

Tayfun TAYŞI

ANTRENÖRLÜK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS TEZİ

2021



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SPOR BİLİMLERİ FAKÜLTESİ
ANTRENÖRLÜK EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI



**EGZERSİZ SIKLIĞININ KAS HİPERTROFİSİ ÜZERİNE
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ: SİSTEMATİK DERLEME**

Tayfun TAYŞI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BURSA-2021



**T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SPOR BİLİMLERİ FAKÜLTESİ
ANTRENÖRLÜK EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI**



**EGZERSİZ SIKLIĞININ KAS HİPERTROFİSİ ÜZERİNE
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ: SİSTEMATİK DERLEME**

Tayfun TAYŞI

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

DANIŞMAN:

Prof.Dr. Şenay ŞAHİN

BURSA-2021

**T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ETİK BEYANI

Yüksek Lisans/Doktora tezi olarak sunduğum “Egzersiz Sıklığının Kas Hipertrofisine Etkisi: Sistematik Derleme” adlı çalışmanın, proje safhasından sonuçlanmasına kadar geçen bütün süreçlerde bilimsel etik kurallarına uygun bir şekilde hazırlandığını ve yararlandığım eserlerin kaynaklar bölümünde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir ve beyan ederim.

Tayfun TAYŞI
25.10.2021

TEZ KONTROL ve BEYAN FORMU

25/11/2021

Adı Soyadı: Tayfun Tayşı

Anabilim Dalı: Antrenörlük Eğitimi

Tez Konusu: Egzersiz Sıklığının Kas Hipertrofisi Üzerine Etkilerinin İncelenmesi: Sistemik Derleme

<u>ÖZELLİKLER</u>	<u>UYGUNDUR</u>	<u>UYGUN DEĞİLDİR</u>	<u>ACIKLAMA</u>
Tezin Boyutları	X	<input type="checkbox"/>	
Dış Kapak Sayfası	X	<input type="checkbox"/>	
İç Kapak Sayfası	X	<input type="checkbox"/>	
Kabul Onay Sayfası	X	<input type="checkbox"/>	
Sayfa Düzeni	X	<input type="checkbox"/>	
İçindekiler Sayfası	X	<input type="checkbox"/>	
Yazı Karakteri	X	<input type="checkbox"/>	
Satır Aralıkları	X	<input type="checkbox"/>	
Başlıklar	X	<input type="checkbox"/>	
Sayfa Numaraları	X	<input type="checkbox"/>	
Eklerin Yerleştirilmesi	X	<input type="checkbox"/>	
Tabloların Yerleştirilmesi	X	<input type="checkbox"/>	
Kaynaklar	X	<input type="checkbox"/>	

DANIŞMAN ONAYI

Unvanı Adı Soyadı: Prof. Dr. Şenay ŞAHİN

İmza:

İÇİNDEKİLER

Dış Kapak	
İç Kapak	
ETİK BEYAN.....	II
KABUL ONAY.....	III
TEZ KONTROL BEYAN FORMU.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
TÜRKÇE ÖZET.....	VI
İNGİLİZCE ÖZET.....	VII
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. Kas Hipertrofisi	2
2.1.1.Mekaniksel Gerilme.....	3
2.1.2. Kas Hasarı.....	3
2.1.3. Metabolik Stres.....	4
2.1.4. Kas Hipertrofisi Çeşitleri.....	4
2.2. Kas Hipertrofisini Etkileyen Etmenler.....	5
2.2.1. Egzersiz.....	6
2.2.1.1.Direnç Egzersizleri Programı.....	6
2.2.1.2.Direnç Egzersizlerine Fizyolojik Adaptasyon.....	7
2.2.2.Uydu Hücreler.....	7
2.2.3.Beslenme.....	7
2.2.3.1.BCAA.....	10
2.2.4.Hormonlar ve Proteomlar.....	11
2.2.4.1.Miyostatin.....	11
2.2.4.2.mTOR.....	12
2.2.4.3.Sitokin.....	12
2.2.4.4.İnsülin.....	13
2.2.4.5.Total Testosteron.....	14
2.2.4.6.Kortizol.....	15

2.2.4.7.IGF-1.....	16
2.2.5.Kas Lif Tipi.....	16
2.2.6.Antrenman Özellikleri.....	18
2.2.6.1.Antrenman Şiddeti.....	18
2.2.6.2.Antrenman Kapsamı.....	19
2.2.6.3.Antrenman Sıklığı.....	21
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	24
4. BULGULAR.....	28
4.1.Sistematik Derlemeye Dahil Edilen Araştırmaların Genel Özellikleri.....	28
4.2. Sistematik Derlemeye Dahil Edilen Araştırmalar ve Sonuçlar.....	28
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	35
6. KAYNAKLAR.....	43
7. SİMGELER VE KISALTMALAR.....	52
8. TEŞEKKÜR.....	53
9. ÖZGEÇMİŞ.....	53

TÜRKÇE ÖZET

Kas hipertrofisi, kasın enine kesit alanının artışı olarak ifade edilmektedir. Son yıllarda fit görünümün önem kazanması ile birlikte hipertrofi antrenman yöntem ve protokolleri oldukça önem kazanmış. Hipertrofinin sağlanmasında kullanılan direnç egzersizlerinde hangi antrenman sıklığının daha verimli ve etkili olduğu ile ilgili günümüze kadar birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen sonuçlardaki çelişkiler nedeni ile bu konu hala tam olarak netleşmemiştir. Bu çelişkilerin muhtemel nedeni araştırmalarda kullanılan farklı yaş, cinsiyet, antrenman durumu, antrenman süresi, antrenman içeriği ve benzeri metodolojiksel yöntemlerdir. Antrenman sıklığının hipertrofi üzerindeki etkisini inceleyen araştırmaların sistematik bir şekilde düzenlenip literatüre doğru ve düzenli bir bilgi akışının sağlanması oldukça önemlidir. Bu nedenle bu sistematik derlemenin amacı farklı sıklıkta yapılan direnç egzersiz protokollerinin hipertrofi gelişimi üzerindeki etkisini inceleyen çalışmaları belirli kriterler dahilinde sistematik olarak derlemek ve incelemektir. Bu sistematik derlemede PRISMA yöntemi kullanılmıştır. Literatür 15-20 Haziran 2021 tarihlerinde “PubMed, Google Scholar” veri tabanları kullanılarak taranmıştır. Veri tabanlarında 2011 ve 2021 yılları arasında yayınlanmış, sadece İngilizce dili ile yazılmış özgün makaleler, 5 anahtar kelime ile Boole operatörleri kullanılarak aranmıştır. Toplam 255 çalışma değerlendirilmiş ve 8 tam metinli makale çalışmaya dahil edilmiştir. Sonuç olarak eşit kapsamlı antrenmanlarda, antrenman sıklığının kas hipertrofisini değiştirmediği ve benzer hipertrofik kazanımlar sağladiğı, buna karşın eşit kapsamlı olmayan direnç antrenmanlarında, antrenman sıklığı artışıının hipertrofik kazancı arttırabileceği fakat bu artışın belirli bir antrenman sıklığından sonra daha fazla olmayacağı görölmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kas Hipertrofisi, Antrenman Sıklığı, Direnç Egzersizi

İNGİLİZCE ÖZET

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF EXERCISE FREQUENCY ON MUSCLE HYPERTROPHY: A SYSTEMATIC REVIEW

Muscle hypertrophy is expressed as an increase in the cross-sectional area of the muscle. In recent years, with the importance of fit appearance, hypertrophy training methods and protocols have gained importance. Although there have been many studies on which training frequency is more efficient and effective in resistance exercises used to provide hypertrophy, this issue is still not fully clarified due to the contradictions in the results. The possible reason for these contradictions is different age, gender, training status, training duration, training content and similar methodological methods used in research. It is very important to systematically organize the studies examining the effect of training frequency on hypertrophy and to provide an accurate and regular flow of information to the literature. For this reason, the aim of this systematic review is to systematically compile and examine the studies examining the effect of different frequency resistance exercise protocols on the development of hypertrophy, within certain criteria. The PRISMA method was used in this systematic review. The literature was searched using “PubMed, Google Scholar” databases on 15-20 June 2021. Original articles published in the databases between 2011 and 2021, written only in English, were searched using Boolean operators with 5 keywords. A total of 255 studies were evaluated and 8 full-text articles were included in the study. As a result, it is seen that the training frequency does not change the muscle hypertrophy and provides similar hypertrophic gains in equally resistance training, whereas an increase in training frequency may increase the hypertrophic gain in unequal resistance training, but this increase will not be more after a certain training frequency.

Keywords: Muscle Hypertrophy, Training Frequency, Resistance Training

1.GİRİŞ

Egzersizin kişiyi sağlıklı bir birey haline getirme, var olan yapıyı koruma gibi önemli görevleri vardır. Sağlık açısından pek çok yararı bulunmakla birlikte hastalıklardan korunma adına, gerekli bağışıklığın kazanılmasına da yardımcı olmaktadır.

Egzersizin sağlıkla birlikte pek çok yararı daha vardır. Bunlardan en bilinenleri fonksiyonellik ve doğru uygulanan direnç egzersizleri sonucunda meydana gelen kişinin daha fit görünümüne kavuşmasını sağlayan kas hipertrofisidir.

Kas hipertrofisi, kasın enine kesit alanının artışı olarak ifade edilmektedir. Son yıllarda fit görünümün önem kazanması ile birlikte hipertrofi antrenman yöntem ve protokolleri oldukça önem kazanmıştır. Günümüze kadar yapılan araştırmalar kas hipertrofi oluşumunu etkileyen faktörlerin neler olduğu pek çok veri ile ortaya koymuştur. Bu faktörlerden biri de direnç egzersizleridir ve direnç egzersizlerinin hipertrofiye etkisi incelenirken egzersiz şiddeti, egzersiz kapsamı ve egzersiz sıklığının bilinmesi oldukça önemlidir.

Antrenman sıklığı, en basit anlamıyla antrenmanda yüklenme dinlenme arasındaki zamansal ilişkiyi ifade etmektedir. Antrenör antrenman sıklığını belirlerken, sporcunun egzersiz kapasitesini, motivasyon durumunu, spor sezonu, öngörülen egzersiz yükleri, egzersiz çeşitlerini ve diğer eşzamanlı antrenman veya aktiviteleri dikkate almalıdır. Antrenman sıklığının belirlenmesinde sporcuların antrenman için ihtiyaç analizi de oldukça önemli bir etkidir.

Hipertrofinin sağlanmasında kullanılan direnç egzersizlerinde hangi antrenman sıklığının daha verimli ve etkili olduğu ile ilgili günümüze kadar birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen sonuçlardaki çelişkiler nedeni ile bu konu hala tam olarak netleşmemiştir. Bu çelişkilerin muhtemel nedeni araştırmalarda kullanılan farklı yaş, cinsiyet, antrenman durumu, antrenman süresi, antrenman içeriği ve benzeri farklı metodolojiksel yöntemlerdir. Antrenman sıklığının hipertrofi üzerindeki etkisini inceleyen araştırmaların sistematik bir şekilde düzenlenip literatüre

doğru ve dzenli bir bilgi akışının sağlanması oldukça önemlidir. Bu nedenle bu sistematik derlemenin amacı farklı sıklıkta yapılan direnç egzersiz protokollerinin hipertrofi gelişimi üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalarını belirli kriterler dahilinde sistematik olarak derlemek ve incelemektir.

2.GENEL BİLGİLER

İskelet kası, bir bireyin günlük yaşamında çok önemli bir rol oynar. Toplam vücut kütesine oranla büyük bir kas kütesine sahip olmak gerek fizksel ve fizyolojiksel sağlık açısından ve gerekse iyi bir görüntüye sahip olarak psikolojik açıdan sağlığı oldukça etkilemektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar kas kütesi artışının, özellikle obezitenin önlenmesi, artan insülin duyarlılığı ve kemik yoğunluğu artışı ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Büyük bir kas kütesi ayrıca sağlıklı yaşlanma ve daha düşük ölüm riski için temel sağlarken, spor veya fiziksel performans için de hareket gücünü arttırmaktadır. Bu nedenle, gençlik yıllarında ve özellikle de yaşlılıkta sağlık için faydaları en üst düzeye çıkarmak için hipertrofi yoluyla iskelet kası kütesini arttırmak oldukça önemlidir.

