet Antrenmanlarının Taekwondo Sporcularının Bacak Kuvveti Gelişimine Etkisinin İncelenmesi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Şahin, F. B. (2018). *Farklı Toparlanma Türlerinin Kas Hasarı ve Sitokin Salınımı Üzerine Etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. İstanbul Gelişim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şam, C. T. (2007). *Alp Disiplini Kayakçılarda Karbonhidrat ve Protein Karışımı Enerji Suplementinin Kas Hasarı Üzerine Etkileri*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Şenışık, S. Ç. (2010). *Diz Fleksör ile Diz Ekstansör ve Dirsek Fleksör Kas Gruplarının Eksentrik Karakterli Egzersiz ile Oluşturulan Kas Hasarı Yanıtları: Kas Yapısının Etkisi*. Yayınlanmamış doktora tezi. Uludağ Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Tabata, S., Suzuki, Y., Azuma, K., & Matsumoto, H. (2016). Rhabdomyolysis after Performing Blood Flow Restriction Training: A Case Report. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(7), 2064-2068.
- Takarada, Y., Nakamura, Y., Aruga, S., Onda, T., Miyazaki, S., & Ishii, N. (2000). Rapid Increase in Plasma Growth Hormone After Low-intensity Resistance Exercise With Vascular Occlusion. *Journal of Applied Physiology*, 88(1), 61-65.
- Takarada, Y., Sato, Y., & Ishii, N. (2002). Effects of Resistance Exercise Combined With Vascular Occlusion on Muscle Function in Athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 86(4), 308-314.
- Tansu, M. (2006). *Geleneksel Ağırlık Programın ve Aşırı Yavaş Antrenman Şeklinin (Ayaş) Kardiyovasküler Sistem ve Kas Hipertrofisine Etkilerinin Karşılaştırılması*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Taş, B. (2020). *Elektrik Stimülasyonu ile Dinamik Kas Egzersizlerinin Üst Ekstremité Kasları Üzerine Olan Etkileri*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. İstanbul Gelişim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

- Taşpınar, F. (2007). *Süperempoze Elektrik Stimulasyon Tekniğinin Sağlıklı Kuadriseps Femoris Kasının Fiziksel Fonksiyonlarına Etkisinin İncelenmesi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Thiebaud, R. S., Yasuda, T., Loenneke, J. P., & Abe, T. (2013). Effects of Low-Intensity Concentric and Eccentric Exercise Combined with Blood Flow Restriction on Indices of Exercise-induced Muscle Damage. *Interventional Medicine and Applied Science*, 5(2), 53-59.
- Toklu, A. (2018). *Amatör Futbolcularda Maç Sezonu Süresince Sezon İçi Antrenman Programının Kas Hasarı Biyokimyasal Parametreler Üzerine Etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Balıkesir Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Turgut, K. (2018). *Kadın Voleybolcularda Süper Slow Motion Kuvvet Antrenmanlarının Alt Ekstremitte Kuvvetine ve Anaerobik Güce Etkisinin İncelenmesi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Dumlupınar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Türkdoğan, H. E. (2019). *Kan Akımını Kısıtlayıcı Yöntem ile Yapılan Skuat Hareketinin Sıçrama Performansı Üzerine Akut Etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Tütüneken Y.E. (2021) *Kan Akımı Kısıtlaması ile Kombine Düşük Yoğunluklu Dirençli Egzersiz Eğitiminin Triceps Braki Kas Hacmi ve Performansına Etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Umbel, J. D., Hoffman, R. L., Dearth, D. J., Chleboun, G. S., Manini, T. M., & Clark, B. C. (2009). Delayed-onset Muscle Soreness Induced by Low-load Blood Flow-restricted Exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 107(6), 687-695.
- Ünlü, G. (2015). *Farklı Kuvvet Antrenmanlarının Kas Kuvveti ve Hipertrofisi Üzerine Etkileri*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Akdeniz Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Wernbom, M., Schoenfeld, B. J., Paulsen, G., Bjørnsen, T., Cumming, K. T., Aagaard, P., ... & Raastad, T. (2020). Commentary: Can Blood Flow Restricted Exercise Cause Muscle Damage? Commentary on Blood Flow Restriction Exercise: Considerations of Methodology, Application, and Safety. *Frontiers in Physiology*, 11, 243.
- Wilson, J. M., Lowery, R. P., Joy, J. M., Loenneke, J. P., & Naimo, M. A. (2013). Practical Blood Flow Restriction Training Increases Acute Determinants of

Hypertrophy Without Increasing Indices of Muscle Damage. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(11), 3068-3075.

Yasuda, T., Fukumura, K., Iida, H., & Nakajima, T. (2015). Effect of Low-load Resistance Exercise With and Without Blood Flow Restriction to Volitional Fatigue on Muscle Swelling. *European Journal of Applied Physiology*, 115(5), 919-926.

Yılmaz, M. (2019). 14-15 Yaş Grubu Futbolcularda Tekrarlı Sprint ve Patlayıcı Kuvvet Antrenmanlarının Sürat ve Vücut Kompozisyonuna Etkisinin İncelenmesi. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya.

Yow, B. G., Tennent, D. J., Dowd, T. C., Loenneke, J. P., & Owens, J. G. (2018). Blood Flow Restriction Training After Achilles Tendon Rupture. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 57(3), 635-638.

**EKLER**

- EK 1. Gönüllü Olur Belgesi  
EK 2. Etik Kurul Onayı

## **EK 1. Gönüllü Olur Belgesi**

**EK 1. (devam) Gönüllü Olur Belgesi**

**EK 1. (devam) Gönüllü Olur Belgesi**

**EK 2. Etik Kurul Onayı**