2.1.Kas Hipertrofisi

Hipertrofi, doku veya organdaki hücrelerin sayıca değişmeksizin hacimce artmasından kaynaklanan büyümedir (Schoenfeld, 2010). Kas miyofibril alanının artması ise kas hipertrofisi olarak tanımlanır.

Kas hipertrofisinde miyofibril sayısı artarken hücrenin çekirdek sayısı da artmaktadır. Bunun nedeni miyofibril çapı ile miyonukleus sayısı arasında sürdürülmesi gereken bir oranın varlığıdır. İskelet kası aşırı yüklenmeye maruz kaldığında, miyofibrillerde ve ilgili hücre dışı matriste pertürbasyonlara neden olur. Sonuç olarak miyofibriler kontraktıl proteinlerin aktin ve miyozin büyüklüğünde ve miktarlarında, buna paralel olarak da toplam sarkomerlerin sayısında artışa neden olan bir miyojenik olaylar zinciri oluşturur. Bu da liflerin çapını arttırır ve böylelikle kas kesit alanında bir artışa neden olur (Schoenfeld, 2010).

Direnç antrenman programlarının ardından egzersize bağı hipetrofinin çoğunluğu, paralel olarak eklenen sarkomer ve miyofibrillerin artmasından kaynaklanmaktadır (Paul, & Rosenthal, 2002).

Egzersiz kaynaklı kas hipertrofisi oluşumunu başlatan üç farklı mekanizmanın varlığı öne sürülmektedir. Bunlar; mekanik gerginlik, kas hasarı ve metabolik stres (Schoefeld, 2010; Schoefeld, 2012; Fink, Kikuchi, & Nakazato, 2018). Egzersiz kaynaklı kas hipertrofisini etkileyen bu faktörler tek tek tartışılmıştır.

2.1.1.Mekaniksel Gerilme

Egzersiz ile birlikte elde edilebilecek kas hipertrofisinde mekaniksel gerilmenin en etkili yol olduğu düşünülmektedir. Fakat her yüklenmeye iskelet kasının yanıtının aynı olmadığı da bilinmektedir. Yapılan çalışmalarda eksantrik kas kasılmasının mekaniksel gerilmeyi daha fazla arttırdığı gösterilmiştir (Howatson ve ark., 2012; Greer ve ark., 2007; Schoefeld, 2016).

Mekaniksel gerilimin, kas protein sentezi oranını düzenlemede de görevi vardır. İskelet kasları yapılan egzersiz uyarılarına oldukça süratli bir şekilde tepki göstermektedir. Bu tepkilerin kas hipertrofisini başlattığı öne sürülmektedir. Mekanik gerilim, protein sentezinin başlatılmasında görev aldığı düşünülen mTOR (mammalian target of rapamycin) gibi molekülleri de uyarır. Kas içinde oluşan gerilim, mekanoreseptörler tarafından algılanırlar ve daha sonra bu reseptörler indikatör olan mitojenle etkinleşen protein kinaz moleküllerini aktive eden mekanizmaları aktive ederler. Oluşan bu gerilim sonucu sarkomerin boyu uzar (Schoefeld, 2010; Schoefeld, 2012).

2.1.2.Kas Hasarı

Egzersiz, kasta lokal mikro travma ve bunun sonucunda hipertrofik bir cevap oluşturduğu öne sürülmektedir. Mikro travma, az sayıda makro moleküle özgü gerçekleşebileceği gibi sarkomerde, bazal lamina veya destekleyici bağ dokuda da yırtıklarla ortaya çıkabilmektedir. Alışık olunmayan kasılma (yüklenme) sonrasında, her bir miyofibrilin farklı bölgelerinde bulunan, en zayıf sarkomerlerin olduğu noktadan miyofibrillerin yırtılmasına neden olur. Bu özellikle T-tübüllerini deforme eder, kalsiyum homeostazının bozulmasına neden olur ve sonuçta, zarların yırtılması ve/veya gerginlikle aktive olan kanalların açılması sonucu hasar görür. Bunun sonucunda

da uydu hücreyi çoğalmasını ve farklılaşmasını düzenleyen çeşitli büyüme faktörlerinin salınımının artmasına yol açtığı düşünölmektedir (Schoenfeld, 2012; Schoefeld, 2010).

2.1.3. Metabolik Stres

Metabolik stres teorisi, ATP yapımı için gerekli olan anaerobik glikoliz sonucu ortaya çıkan laktat, hidrojen iyonu, inorganik fosfat, kreatin gibi metabolitlerin birikmesine dayanmaktadır. Oluşan bu asidik ortamın, kas liflerinin yapısını bozduğu ve sempatik sinir aktivitesinin daha fazla uyardığı düşünölmektedir. Bu sayede daha yüksek oranda hipertrofik uyaran olarak etkisinin olduğu öne sürölmektedir (Schoefeld, 2010; Schoefeld, 2012).

2.1.4. Kas Hipertrofisi Çeşitleri

Kas hipertrofinde sarkoplazmik ve myofibriler olmak üzere 2 tip kas fibril hipertrofinde söz edilebilir. Kas fibrilinin sarkoplazmik hipertrofisi, sarkoplazmadaki (kas fibrilleri arasındaki yarı akışkan maddelerdeki) ve kas kuvvetine direkt olarak katkısı bulunmayan proteinlerdeki büyüme ile tanımlanır. Sarkoplazmik kas hipertrofinde iskelet kas enine kesit alanında artış olmakla birlikte iskelet kas kuvvetinde herhangi bir artış meydana gelmez (Schoenfeld, 2010) (Şekil 2.1).

Myofibriler iskelet kası hipertrofisi, aktin ve miyozin filamentleri ve miyofibril sayısı artışı ile birlikte kas fibril çapındaki enine kesit alanı artışı ile tanımlanır. Bu tür hipertrofik gelişimde kasılabilir proteinlerin sentezlenmesindeki artışa bağlı olarak kas kuvvetinde de bir artış meydana gelmektedir (Tesch, 1988) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. İskelet kasında görülen sarkoplazmik ve miyofibriler hipertrofi: Sarkoplazmik hipertrofi, miyofibril artışı meydana gelmeksizin sarkoplazmadaki (kas fibrilleri arasındaki yarı akışkan maddelerdeki) su ve proteinlerdeki artış ile gerçekleşir. Bu tür hipertrofide kas kesit alanında artış olmakla birlikte kas kuvvetinde bir artış meydana gelmez. Myofibrillar hipertrofi, kasılabilen miyofibril sayısındaki artış ile gerçekleşir. Bu tür hipertrofik gelişimde ise kasılabilir proteinlerin sentezlenmesine bağlı olarak kas kuvvetinde artış meydana gelir.

2.2. Kas Hipertrofisini Etkileyen Faktörler

İskelet kası hipertrofisini etkilediği düşünülen birçok faktör vardır. Bunların arasında egzersiz, uydu hücreleri, beslenme, genetik özellikler, miyostatin, hormonlar (testosteron, büyüme faktörleri, büyüme hormonu, kortizol vb.) ve kas fibril tipi gibi etmenler sayılabilmektedir (Stokes ve ark., 2018; Jäger ve ark., 2017). Kas hipertrofisini ayrıca kas uzunluğu, yaş, cinsiyet, uzuv uzunluğu ve tendon insertion noktası da etkileyebilmektedir. Aşağıda iskelet kası hipertrofisini etkileyen bazı faktörler ayrıntılı bir şekilde tartışılmaktadır.

2.2.1. Egzersiz

Kas hipertrofisini en etkili şekilde arttıran ve farmakolojik olmayan en önemli yöntem egzersizdir. Egzersiz temel olarak sağlıklı olma, kuvveti artırma amaçlı yapılmaktadır. Şiddetli ya da uzun vadede yapılan egzersizler nöromüsküler adaptasyonlar için güçlü uyarıcılardır. Bu uyarıcı, kas kuvveti, genel kuvvet ve gücün artırılması için en temel unsurdur (Kraemer ve ark., 2006). Bu yüzden kas adaptasyonlarını uyaran direnç egzersizleri, hem sporcular hem de rekreasyonel amaçlı egzersiz yapan bireyler için büyük öneme sahiptir. Egzersizler hem konsantrik hem de eksantrik kasılmalarından oluşabilir. Birçok sporcu ve fitness ile uğraşan bireyler, daha çok konsantrik kasılmalar ile kas gelişiminin olacağını düşünmektedir. Oysa ki bilinenin tam aksine, son yıllarda yapılan çalışmalar kas kuvveti gelişiminin, konsantrik kasılmalardan ziyade eksantrik kas kasılmaları ile daha fazla olduğunu göstermiştir. Bunun en önemli sebebi eksantrik kas kasılmaları sırasında daha fazla güç üretiminin olmasıdır. Eksantrik kas kasılmasının, kas hipertrofisini ve kas kuvvetini arttırmada çok etkili olduğu kanıtlanmıştır (Jones, Power, & Herzog, 2016; Kraemer ve ark., 2002). Bu nedenle, kas hipertrofisi amaçlanan egzersiz programlarında eksantrik kasılmaların yer aldığı direnç egzersizleri, nöromüsküler yanıtı arttırmak için sıklıkla tercih edilmektedir (Schoenfeld, 2016; Osmond, 2017). Eksantrik kasılmaları içeren direnç egzersizlerinin daha fazla kas hasarı oluşturduğu gösterilmiştir. Oluşan kas hasarı, fiziksel performansın (Howatson ve ark., 2012; Greer ve ark., 2007; Schoenfeld, 2016), bilişsel görevlerin (Manzo, 2017) ve esnekliğin azalmasına yol açmaktadır (Howatson ve ark., 2012). Eksantrik egzersizlerden sonra protein yıkımında daha fazla artış meydana gelmektedir, bu yüzden bu yıkım oranından daha fazla protein sentezi sağlanmazsa kas hipertrofisi açısından olumsuz sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Protein sentezi için gerekli proteini alımına önem vermek gerekmektedir.

2.2.1.1. Direnç egzersizleri

Düzenli direnç egzersizlerinin birincil faydası kas fibrillerinin enine doğru genişlemesi (Hipertrofi) ve kontraktıl kuvvet artışıdır. Düzenli direnç egzersizlerinin ikincil ve olası diğer potansiyel faydaları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

▪ İkincil Faydası:

- Tendon ve ligamentlerde gerilme kuvveti artışı
- Kemik mineral yoğunluğu (BMD) artışı

- **Diğer potansiyel Faydalar:**
 - Fiziksel kapasite artışı
 - Fiziksel görünüm ve vücut kompozisyonunda iyileşme
 - Metabolik fonksiyonlarda iyileşme
 - Sakatlanma riskinin azalması
 - Hastalıklardan korunma

2.2.1.2. Direnç egzersizlerine fizyolojik adaptasyon

Direnç egzersizlerine fizyolojik adaptasyonların sağlanması ve kas hipertrofisi ve kas kuvveti artışı için antrenmanların aşamalı yüklenme prensibine göre yapılması gerekmektedir. Direnç antrenmanlarının 10-20 haftalık antrenman dönemi sonucu oluşan hızlı kuvvet gelişimi büyük oranda nörolojik (sinir iletim hızı artışı ve motor ünite aktivasyonu artışı) kaynaklı olmaktadır. Direnç egzersizlerinin tekrar tekrar yapılması egzersiz esnasında aktive olan motor ünitelerin daha etkin kullanımını sağlamaktadır.

2.2.2. Uydu Hücreler

Satellit (uydu) hücreler kas prekürsörleridir ve kas gelişimi için gerekli olan çekirdek havuzunu oluştururlar. Normal büyüme boyunca miyofibrillerin basal laminası ve sarkolemması arasında yerleşen ve postnatal miyojenik hücreler olan uydu hücreler proliferasyon ve farklılaşma uyarılıncaya kadar inaktif durumda kalır. Bu hücrelerin proliferasyonu, farklılaşması ve miyofibrillere füzyonu sonucunda çekirdek sayısında artış meydana gelir. Bu mekanizma kas hipertrofisine yol açan temel süreçtir (Singleton & Feldman, 2001).

2.2.3. Beslenme

Egzersiz öncesi ve sonrası besin tüketimi, organizmada yapım, onarım ve toparlanma için oldukça önemli bir yere sahiptir. Doğru beslenme yöntemi belirlenmediği takdirde egzersiz sonucu oluşan yıkım olaylarının engellenmesi ve istenilen sonuca ulaşılması oldukça güç olacaktır.

Direnç egzersizlerinin hipertrofiye etkisi incelenirken, proteinler de kas hasarını azaltma, onarma ve toparlanma sürecindeki olası olumlu etkileri nedeni ile göz önünde bulundurulmaktadır. İskelet kas hipertrofisi üzerinde protein tüketiminin etkileri araştırılırken uygulama süresi,

antrenman programı (yoğunluk, şiddet, süre vb.), bireylerin yaşı, tüketilen proteinin tipi, miktarı, zamanlaması, kalitesi (lösün içeriği), proteinlerin ek besin bileşimleriyle alınması gibi faktörler oldukça önemli ve sonucu değiştirebilmektedir.

Egzersiz sonrası kas protein sentezi yanıtını arttırmada direnç antrenmanları ile elzem amino asit (EAA) tüketiminin egzersiz ile birlikte karbonhidrat tüketiminden daha büyük bir anabolik etki ortaya çıkarttığı rapor edilmiştir (Hulmi, Lockwood, & Stout, 2010). Genel olarak araştırmalar hayvan ve süt bazlı protein içeren ürünlerin en yüksek EAA yüzdesini içerdiğini ve tipik olarak bir veya daha fazla EAA'dan yoksun protein kaynaklarına kıyasla direnç egzersizini takiben daha yüksek hipertrofi ve protein sentezi ile sonuçlandığını göstermektedir (Tang ve ark., 2009). Dallı zincirli amino asitler (DZAA) (lösün, izölösün, valin) protein metabolizmasında, nöral fonksiyonda ve kan şekeri-insülin regülasyonundaki rolleriyle EAA'lar arasında benzersizdir. DZAA'ların içinde lösün kilit aminoasittir. Lösün tüketiminin kas protein sentezi cevabını uzatarak egzersiz sonrası negatif kas protein dengesini pozitive dönüştürebileceğini öne sürmüştür (Norton ve ark., 2006). Protein dönüştürme mekanizmalarını uyarmak (sinyal yollarını aktifleştirmek) için, her öğünde yaklaşık 1-3 gr lösün dozunun gerekli olduğu bildirilmektedir (Tipton ve ark., 2018). Lösünün protein sentezini bağımsız olarak uyardığı kanıtlanmış olsa da takviyenin tek başına sadece lösün olmaması gerektiğini bilmek önemlidir.

Piyasadaki en çok bilinen proteinlerden ikisi peynir altı suyu ve kazeindir. Her iki protein de süttten elde edilir ancak her biri protein emilim hızı ve biyoyararlanımı bakımından farklıdır. Dolayısıyla her bir protein tipinin direnç egzersizleri yoluyla ortaya çıkan adaptasyonlara farklı şekilde katkıda bulunması mümkündür (Wilborn ve ark., 2013). Zamanla artan bir kanıtta; süt proteini ve özellikle de peynir altı suyunun kas protein sentezindeki artışı en fazla uyardığı, kronik direnç egzersiziyle kombine edildiğinde genç bireylerde daha fazla kas kesit alanı oluşturduğudur (Hulmi ve ark., 2010). Sonuç olarak sporcuların istirahat ve antrenman sonrasında kas protein sentezi oranlarını maksimuma çıkarmak için hem hızlı sindirim hem de lösün içeriğinde yüksek protein kaynakları aramaları gerektiği ortak görüş olarak kabul edilmektedir (Jager ve ark., 2017).

Profesyonel ya da rekreasyonel amaçlı egzersiz yapan bireyler, performanslarını arttırmak, toparlanma süresini kısaltmak, kas kütlesi kazanmak ve kilo vermek gibi farklı amaçlarla beslenmelerine ek olarak sıvı karbonhidrat, protein, süt, özel içerikli ek gıda (casein, BCAA gibi)

ya da karbonhidrat ve protein karışımı farklı ürünler kullanmayı tercih etmektedirler (Trommelen ve ark., 2013). Son yıllarda bu ürünlerin kullanımı fitness ve vücut geliştirmeye karşı ilgi duyanların sayısının ve fitness ve vücut geliştirme salonlarının artması ile birlikte çok hızlı şekilde artmıştır. Yüksek kaliteli protein kaynaklarının sağladığı çeşitli ek faydalar dikkate alındığında, yüksek kaliteli protein kaynaklarının (süt ve süt ürünleri, yumurta, et kaynakları) kombinasyonunun tüketilmesi avantajlı olabilir.

Egzersizde ek protein alımının faydaları kanıtlanmış olsa da protein alımının egzersiz öncesi veya egzersiz sonrası alımının ek faydaları ve birbirlerine üstünlükleri tartışmalıdır. En son yapılan çalışmalar da göz önünde bulundurularak her ana öğün ile en az 20-25 gr proteini 3-4 saat ara ile tüketmenin kas hipertrofisinde etkili olacağı kabul edilmektedir (Stokes ve ark., 2018). Protein alımının miktarı miyofibrillar protein sentezini düzenleyen başlıca faktörlerdendir (Areta ve ark., 2013).

Yapılan çalışmalarda egzersiz ile birlikte yapılan ek besin tüketiminin bazı hormon salımlarını arttığı ve protein sentezinin de bu doğrultuda pozitif yönde arttığı gösterilmiştir (Bird, 2010; Stark ve ark., 2012). Ancak bu ürünlerin kullanım zamanı, miktarı, içerik oranının ne olması gerektiğine dair net bir bilgi bulunmamakta ve bu konunun aydınlatılması için çalışmalar devam etmektedir. Egzersizlerde günlük doz miktarı, sporcunun antrenman şiddet ve kapsamı, vücut kompozisyonu, toplam enerji alımı ve antrenman durumu gibi birçok faktörün kombinasyonlarından etkilenmektedir (Jager ve ark., 2017).

Moore ve ark. (2009) yapmış olduğu çalışmada 6 erkek sporcu egzersizden sonra rastgele 0,5,10,20 ve 40gr tam yumurta proteini içeren içecekler tükettirmişlerdir. Kas protein sentezinin maksimum 20 gr'da uyarıldığı ve albumin protein sentezinin (APS) doza bağımlı şekilde artıp 20 gr'da platoya ulaştığı gözlemlenmiştir (Moore ve ark., 2009). Çalışma neticesinde 20 gr protein tüketiminin direnç egzersizinden sonra kas protein sentezini ve APS'yi maksimum uyarmak için yeterli olduğu vurgulanmıştır (Moore ve ark., 2009). Bir diğer çalışmada ortalama 71 yaşında olan 37 yaşlı erkek direnç egzersizi ile birlikte peynir altı suyu protein hidrolizatı (0,10,20 ve 40 gr doz) tüketmiştir. Çalışma sonucunda yaşlı erkek popülasyonunda kas protein sentezinin oranlarını maksimuma çıkarmak için 40 gr'lık peynir altı suyu proteini izolatına ihtiyaç olduğu ortaya çıkmıştır (Yang ve ark., 2012). Benzer bir çalışmada 14 sağlıklı erkeğe 1,8 ve 2,9 gr/kg protein

tüketimi ile birlikte direnç egzersizi uygulanmıştır. Çalışma sonunda yüksek doz protein tüketiminin, kas hasarı veya ağrı belirteçlerini olumlu bir şekilde arttırmadığı ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, orta derecede protein alımının (1.8 g/kg) direnç egzersizi yapan bireyler için yeterli olabileceği düşünülürken, bu alımın uzun süreli egzersiz dönemlerinde veya yoğun egzersiz yapıldığında yeterli olup olmadığını belirlemek için daha uzun vadeli çalışmaların yapılması gerektiği vurgulanmaktadır (Roberts ve ark. 2017).

Yaşlı bireylerde ise kas protein sentezi yanıtlarını maksimize etmek için daha yüksek dozlar (40 gr) gerekebilir. Günlük 1.4 -2.0 gr/kg/gün protein miktarları önerilirken, enerji kısıtlamasına giden kişiler için daha fazla miktarlar gerekebilir (Jager ve ark., 2017). Direnç egzersiziyle birlikte karbonhidratlı veya karbonhidratsız EAA'ların sağlanması kas protein sentez hızını artırır (Børsheim ve ark., 2002; Miller ve ark., 2003; Dreyer ve ark., 2008). Ancak karbonhidratların proteinlerle kombinasyonun kas protein sentezi üzerindeki etkileri çalışmalarda farklılık göstermektedir. Geniş çapta yaptıkları derlemelerinde dayanıklılık ve direnç egzersizi sırasında karbonhidrat+protein veya EAA'ların tüketilmesinin; uygun bir anabolik hormon profilinin korunmasına yardımcı olabileceğini, kas hasarındaki artışları en aza indireceğini, kas kesitsel alandaki artışı arttırabileceğini ve tükenme süresini uzatacağını aktarmışlardır (Jager ve ark.,2017).

2.2.3.1. Dalı Zincirli Aminoasitler (BCAA)

Elzem amino asitler arasında yer alan BCAA'lar (lösin, izolösin ve valin) oral yolla alındıktan sonra hızlı şekilde (30 dk) sindirilmektedir (Wolfe, 2017). Emiliminden sonra büyük ölçüde doğrudan sistemik dolaşıma girmektedir (Bifari, & Nisoli, 2017). BCAA'lar insan vücudu tarafından sentezlenemez bu yüzden diyetlerle alınması zorunludur (Santos, & Nascimento, 2019; Nosaka ve ark., 2006). Yapılan çalışmalar da mTOR ve p70S6K harekete geçirdiği ve hücre gelişimini başlattığı gösterilmiştir (Jackman ve ark., 2017; Schoenfeld, 2016; Bifari, & Nisoli, 2017). Aynı zamanda protein sentezini artırır (Santos, & Nascimento, 2019), yıkımını azaltır, bilişsel fonksiyonların zayıflamasını geciktirir, gecikmiş kas hasarının (GKA) hızlı şekilde geçmesini sağladığı gösterilmiştir (Damas ve ark., 2016; Jackman ve ark., 2017; Manzo, 2017)

2.2.4. Hormonlar ve Proteomlar

Hipertrofik yanıtta anabolik süreçlerin yukarı regülatörleri olarak görev yaparlar. Yüksek anabolik hormon konsantrasyonları, reseptör etkileşimi olasılığını artırır, protein metabolizmasını ve sonraki kas büyümesini kolaylaştırır. Birçoğu aynı zamanda uydu hücresi proliferasyonu ve farklılaşması ile kas hücrelerinin onarımında yardımcı olmak için uydu hücrelerinin hasarlı fibrelere bağlanmasını kolaylaştırır. Hipertrofide etkili olduğu düşünülen başlıca hormonlar IGF-1 (insülin benzeri büyüme faktörü), GH (büyüme hormonu) ve testosterondur.

Hormonlar anabolik süreçlerin yukarı düzenleyicileri olmaları açısından çok önemli rol üstlenmişlerdir. Artmış olan anabolik hormonlar sonucunda reseptör etkileşimleri artar, protein sentezini pozitif yönde etkiler ve kas gelişimi meydana gelir. Buna ek olarak, uydu hücre aktivasyonunun başlaması, farklılaşması ve hasara uğramış olan kasın onarılması süreçleri de bu hormonların etkileri arasındadır. Aşağıda kas hipertrofisinde etkili olduğu düşünülen bazı proteom ve hormonların etkileri tartışılmıştır.

Proteomlar; Myostatin, m-TOR, Sitokin

Hormonlar; İnsülin, Testesteron, Kortizol, IGF-1

2.2.4.1. Miyostatin

Miyostatin kas oluşumunu sağlayan ve kontrol eden bir protein olarak tanımlanabilir. Vücutta myostatin geni ile yönetilmektedir. Miyostatinin aşırı derecede baskılanması kasların aşırı derecede büyümesine neden olmaktadır (Şekil 2.2).



**Normal
Fare**

**Myostatin
Baskılanmış
Fare**



Şekil 2.2. Miyostatin baskılanmış farenin kas kütlesi normal fareden çok daha fazla olmaktadır.

2.2.4.2. mTOR

Fosfatidilinositol 3-kinaz (PI3K) ilişkili protein kinaz ailesine ait bir serin/treonin kinazdır. mTOR başta hücre büyümesi, metabolizması ve proliferasyonu dâhil olmak üzere bir dizi hücre fonksiyonunun düzenlenmesinde ve hücre homeostazinin sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. mTOR aktivasyonu ile kas gücündeki artışın insülin benzeri büyüme faktöründen (IGFI) bağımsız olarak gerçekleştiğine dair kanıtlar vardır. Genel olarak, egzersiz uyaranları yoluyla iskelet kası hipertrofisine ilişkin olan bilgiler sınırlı sayıda olsa bile bu bilgiler giderek daha da artmaktadır. Moleküler biyolojideki ilerleme, bu süreçte yeni moleküler oyuncuların tanımlanmasına önemli katkı sağlamıştır (Pallafacchina et al., 2002; Bodine, 2006).

2.2.4.3. Sitokin

Sitokinler hücre içi ve hücrelerarası iletişim (signalling) için son derece önemli küçük yapı proteinlerdir. Sitokin salınımı, etrafındaki hücrelerin davranışları üzerinde etkilere sahiptir. Ayrıca, sitokinlerin bağışıklık düzenleyici ajanlar olarak otokrin (kendi kendine sinyal gönderen) sinyalizasyon, parakrin (yerel etkili hormon, etrafındaki diğer küçük hücrelere sinyal gönderen) ve endokrin (yakın ve hedef hücrelere sinyal gönderen) sinyalleme gibi fonksiyonları olduğu ifade edilmektedir (Pillon ve ark., 2013; Pistilli ve Quinn, 2013). Egzersizin iskelet kası içinde bulunan bu sitokinlerin sentezini arttırdığı da bilinmektedir. Egzersiz kaynaklı kas büyümesi hakkında en

fazla çalışılan ve çok kritik bir role ve öneme sahip olan sitokinlerin alt izoformu olarak interlökin 6 (IL-6) göze çarpmaktadır. Egzersiz sonrası IL-6 sekresyon seviyesinin çalışıldığı bir araştırmada sekresyon seviyesindeki artışın istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde hipertrofik adaptasyonlarla ilişkili olduğu bulunmuştur. Temelde kas hasarı, IL-6 sitokin yanıtının bir aracı olarak kabul görmektedir. İskelet kasının büyümesinde potansiyel role sahiptirler. Yapılan çalışmalarda IL-6 seviyesi Tip II kas lifinde, Tip I kas lifine kıyasla mRNA seviyesinde daha fazla artış göstermiştir (Mitchell ve ark., 2013).

2.2.4.4. İnsülin

Pankreas, sindirim fonksiyonlarına ek olarak, glikoz, lipid ve protein metabolizmasının düzenlenmesi için çok önemli hormonlardan biri olan insülini salgılar. Enerji metabolizmasını düzenlemede en etkili hormonlardan biridir. Yemekten sonraki birkaç saat boyunca dolaşımdaki kanda fazla miktarda besin bulunduğunda, sadece karbonhidratlar ve yağlar değil, proteinler de dokularda depolanır. Bunun gerçekleşmesi için insülin gereklidir. Fakat İnsülinin protein depolamasına neden olma şekli hem glikoz hem de yağ depolamanın mekanizmaları kadar iyi anlaşılammıştır. İnsülin, amino asitlerin çoğunun hücrelere taşınmasını uyarır. En güçlü şekilde taşınan amino asitler arasında valin, lösin, izolösin, tirozin ve fenilalanin bulunur. Böylece, insülin büyüme hormonu ile amino asitlerin hücrelere alımını artırma özelliğini paylaşır. İnsülin, proteinlerin katabolizmasını önler, böylece hücrelerden, özellikle de kas hücrelerinden amino asit salınım oranını azaltır. Muhtemelen bu, insülinin proteinlerin hücrel lizozomlar tarafından normal yıkımını azaltma kabiliyetinden kaynaklanmaktadır (Hall, 2015; Fink, Kikuchi, & Nakazato, 2018).

İnsülin aynı zamanda hücre akresyonunun düzenlenmesi ve hücrel besin, oksijen ve enerji seviyelerinin belirlenmesinde kritik rolü olan mTOR'un da anabolik etkilerinin aktive edilmesinde önemlidir (Fink ve ark., 2018; Hall, 2015; Gannon, Schnuck, & Vaughan, 2018). Hayvan çalışmaları sonuçları incelendiğinde büyüme hormonu veya insülinde sadece birinin verilmesi, neredeyse hiç büyümeye neden olmamaktadır. Ancak bu hormonların birlikte verilmesi dramatik bir büyümeye neden olabilmektedir. Böylece, iki hormonun, her biri diğerinden ayrı şekilde özel bir işlevi yerine getirerek büyümeyi teşvik etmek için sinerjistik olarak fonksiyon gördüğü anlaşılmaktadır. Direkt anabolik özellikleri bilinmese de, insülin kullanımı vücut geliştiriciler

arasında ve kas kütlesini arttırmak isteyen sporcular arasında oldukça yaygındır (Holt ve Sönksen, 2008).

İnsülinin anabolik etkisinin proteien sentezini arttırmaktan ziyade protein yıkımını önleyici özelliklere sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Fink ve ark., 2018). İnsülinin, proteinlerin ve peptitlerin, enzimle peptit bağının hidrolizi ile amino asitlere parçalanması süreci olan proteolizi azaltma mekanizması (Pacy, Nair, & Ford, 1989) henüz tam olarak anlaşılamamakla beraber kas hipertrofinin miyofibriler protein sentezi ve proteoliz arasındaki farkı olduğu düşünüldüğünde, protein yıkımındaki bir azalmanın, kontraktıl proteinlerin birikmesini ve böylece daha fazla hipertrofiyi teşvik edecek bir mekanizma olarak düşünülmektedir (Kafkas, & Kurt, 2019; Schoenfeld, 2016; Kızılay, 2018). Bu noktada insülinin, direnç antrenmanları sonrası artan hipertrofik yanıtı nasıl artırdığına dair en güçlü kanıt protein yıkımı azaltıcı etkiye sahip olması olarak gösterilmektedir (Baron, 1991; Heslin ve ark., 1992; Hall, 2015).

Egzersizin ilk kısmında insülin miktarında ani artış olduğu ve daha sonra azalmaya başladığı bilinmektedir. Bu, kanda hazır bulunan glikozun hücre içine taşınmasından kaynaklanmaktadır (Gökdemir, & ve Cicioğlu, 2000). İnsülin hormonunun anabolik etki mekanizması tam olarak anlaşılamamıştır. Bazı çalışmalarda BCAA'ların insülin hormonu salınımını fazla arttıracığı ve uzun süre kullanımlarda zararlı etki göstereceği tespit edilmiştir. Bir dizi epidemiyolojik çalışma, özellikle lösin içeriği çok yüksek olan BCAA'ların pankreasta bulunan β hücreleri aktive ederek aşırı insülin salınımına ve böylece hiperinsülinemiye yol açacağını, insülin direnci ve obezite başta olmak üzere kardiyometabolik hastalıklara yol açabileceğini belirtmişlerdir (Tai ve ark., 2010; Huffman ve ark., 2009; Uğur, & Ünal, 2017; Yoon, 2016; Jäger ve ark., 2017).

2.2.4.5. Total Testosteron

Bazı anabolik hormonlar, egzersizden sonraki yanıt ve adaptasyonlar için kritik öneme sahiptir. Total testesteron (TT) bu hormonların içerisinde yer almaktadır. Sağlıklı erkek bireylerde (18 yaş ve üzeri) TT aralığı 2,4-8,7 $\mu\text{g/L}$ ' dir (Koz, 2016). TT androjen grubuna ait bir steroid hormondur. Erkek cinsiyet hormonudur ve bir anabolik steroiddir. Erkeklerde testislerde, dişilerde

yumurtalıklardan üretilmektedir. Sağlık, enerji, bağışıklık sistemi, kemik erimesi ve libido ile yakından ilgilidir (Civan ve ark., 2018). Büyüme hormonu gibi anabolik etkiye sahiptir ve kas protein sentezini arttırmaktadır. Bu yüzden kas gelişimi ve performansın arttırmasıyla ilgili çalışmalarda kullanılmaktadır (Küüsmaa ve ark., 2016). Yapılan bir çalışmada kuvvet antrenmanı sonucunda (şiddet %80-100) testosteron seviyesinin akut olarak yükseldiği saptanmıştır. Bu artışın hem TT' nin sentezle hızının artmasından hem de eliminasyonunun azalmasından kaynaklandığı öne sürülmektedir (Harbili, 2008).

2.2.4.6. Kortizol

Sağlıklı erkek bireylerde (18 yaş ve üzeri) kortizol hormonu aralığı 3,7-19,4 µg/dl' dir. Kortizolün vücudun metabolik sistemleri üzerindeki temel etkilerinden birisi, karaciğer depoları dışındaki tüm vücut hücrelerinde protein depolarının azaltılmasıdır. Buna hem azalmış protein sentezi hem de zaten hücrelerde bulunan protein katabolizması neden olmaktadır. Bu etkilerin her ikisi de ekstrahepatik dokulara amino asit taşınmasının azalmasından kaynaklanabilir. Muhtemelen en büyük neden değildir. Çünkü kortizol, özellikle kas ve lenfoid dokularında birçok ekstrahepatik dokularda ribo nükleik asit (RNA) oluşumunu ve ardından protein sentezini baskılamaktadır (Hall, 2015; Kraemer ve ark., 2011). İzole dokulardaki çalışmalar, kortizolün, kas asitlerine ve belki de diğer ekstrahepatik hücrelere amino asit taşınımını baskıladığını göstermiştir. Bununla birlikte, hücrelerdeki proteinlerin katabolizması, mevcut proteinlerden amino asitleri salmaya devam eder ve bunlar, plazma amino asit konsantrasyonunu arttırmak için hücrelerden yayılır. Bu yüzden kortizol, nonhepatik dokulardan amino asitleri harekete geçirir ve böylece protein dokusunun depoları azalır (Hall, 2015; Kraemer, 2011). Kortizol, egzersiz sırasında ve sonrasında, kas üzerinde yağ asidi mobilizasyonu (Johnson, 1997) katabolik etkileri ve immün baskılayıcı ve anti-enflamatuar eylemler dahil olmak üzere önemli rol oynayan bir glukokortikoidtir (Fuqua, & Rogol 2013). Testosteron/kortizol oranının, anabolik/katabolik durumun bir göstergesi olduğu öne sürülmüştür (Sylta ve ark., 2017). Benzer şekilde testosteron ve kortizolün, egzersizle indüklenen önemli hormonal yanıtlar olduğu ve sırasıyla anabolik ve katabolik hormon kontrolünün biyobelirteçleri olduğu düşünülmektedir (Zinner ve ark., 2014; Wahl ve ark., 2013). Böylelikle, testosteronda artış, kortizolde bir azalma ve ya her ikisinin bir kombinasyonu, anabolizmin potansiyel genel durumunu gösterecektir (Virus, & Virus, 2004).

2.2.4.7. İnsüline Benzer Büyüme Faktörü-1 (IGF-I)

İnsülin benzeri büyüme faktörü 1 (IGF-1) adından da anlaşılacağı üzere yapısal olarak insüline benzeyen homolog (yüksek seviyede dizilim benzerliği) bir peptiddir (amino asitlerin birbirine bağlanması ile oluşan kısa bileşikler). Doğadaki en önemli memeli anabolik hormonu olarak gösterilmektedir. Vücut için bütün olarak temel anabolik tepkiyi ürettiği düşünülmektedir ve mekanik yüklemeye tepki olarak güçlenmiş etkiler göstermektedir. IGF-1 alıcıları harekete geçmiş uydu hücrelerde, yetişkin kas lifindeki, Schwann hücrelerinde bulunmaktadır. IGF-1 hücre içi sinyallemeyi birden fazla yol kullanarak gerçekleştirebilmektedir. IGF-1' in kullandığı bu farklı sinyalleme yolları hem anabolik hem de anti-katabolik etkiler oluşturarak kas üzerinde doku büyümesini teşvik edebilmektedir (Kafkas ve Kurt, 2018).

2.2.5.Kas Lif Tipi

Kas hipertrofinde önemli olan bir diğer etmen ise kas lif tipleridir: İnsanlarda iskelet kası fibril tipleri Tip 1, Tip 2A ve Tip 2D / X (Ennion ve ark., 1995) olarak sınıflandırılırken kemirgenlerde fazladan Tip 2B lif türü vardır (Termin ve ark., 1989). Tip 1 kas fibrili baskın bir oksidatif metabolizmaya sahip ve yavaş bir kuvvet üretimi ile karakterize edilirken tip 2A fibrilleri (hızlı kasılma) hem oksidatif hem de glikolitik metabolizmaları kullanarak hızlı bir kuvvet üretimi sağlarlar. Tip 2D / X ve Tip 2B tipindeki lifler ise hızlı bir kasılma özelliğine sahip glikolitik profil sunarlar. Tüm kaslar arasında, Tip 2x tipleri en hızlı glikolitik fenotipini sunmaktadır (Şekil 3.2) (Schiaffino, 2010)



Şekil 2.2. Kas fibril tipi ve egzersiz şiddetine bağlı olarak yorgunluk oranları

Her ne kadar lif türü gelişim aşamasında genetik olarak önceden kurulmuş olsa da, bir süre sonra, plasticity özellikleri nedeniyle, iskelet kası heterojen hale gelir; buradaki lifler, patolojilerin ilerlemesi gibi çeşitli fizyolojik uyarılarla, yaşamları boyunca yeniden şekillenebilir (örneğin obezite ve diyabet), antrenmansız uyarı (örneğin atrofi) ve antrenmana bağlı (örneğin, hipertrofi) (Hambrecht ve ark., 1997; Schiaffino ve ark., 2007; Albers ve ark., 2015). Aerobik metaboklik özelliği yüksek liflere Tip I, kırmızı yada yavaş kasılan kas lifleri denir (Tablo 2.1). Yavaş kasılan kas lif tipleri daha çok yüzeyden uzak olan iç bölgelerde dağılım gösterirler.

Anaerobik metabolik özellikleri yüksek olan liflere de Tip II, beyaz yada hızlı kasılan kas lifleri denir. Tip II kendi içerisinde Tip II a ve Tip II x (b) olarak iki gruba ayrılmaktadır. Hızlı kasılan kas lif tipleri vücutta genellikle yüzeye yakın olarak dağılım göstermişlerdir. Hipertrofi açısından bakıldığında hızlı kasılan kaslar daha çok hipertrofiye yatkındırlar.

Tablo 2.1. Kas fibril tipleri ve özellikleri

Özellik	Tip I	Tip II a	Tip II b
Motor nöron hacmi	küçük	büyük	Büyük
Motor nöron uyarı eşiği	düşük	yüksek	Yüksek
Sinir ileti hızı	Yavaş	hızlı	Hızlı
Kas lif çapı	küçük	büyük	Büyük
SR gelişmişliği	az	çok	Çok
Mitokondri yoğunluğu	yüksek	yüksek	Az
Kapiller yoğunlu	yüksek	orta	Az
Myoglobin sayısı	yüksek	Orta	Az

2.2.6. Antrenman Özellikleri

Kas hipertrofisi için egzersizin elzem olduğu bilinmektedir (Schoenfeld, 2010). Ancak her antrenman aynı düzeyde hipertrofi oluşturmamaktadır. Antrenmanın yoğunluğu, egzersiz seçimi, dinlenme aralığı ve tekrarlama hızı kas hipertrofisi oluşumunu ve seviyelerini etkilemektedir (Tipton ve ark., 2018).

Kas hipertrofisini etkileyen bir diğer faktör ise antrenman özellikleridir. Direnç antrenmanın özellikleri 3 ana başlık altında toplanmıştır:

- 1- Antrenman Şiddeti
- 2- Antrenman Kapsamı
- 3- Antrenman Sıklığı

2.2.6.1. Antrenman Şiddeti

Kas hipertrofisini en üst düzeyde sağlayabilmek için antrenman şiddetini belirlemek oldukça önemli yere sahiptir. Antrenman şiddetini direnç egzersizleri için, kişinin tek seferde ya da on tekrarda kaldırdığı maksimum ağırlığa göre belirlenen kilogramın yüzdelik dilimindeki zorluk seviyesi olarak ya da bir egzersiz seti sırasındaki kaldırılan toplam ağırlığın başarı seviyesi olarak tanımlayabiliriz. Antrenman şiddeti maksimal kaldırılan ağırlık yüzdesine yaklaştıkça artar. Şiddet ve tekrar sayısı ise ters orantılı olarak çalışılır, şiddet artıkça tekrar sayısı düşer, tekrar sayısı artıkça şiddet azalmak durumundadır.

- Başlangıç seviyesindeki biri için, direnç egzersizi antrenmanları düşük şiddetli olmalıdır.

Yüksek ve düşük şiddetli direnç egzersizlerin kas hipertrofisine etkisine yönelik çalışmalar yapılmış olup; Yapılan çalışmalarda; yüksek şiddetli (1 RM %60 üzeri) ile düşük şiddetli (1 RM %60 altında) egzersizlerin hipertrofiye ve kas kuvvetine etkisine bakılmıştır. Yüksek ve düşük şiddetli direnç egzersizlerin; hipertrofiyi ve izometrik kas kuvvetini eşit oranda arttırdığı, kuvvet kazanımına bakıldığında ise yüksek şiddetli egzersizlerin, maksimum kuvveti daha çok geliştirdiği gösterilmiştir. Sonuç olarak hipertrofi istiyorsanız düşük şiddetli antrenman ($\leq 60\%$ 1TM) yapabilirsiniz. Eğer kassal kuvvet istiyorsanız, yüksek şiddetli antrenman ($>60\%$ 1RM) yapmalısınız gibi bir sonuç elde edilmiştir. Bu meta-analizin bulguları kas hipertrofisini ve kuvvetini arttırmak için antrenman programlarında kullanılabilir. Kas kuvvetini arttırmak için öncelikli olarak bireyin ihtiyaçları göz önünde bulundurulmalıdır. Yüksek şiddetli yapılan egzersiz, düşük şiddette yapılan egzersize göre süre açısından daha ekonomiktir.

2.2.6.2. Antrenman Kapsamı

Direnç egzersizleri için antrenmanın kapsamı ise antrenman boyunca kaldırılan yükün kilogram cinsinden toplamı olarak ifade edilir. Egzersiz kapsamının arttırılması, egzersiz programında daha iyi adaptasyonlara neden olan en kolay değiştirilebilir değişkendir. Sağlıklı genç antrenmansız bireylerde veya iyi antrene ve yarışmacı vücut geliştiricilerde kas hipertrofisini arttırmak için direnç egzersizlerinin etkisi merak konusudur.

Setler arasındaki dinlenme aralığı, egzersiz seçimi ve sırası, set sayısı, şiddet, egzersiz sıklığı ve ileri teknikler (ayrıca setler, süper setler, zorunlu tekrarlar, piramitler gibi özel stratejiler olarak da bilinir, ayrıntılı set, vb.), gibi farklı direnç antrenmanları değişkenlerinin hipertrofiye etkisi yapılan birçok çalışma tarafından deneysel olarak test edilmiştir. Bu çalışmalar göstermiştir ki kapsam eşitlendiği sürece antrenman sıklığı, dinlenme aralığı, ileri teknikler (piramitler ve drop setler), tekrar sayısı ve antrenman periyotlaması gibi birçok değişken hipertrofi üzerine benzer sonuçlar vermektedir.

Antrenmanlı bireylerde direnç antrenmanlarının kapsamı hipertrofiyi artırırken kuvveti değiştirmemektedir (Schonfeld ve ark., 2019). Yapılan bir çalışmada 34 sağlıklı direnç antrenmanlı erkek rastgele üç deney grubundan birine atanmıştır. 1. Grup bir set yapan düşük hacimli (n = 11), 2. Grup üç set yapan orta volümlü (n = 12). 3. Grup beş set yapan yüksek hacimli (n = 11) antrenman grubu. Bu çalışmanın sonuçları, direnç antrenmanlarında egzersiz hacmi ile kas hipertrofisi arasında dereceli bir doz-yanıt ilişkisi olduğunu göstermektedir. Bu çalışma bize daha yüksek antrenman hacimlerinin, (en azından 8 haftalık bir antrenman periyodu boyunca) antrenmanlı kişilerde kas büyümesini arttırmada faydalı olabileceğini göstermektedir. Çalışma ayrıca antrenmanlı kişilerde farklı kapsamların kuvvet üzerine etkisi olmadığını göstermektedir. Tüm egzersiz kapsamı kuvveti geliştirmiş fakat kapsamlar arasında kuvvet gelişimi açısından anlamlı fark yoktur.

- **Egzersiz kapsamı birkaç şekilde hesaplanır:**

- Tekrar-hacim hesaplama:

*Volume = Set x Tekrarlar (her kas grubu veya seans için)

*Yük (Ağırlık) - hacim hesaplaması:

Hacim = Egzersiz ağırlık yükü x Tekrarlar x Setler (ve ardından her kas grubu veya tüm oturum için toplamı toplayarak)

- Egzersiz hacmi fizyolojik ve psikolojik amaçlar için periyodik olarak değiştirilmelidir.

- İlerleme hacmi, aşağıda gösterilen tabloda (Tablo 2.2) belirtilen aralıklara uygun olarak yapılabilir.

Tablo 2.2. Antrenman hedeflerine dayalı hacim önerileri

Antrenman hedeflerine dayalı önerilen antrenman hacimleri		
Antrenman Hedefi	Sıklık	Tekrarlar
Genel Kas fitness	1–2	8–15
Kas dayanıklılık	2–3	≥12
Kas hipertrofisi	3–6	6–12
kas gücü	2–6	≤6
Güç:		
tek çaba olaylar	3–5	1–2
çoklu çaba olaylar	3–5	3–5

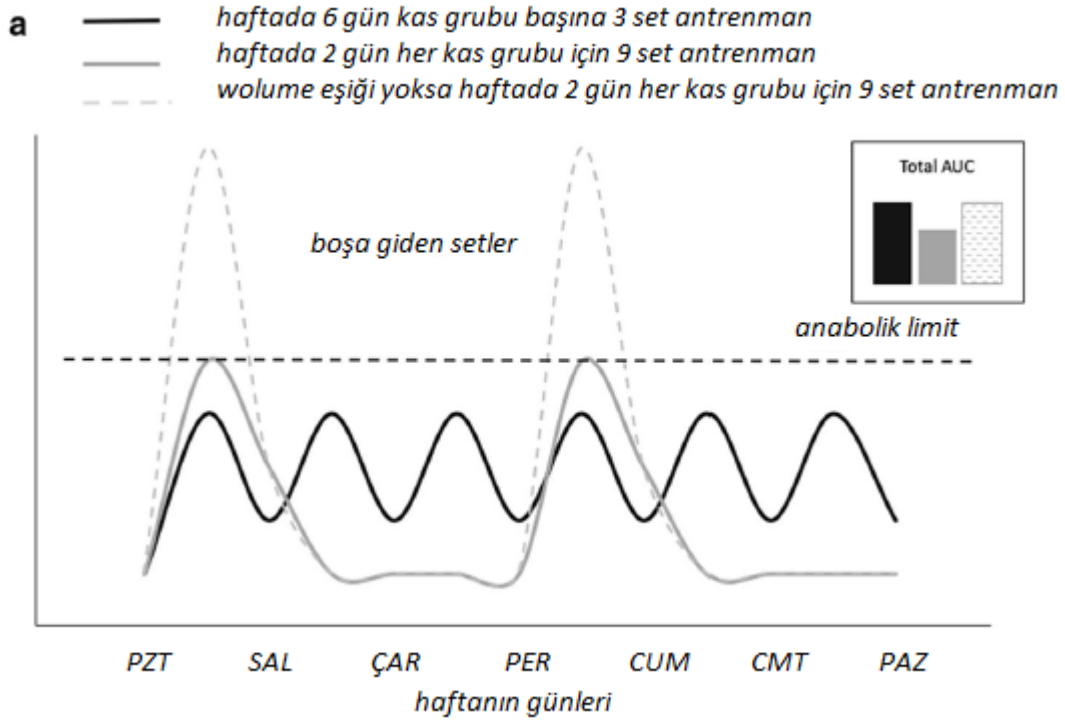
2.2.6.3. Antrenman Sıklığı

Direnç antrenmanları için antrenman sıklığı, haftalık yapılan antrenman sayısını ifade eder. Antrenman sıklığı kas hipertrofi üzerine etkisi oldukça fazladır. Egzersiz sıklığı, hem egzersiz kapsamı hem de antrenman şiddeti ile ters orantılıdır. Egzersize yeni başlayanlar en iyi sonuç için haftada iki veya üç gün direnç antrenmanı yapmalıdırlar .Yüksek hacimli / yüksek yoğunluklu egzersiz yapan ileri düzeydeki kişiler, aynı kas gruplarını üç günde bir aralıklardan daha sık çalıştırmamalıdırlar (Baechle, ve Earle., 2008). Seviyelere göre sıklık günleri aşağıda tabloda verilmiştir (Tablo 2.2.6.3.1).

Tablo 2.3. Genel Antrenman Sıklığı Kuralları

Genel Antrenman Sıklığı Kuralları	
Genel Antrenman Durumu	Sıklık kuralları (haftada seanslar)
Acemi şu anda antreman yapmıyor ya da sadece minimum beceri ile başlıyor	2–3
Orta temel beceri	3–4
Gelişmiş-gelişmiş beceri	4–7

Daha yüksek frekansta seans başına daha az set yapılması muhtemelen kas boyutunu artırmak için yeterli olurken aynı zamanda daha yüksek frekanslara izin vermek için yorgunluğu sınırlandırır ve böylece kas protein sentezini daha sık uyarır. Daha düşük bir antrenman frekansı, seans başına daha fazla set yapılması pozitif net bir protein dengesinde harcanan süreyi azaltabilir, çünkü belirli bir seansta yapılan çok sayıda set “anabolik limit” i geçebilir bu da boşa yapılmış setlere neden olur (Şekil.2.2.6.3.1) .



Şekil 2.3. Anabolik limit ve boşa giden setler

Ek olarak, belirli bir seansta daha fazla set gerçekleştirmek, daha fazla iyileşme süresi gerektirir ve kas protein sentezinin, başka bir egzersiz seansı sırasında tekrar uyarılıncaya kadar bazal seviyelere dönmesine neden olur. Sonuç olarak, antrenmanlı kişilerde kas hipertrofisi antrenmanları programını ilerletmenin en etkili yolu antrenman sıklığını arttırmaktır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

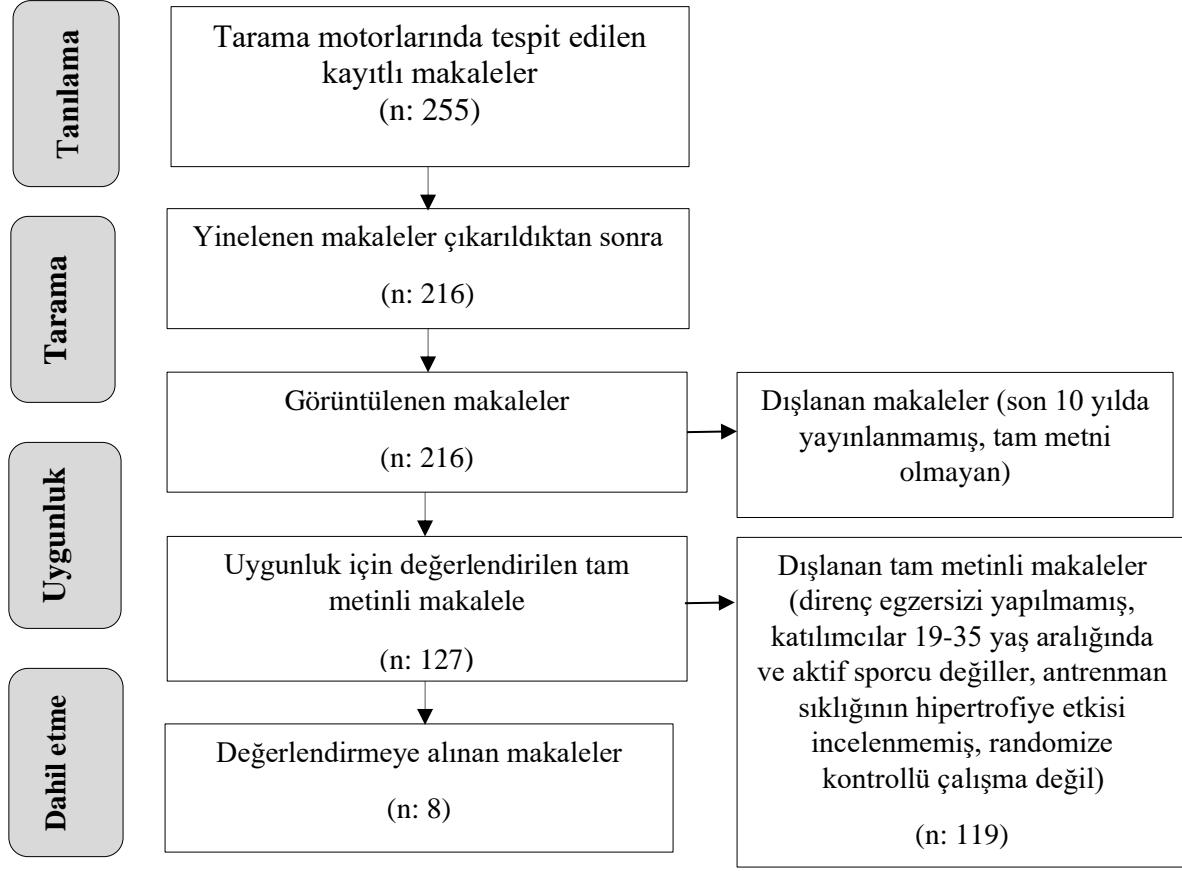
Bu çalışma egzersiz sıklığının kas hipertrofisi üzerine etkisini değerlendirerek konu hakkında farkındalığı geliştirmek amacıyla yapılmış bir sistematik derlemedir. Sistematik derleme, belli bir konuda yapılan orijinal araştırmaların çok detaylı ve oldukça geniş bir biçimde taranıp, dışlanma ve dahil edilme kriterleri kullanılarak, bulguların sentez edildiği bilimsel bir incelemedir. Literatürde bir konuyla ilgili yapılmış çok sayıda araştırmaya rastlamak mümkündür. Ayrıca bu araştırma sonuçları bazen birbiriyle çelişmektedir. Sistematik derlemelerin temel ortaya çıkış nedeni, karmaşık ve çelişkili görünen bu durumdan anlamlı ve uygulanabilir sonuçlar ortaya çıkartmaktır. Sistematik derleme kanıt piramidinin en üstünde yer alır ve klinik uygulama klavuzları için çıkarımlar yapılabilir. Sistematik derleme, konuyla ilgili araştırma makalelerinin geriye dönük olarak taranması biçiminde gerçekleştirilmiştir.

Araştırma Stratejisi

Literatür taraması, Sistematik İncelemeler ve Meta-analizler için Tercih Edilen Raporlama Maddeleri (PRISMA) kılavuzlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir (Moher ve ark., 2009). Literatür 15-20 Haziran 2021 tarihleri arasında “PubMed ve Google Scholar” veri tabanları kullanılarak taranmıştır. Veri tabanlarında 2011 ve 2021 yılları arasında yayınlanmış, sadece İngilizce dili ile yazılmış makaleler taranmıştır. Bilimsel konferanslardan alıntılar hariç tutulmuştur. Boole operatörleri ve/veya (AND/OR) ile birlikte şu anahtar kelimeler kullanılmıştır; “Resistance training” (direnç antrenmanı) OR “resistance exercise” (direnç egzersizi) AND “exercise frequency” (egzersiz sıklığı) AND “muscle hypertrophy” (kas hipertrofisi) AND “exercise frequency and muscle hypertrophy” (egzersiz sıklığı ve kas hipertrofisi). Başka ek bir filtre veya arama taraması kullanılmamıştır. Yukarıdaki anahtar kelime taramaları sonrasında 2011-2021 tarihleri arasında yayınlanan makaleler filtrelenmiştir. Sistematik derlemeye dahil edilme kriterleri PICOS’a (P: Population-katılımcılar, I: Interventions-müdahaleler, C:

Comparisons-karşılaştırma grupları, O: Outcomes-sonuçlar, S: Study designs- çalışma desenleri) göre tanımlanmıştır. İncelenen çalışmaları derlemeye dahil etme kriterleri; direnç antrenman sıklığının hipertrofi üzerindeki etkisini araştıran randomize-kontrollü deneysel araştırmalar, örneklem grubunu 19-35 yaş yetişkin aktif spor yapan yetişkinlerin oluşturduğu ve makalenin tam metnine ulaşılması olarak belirlenmiştir. Dışlama kriterleri; sporcu olmayan bireyler ile ilgili yapılan çalışmalar ve yayınlanmamış tez çalışmaları, kongrelerde sunulan sözel ve poster bildiriler, İngilizce dışında yazılan makaleler ve sadece özetine ulaşılabilen makaleler olarak belirlenmiştir.

Öncelikle standart bir veri özetleme formu geliştirilmiştir ve elde edilen bilgiler buna göre değerlendirilmiştir. Veri özetleme formu; araştırmanın adı, yılı, yeri, araştırma türü, araştırmanın tasarımı, sonuç ve birincil çıktı değişkenlerini içerecek şekilde düzenlenmiştir. Çalışmaların seçimi ilk aşamada, veri tabanlarında ‘muscle hypertrophy’ (kas hipertrofisi) terimi gibi belirlenen anahtar sözcükler ile başlıklar taranmıştır. Ulaşılan makalelerin özetleri ayrıca okuyup değerlendirilmiştir. Daha sonra çalışmanın tam metinleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Kaliteli bir değerlendirme için dahil edilme kriterlerine göre hazırlanmış veri özetleme formuna araştırmacı tarafından çalışmalar kaydedilmiştir ve daha sonra aralarında amacımıza uygun sınıflandırmalar yapılmıştır. Bu süreç sayısal veriler ile birlikte PRISMA akış şeması doğrultusunda verilmiştir (Şekil 3.1.)



Şekil 3.1. Arama stratejisinin akış şeması ve makale seçimi (PRISMA-Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses).

PubMed ve Google akademik veri tabanında “resistance training” (direnç antrenmanı), “resistance exercise” (direnç egzersizi), “exercise frequency” (egzersiz sıklığı), ve “muscle hypertrophy” (kas hipertrofisi) terimleri ile yapılan aramada toplam 255 yayın saptandı ve tekrarlar çıkarıldığında toplamda 216 makale elde edildi. Daha sonra “son 10 yıl” ve “tam metin” sınırlaması ile arama yapıldı ve 89 makale daha dışlanarak toplam makale sayısı 127’ e düştü. Bu 127 makalenin tam metin incelemesi sonucunda katılımcıların yaş aralıklarının 19-35 yaş aralığında olmaması ve /veya aktif sporcu olmaması, randomize kontrollü çalışma olmaması, direnç egzersizi çalışması olmaması ve antrenman sıklığının hipertrofiye etkisini incelememesi nedeni ile 119 makale daha dışlanarak dışlanma ve dahil edilme kriterleri çerçevesinde sistematik derlemeye 8 makale dahil edilmiştir.

Araştırmanın etik yönü: Sistematik derlemenin yapılmasında araştırmacılara herhangi bir maddi/manevi zarar verme riski bulunmamaktadır. Ayrıca incelenen makaleler kaynakçada gösterilmiştir.

Verilerin değerlendirilmesinde sistematik derlemeye dahil edilen çalışmaların genel özelliklerinin sayısal dağılımları yapılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Sistematik Derlemeye Dahil Edilen Araştırmaların Genel Özellikleri

Bu sistematik derlemede araştırma kriterlerine göre seçilmiş 8 araştırma makalesi incelenmiştir. Bu çalışmaların tamamı direnç egzersizlerinden oluşan çalışmalardır. Sistematik derlemeye dâhil edilen araştırmalar 2011 ile 2021 yılları arasında yapılmıştır. Araştırmaların tamamında antrenman sıklığının kas hipertrofisine etkisi incelenmiştir. Sistematik derlemeye erkek-kadın çalışmaları cinsiyet farkı gözetmeksizin, ve aktif sporcular üzerinde yapılan çalışmalar dahil edilmiştir. Çalışmalar İngiltere (2), Brazilya (2), Hırvatistan (1), Amerika Birleşik Devletleri (ABD) (2) ve İran (1) ülkelerinde yapılmıştır (Şekil.4.1.1).

Tablo 4.1. Sistematik Derlemeye Dahil Edilen Araştırmaların Genel Özellikleri

Araştırmanın yapıldığı ülke	Sayı (n)	Yüzde (%)
ABD	2	25
Brazilya	2	25
Hırvatistan	1	12,5
İngiltere	2	25
İran	1	12,5
Toplam	8	100

Derlemede uygulanan filtrelemelerle birlikte 8 makale incelenmiş olup çalışmaların tamamının erkek sporcular üzerinde yapıldığı görülmüştür

sırasıyla 9, 18 ve 27 setlik dirsek fleksörü olan biceps brachii kasına yönelik yaptırılan egzersizlere katılmıştır. Düşük hacimli grup haftada bir kez, orta ve yüksek hacimli gruplar ise haftada iki kez antrenmana alınmıştır. Egzersiz sonrası protein takviyesi kontrol edilmiş ve katılımcılardan çalışma boyunca protein alımlarının kaydetmeleri istenmiştir. Antrenmanlardan bir hafta önce, katılımcıların antropometrik özellikleri, kas yapısı, izometrik ve izotonik kas kuvvetleri ölçülmüş olup antrenmanların tamamlanmasından bir hafta sonra katılımcıların antrenman öncesi alınan ölçümleri tekrarlanmıştır. Direnç egzersizleri öncesi ve sonrası biceps kas kalınlığı değişimi, ultrason, izometrik kas kuvveti ve 1-tekrar-maksimum (1TM) kuvvet ölçümleri ile değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda 1 TM ve biceps kas kalınlığının tüm gruplarda (sırasıyla %4.3 [7.9], %9.5 [%11.8] ve %5.4 [6.3%]; $P < .05$) arttığı fakat izometrik kas kuvvetinin sadece YÜKSEK' kapsamlı grupta arttığı (%8.5 [%15.1%], $P < .05$) bildirilmiştir. Gruplar arasında kas kalınlığı veya kuvvet değerleri arasında anlamlı bir fark olmadığı rapor edilmiştir.

Bu çalışma sonucunda yazarlar 1 haftalık seansta yapılan 9 setlik biceps odaklı direnç antrenman setinin kas kalınlığını artırmak için yeterli olduğunu, buna karşın 2 haftalık seanslarda yapılan 18-27 setin daha fazla kuvvet artışı sağlayabileceğini vurgulamışlardır.

Gomes ve ark. (2018) iyi antrenmanlı erkeklerde, sekiz hafta boyunca yapılan ve haftada iki farklı frekanslarda yapılan direnç antrenmanı (DA) protokolünün kas kuvveti ve kas hipertrofisi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Araştırmada 24 katılımcı (yaş: 26.2 ± 4.2 yıl; DA deneyimi: 6.9 ± 3.1 yıl) rastgele iki gruba ayrılmıştır: düşük frekanslı direnç antrenmanı (DFDA, $n = 12$) veya yüksek frekanslı direnç antrenmanı (YFDA, $n = 11$). DFDA, her bir özel kas grubunu haftada bir kez çalıştırarak bölünmüş vücut rutini (split-body routine) gerçekleştirdi. YFDA tüm vücut rutinini gerçekleştirerek her seansta tüm kas gruplarını çalıştırdı. Her iki grup da haftada aynı sayıda set (10-15 set) ve egzersiz (1-2 egzersiz), maksimum 8-12 tekrar (1TM'nin %70-80'i), haftada beş kez gerçekleştirdi. Kas gücü (bench press ve squat 1TM) ve yağsız doku kütlesi (çift enerjili x-ışını absorpsiyometrisi) çalışmanın öncesinde ve sonunda değerlendirildi. Araştırma sonucunda her iki antrenman sıklığının da kas kuvvetini [DFDA ve YFDA: bench press = 5,6 kg (%95 Güven Aralığı (GA): 1,9 – 9,4) ve 9,7 kg (%95CI: 4,6 – 14,9) ve squat = 8,0 kg (%95 GA: 2,7 – 13,2) ve 12,0 kg (sırasıyla %95 GA: 5,1 – 18,1)] ($p < 0,001$) ve yağsız doku kütlesini arttırdığı ($p = 0,007$) [DFDA

ve YFDA: toplam vücut yağsız kütlesi = 0,5 kg (95) %CI: 0.0 – 1.1) ve 0.8 kg (sırasıyla %95CI: 0.0 – 1.6),] ve gruplar arasında fark olmadığı (bench press, p = 0.168; squat, p = 0.312 ve toplam vücut yağsız kütlesi, p = 0.619) rapor edilmiştir.

Bu çalışma sonucunda yazarlar iyi antrenmanlı yetişkin erkeklerde, haftalık set ve kapsam eşitlendiğinde yüksek frekanslı direnç antrenmanı ile düşük frekanslı direnç antrenmanının kas adaptasyonunu (kas kalınlığını ve kas kuvvetini) benzer şekilde etkilediğini vurgulamışlardır.

Saric ve ark. (2019) direnç antrenmanlı erkeklerde antrenman hacmi eşit olmak koşulu ile haftada 3 kez (RT3) yapılan direnç antrenmanı ile haftada 6 kez (RT6) yapılan 6 haftalık direnç antrenmanının kas kuvveti ve hipertrofiye etkisini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada yirmi yedi yetişkinerkek rastgele RT3'e (n = 14) veya RT6'ya (n = 13) ayrılmıştır. Üst ve alt vücut kuvveti 1 tekrar maksimum testi kullanılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca antrenmanlardan önce ve sonra kas dayanıklılığı (1 tekrar maksimumun %60'da tükeninceye kadar egzersiz) ve kas kalınlığı (dirsek fleksörleri, dirsek ekstansörleri, rektus femoris ve vastus intermedius) ölçülmüştür. Çalışma sonucunda her iki grup da üst vücut kuvvetinin (RT3: +%4; RT6: +%6) ve alt vücut kuvvetinin (RT3: +%22; RT6: +%18) arttığı ve gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı rapor edilmiştir. Ayrıca antrenman gruplarının hiçbirinde kas dayanıklılığında önemli artışlar görülmemiştir. Her iki grupta da dirsek ekstansör kalınlığı (RT3: +%14; RT6: +%11), rektus femoris kalınlığı (RT3: +%5; RT6: +%6) ve vastus intermedius kalınlığı (RT3: +%10; RT6: +%11) artmış olmasına rağmen gruplar fark olmadığı bildirilmiştir.

Bu araştırma sonucuna göre araştırmacılar antrenman hacmi eşitlendiğinde, 6 haftalık ve haftada 3 veya 6 kez yapılan direnç antrenmanlarının benzer kuvvet ve hipertrofi kazanımları ile sonuçlanabileceğini vurgulamaktadırlar.

Colquhoun ve ark. (2018) yüksek ve orta antrenman frekansının maksimal kuvvet ve vücut kompozisyonu üzerindeki etkilerini karşılaştırmışlardır. Çalışmaya yirmi sekiz genç, sağlıklı direnç eğitimi almış erkek katılmış ve rastgele olarak haftada 3 gün (3x; n = 16) veya haftada 6 gün

(6x; n = 12) direnç antrenamanı yapan gruba ayrılmışlardır. Başlangıçta ve 6 haftalık direnç antrenmanı sonrasında squat 1 maksimum tekrar (SQ1RM), bench press 1RM (BP1RM), deadlift 1RM (DL1RM), powerlifting total (PLT), Wilk katsayısı (WC) , yağsız kütle (FFM) ve yağ kütlesi ölçümleri ve değerlendirmesi yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda SQ1RM (3x: +16.8 kg; 6x: +16.7 kg), BP1RM (3x: +7.8 kg; 6x: +8.8 kg), DL1RM (3 x: +19 kg; 6x: +21 kg), PLT (3x: +43,6 kg; 6x: +46,5 kg), WC (3x: +27; 6x: +27,1) ve FFM (3 x: +1,7 kg; 6x: +2,6 kg) kas kuvvetlerinde artışlar görülmesine rağmen gruplar arasında anlamlı farkın olmadığı bildirilmiştir.

Çalışma sonucunda yazarlar 6 haftalık direnç antrenmanlarının maksimum kuvvet ve yağsız kas kütlesinde önemli artışlara yol açtığını. Ek olarak, artan antrenman sıklığının, hacim ve yoğunluk eşitlendiğinde ek kuvvet iyileştirmelerine yol açmadığını. Hacim ve yoğunluk eşitlendiğinde, yüksek frekanslı (haftada 6x) direnç antrenmanı, düşük frekanslı (haftada 3x) direnç antrenmanına göre ek kuvvet ve hipertrofi faydaları sağlamadığını. Bu nedenle Antrenörler ve uygulayıcıların haftada 3 ve haftada 6 kez yapılan seanslarda kuvvet ve yağsız vücut kütlesinde benzer artışlar bekleyebileceklerini vurgulamışlardır.

Arazi ve ark. (2021) yapmış oldukları çalışmada direnç antrenmanlı yetişkin erkeklerde 8 haftalık eşit hacimli direnç antrenmanının (RT) haftada dört kez yapılması ile haftada iki kez yapılmasının vücut kompozisyonu, maksimum kuvvet ve patlayıcı hareket performansı üzerindeki etkilerini karşılaştırmıştır. Çalışmaya otuz beş sağlıklı genç erkek çalışmaya katılmış ve rastgele olarak haftada iki seans RT (RT2, n = 12), haftada dört seans RT (RT4, n = 13) veya bir kontrol grubuna (KG, n = 10) ayrılmıştır. Tüm katılımcıların uyluk, göğüs ve kol çevresi, countermovement jump (CMJ), sağlık topu fırlatma (MBT), maksimum 1 tekrarlı leg press, bench press, arm curl, kas dayanıklılığı (yani, 1RM'nin %60'ında tükeninceye kadar) leg press ve bench press değerleri antrenmanlar öncesinde, ortasında (4. hafta) ve antrenmanlar sonrasında (8 haftalık bir antrenman sonrası) alınmıştır. Yapılan analizler sonucunda 8 haftalık direnç antrenmanlarının her iki antrenman grubunda da kontrol grubuna kıyasla göğüs ve uyluk çevrelerini, kuvvet ve patlayıcı hareket performansını arttırdığı görülmüştür (p = 0.01 ila 0.04). Ayrıca haftada 4 kez yapılan direnç antrenmanı haftada 2 kez yapılan direnç antrenmanına göre 1RM bench press'te (etki

büyüklüğü [ES] = 1,07'ye karşı 0,89) ve arm curl'de (ES = 1,15'e karşı 0,89) daha büyük kazanç ($p = 0,03$) sağlamıştır.

Bu çalışma sonucunda yazarlar direnç antrenmanının direnç antrenmanlı erkeklerde kas gücünü, patlayıcı hareket performansını ve kas boyutu belirteçlerini iyileştirdiğini; bununla birlikte, eşit hacimli bir antrenman programında haftada dört seans yapılan direnç antrenmanının haftada iki seans yapılan direnç antrenmanına göre üst vücut kuvvetini (yani 1RM bench press ve arm curl) daha fazla arttırdığını vurgulamıştır.

Schoenfeld ve ark. (2015) direnç antrenmanlı erkeklerde, haftada 1 gün yapılan bölünmüş vücut rutini (SPLIT) antrenmanın ve haftada 3 gün yapılan toplam vücut rutini (TOTAL) antrenmanının kas adaptasyonları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Denekler, bir üniversite popülasyonundan alınan 20 erkek gönüllüydü (boy = $1,76 \pm 0,05$ m; vücut kütlesi = $78,0 \pm 10,7$ kg; yaş = $23,5 \pm 2,9$ yıl). Katılımcılar bazal kuvvet değerlerine göre eşleştirilmiş ve daha sonra rastgele 2 deney grubundan birine atanmıştır: bir SPLIT, seans başına 2-3 kas grubunun antrene edildiği ve belirli bir kas grubu için bir seansta birden fazla egzersizin yapıldığı bir SPLIT ($n = 10$) veya bir TOPLAM (TOTAL), burada her seansta tüm kas grupları antrene edilir ve bir seansta kas grubu başına 1 egzersiz yapılır ($n = 10$). Katılımcılar, önkol fleksörleri, önkol ekstansörleri ve vastus lateralis kas kalınlığı (MT) ve bench press ve squat'ta 1 tekrar maksimum kuvveti için çalışma öncesi ve sonrası test edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda SPLIT ile karşılaştırıldığında TOTAL çalışmanın önkol fleksör kas kalınlığında önemli ölçüde daha fazla artış gösterdi bildirilmiştir. Maksimum kuvvet ölçümlerinde önemli farklılıklar kaydedilmemiştir.

Çalışma sonucunda yazarlar, haftalık daha yüksek direnç antrenman frekanslarının potansiyel olarak daha üstün bir hipertrofik fayda sağlayabileceğini vurgulamıştır.

Zaroni ve ark. (2019) iyi direnç antrenmanlı erkeklerde, kas gruplarını haftada bir kez çalıştıran (SPLIT) split direnç antrenman rutini ile kas gruplarını haftada 5 gün boyunca çalıştıran tüm vücut split direnç antrenman (TOPLAM) metodlarının nöromusküler adaptasyona etkisini

araştırmışlardır. Bu çalışmaya 18 sağlıklı erkek (boy = $177,8 \pm 6,6$ cm; toplam vücut kütlesi = $84,4 \pm 8,1$ kg; yaş = $26,4 \pm 4,6$ yıl) dahil edilmiştir. Deney grupları bazal kuvvete göre eşleştirilmiş ve ardından rastgele 2 deney grubundan birine atanmıştır: SPLIT (n = 9) veya TOPLAM (n = 9). Antrenmanlar öncesi ve antrenmanlar sonrası, 1TM bench press, 1TM paralel back-squat ve 1TM machine close-grip seated row ile ultrason analizleri ile ölçülen dirsek fleksörleri, triseps brachii ve vastus lateralis kas kalınlığının (MT) ölçümleri yapılmıştır. Araştırmada 8 haftalık antrenmanlar sonrasında hiçbir 1RM testi için gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). TOTAL egzersiz grubunda, önkol fleksörlerinin ve vastus lateralis'in kas kalınlığında SPLIT grubuna göre daha büyük bir artışa neden olmuştur ($p < 0.05$).

Çalışma sonucunda yazarlar, farklı egzersiz sıklıklarının kas kuvveti artışına etkilerinin benzer olduğunu fakat yüksek frekanlı çalışmanın potansiyel olarak üstün bir hipertrofik etki sağlayabileceğini vurgulamışlardır. Ayrıca yüksek direnç antrenman sıklığının, direnç antrenmanlı erkeklerde kas kalınlığını artırdığı sonucuna varmışlardır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmanın amacı 19-35 yaş arasındaki direnç antrenmanlı bireylerde direnç antrenman sıklığının kas hipertrofisine etkisini inceleyen randomize kontrollü çalışmaların sistematik olarak derlenmesiydi. Sonuç olarak eşit kapsamlı antrenmanlarda, antrenman sıklığının kas hipertrofisini değiştirmediği ve benzer hipertrofik kazanımlar sağladiğı, buna karşın eşit kapsamlı olmayan direnç antrenmanlarında, antrenman sıklığı artışının hipertrofik kazancı arttırabileceği fakat bu artışın belirli bir antrenman sıklığından sonra daha fazla olmayacağı görölmüştür.

Derlemeye dahil edilen çalışmalar incelendiğinde çalışmaların birçoğunda eşit kapsamlı direnç egzersizlerinde farklı antrenman sıklıklarının kas hipertrofisine etkisi incelenmiştir. Bu araştırmaların sonuçlarına göre antrenmanlı erkeklerde antrenman kapsamı eşit tutulduğunda antrenman sıklığının değişmesi hipertrofi kazancını etkilememektedir (Gomes ve ark., 2018; Colquhoun ve ark., 2018; Saric ve ark., 2019; Arazi ve ark., 2021).

Direnç antrenmanı (RT), kas kütesini, kuvvetini ve gücünü artırmanın en etkili yöntemlerinden biri olarak önerilmektedir (Kraemer ve ark. 2002; Panton ve ark. 2000). Yoğunluk, hacim ve sıklık gibi antrenman değişkenlerinin uygun bir şekilde kontrol edilmesi, egzersiz sonrası kas adaptasyonlarını optimize etmek için gerekli kabul edilir (Kraemer ve Ratamess 2004). Bu temel değişkenlerden biri olan antrenman sıklığı, belirli bir zaman diliminde geręekleřtirilen seans sayısını ifade etmektedir (Wernbom ve ark. 2007). Kas hipertrofik etkilerinin indüklenmesi ile ilgili olarak, antrenman sıklığı genellikle bir kas grubunun antrenman sayısı olarak kabul edilir ve genellikle bir haftalık antrenman süresi ile ilişkilendirilir (Schoenfeld ve ark. 2015).

Amerikan Spor Hekimliği Koleji (ACSM, 2009) pozisyon beyanında, üst/alt vücut split antrenman protokolünü kullanarak haftada 4 ila 6 gün direnç antrenman sıklığını önermektedir. Bununla birlikte, kas hipertrofisini hedefleyen bireylerin genellikle her bir kası, seans başına bir ila maksimum üç kas grubunun her birini 5 ila 7 günde bir çalıştırın tavsiyesini vermektedir.

ACSM (2009) tavsiyeleri ile karşılaştırıldığında, bu nispeten daha yüksek bir seans antrenman hacmi ile sonuçlanır (Gentil ve ark., 2017; Kerksick ve ark., 2009; Ostrowski ve ark., 1997).

Hacimce eşitlenmiş bir program göz önüne alındığında, son zamanlarda haftada iki kez (Schoenfeld ve ark., 2016) veya daha yüksek (Dankel ve ark., 2017) haftalık antrenman sıklıklarının daha üstün bir hipertrofi sağladığı görülmektedir. Bununla birlikte, haftalık seans sayısını artırmak daha fazla kas hipertofisi sağlasa da, antrenman hacmi ve antrenman programının uzunluğu uygun bir şekilde ayarlanmadan antrenman sıklığını arttırmanın zor olabileceğini vurgulamak önemlidir (Dankel ve ark. 2017). Yeni başlayan bireylerde, eşit hacimli haftalık tek ve bölünmüş vücut antrenman programlarının hipertrofi üzerinde benzer etkilerinin olduğu görülmektedir (Arazi ve Asadi 2011; Candow ve Burke 2007; Gentil ve ark. 2015). Buna karşılık, deneyimli kuvvet sporcularında, hacimce eşitlenmiş haftalık antrenman programında tek bir seansa kıyasla birden fazla (yani 3 seans) seans vücut kompozisyonu iyileşmesinde ve kuvvet kazanımında daha etkili olmaktadır (McLester ve ark. 2000).

Gentil ve ark., (2015), antrenmansız bireylerde, 10 haftalık eşitlenmiş antrenman hacminde 1 günlük ve 2 günlük haftalık sıklığı karşılaştırdı. Bu araştırmada kas kütlesi ve kuvvet kazanımı açısından 1 ve 2 günlük haftalık sıklıkların arasında hiçbir fark olmadığı görüldü. Bu çalışmanın sonuçları bizim yaptığımız derleme çalışmasının sonuçları ile paralellik göstermektedir. Buna karşılık McLester ve ark. (2000) iyi antrenmanlı bireylerde toplamda 12 haftalık düşük frekanslı antrenmanların (1 gün/hafta) kuvvet kazanımlarının yüksek frekanslı (3 gün/hafta) antrenmanlar ile elde edilenin %62'sinden daha az olduğunu gösterdi. Ayrıca, yağsız vücut kütlesi artışı da yüksek frekanslı antrenmanda (3 gün için ~%8 ve haftalık 1 günlük antrenman rutinleri için ~%1) daha fazla oldu. Yukarıda bahsedilen araştırmalar arasındaki bulgulardaki bariz tutarsızlıkların muhtemel nedeni katılımcıların antrenman durumlarının, kişisel özelliklerinin ve araştırmalarda kullanılan yöntemlerin farklılığıdır (McLester ve ark., 2000). Bu yönetsel farklılıkların en önemlisi de çalışmada kullanılan antrenman programlarının (egzersizin şiddet, kapsam ve yoğunluğu) ve katılımcıların antrenmanlı olup olmadığıdır. You ve ark. (2017) yapmış oldukları çalışmada rekreatif amaçlı direnç antrenmanı yapmış erkeklerde, haftada bir veya 2 kez gerçekleştirilen iki farklı yüksek hacimli antrenman programından, haftada iki kez yapılan antrenman programının üst vücut hipertrofisi artışında ve vücut kompozisyonu iyileştirmesinde daha etkili olduğu bulunmuştur. Görüldüğü gibi antrenmanlı ve antrenmansız kişilerde antrenman

sıklığı ve kapsama verilen hipertrofi, kuvvet ve vücut kompozisyonu cevabı değişebilmektedir. Bunun muhtemel nedeni daha az antrenmanlı bireylerde erken evre adaptasyonlarının sıklıktaki değişikliklere daha az duyarlı olması, antrenman seviyelerinin artması ile sıklığın etkisinin daha çok artması olabilir. Yapılan bir meta-analiz çalışması, iyi antrenmanlı bireylerin kuvvet kazanımlarını en üst düzeye çıkarmak için daha fazla sayıda haftalık antrenman sıklığına (seanslarına) ihtiyaç duyulduğunu ortaya koydu (Rhea ve ark., 2003). Ayrıca, McLester ve ark., (2000) tarafından uygulanan düşük frekans koşulu haftada sadece bir seans içerirken başka bir araştırmada uygulanan düşük frekans protokolü haftada iki antrenman seansını içermektedir (Candow ve Burke., 2007). Bu nedenle, egzersize yeni başlayan veya rekreasyonel olarak antrenmanlı bireylerde, haftada iki kez yapılan antrenmanın (sıklık) yeteli olduğunu ve diğer değişkenleri, özellikle de göreceli yükü veya haftalık toplam hacmi değiştirmeden, daha fazla antrenman sıklığının ek fayda sağlayamayacağı düşünülmektedir.

Yue ve ark. (2017), daha az haftalık direnç antrenmanı sıklığı ile üst vücut kas hipertrofisinde daha fazla artış olduğunu rapor etmişlerdir. Bu bulgular, daha fazla antrenman sıklığı ile daha büyük hipertrofik gelişmeler tespit eden bir başka çalışma sonucu ile çelişmektedir (McLester ve ark. 2000). Yukarıda bahsedilen bireylerin antrenman düzeyi konusunun yanı sıra, bulgulardaki farklılıklar kısmen çalışma tasarımlarındaki farklılıklardan da kaynaklanabilmektedir. McLester ve ark. (2000) her antrenman oturumunda aynı egzersizleri uygulamış ve katılımcılar antrenmanlar öncesi ve sonrası aynı egzersizler kullanılarak test edilmiştir. Yue ve ark. (2017)'nin çalışmasında ise antrenman programı, direnç antrenmanlı bireyler tarafından kullanılan tipik bölünmüş vücut rutinlerini taklit edecek şekilde tasarlanmış ve bu nedenle de her bir kas grubu için egzersizler her hafta seans bazında döndürülmüştür. Bu strateji, büyük kas gruplarında (göğüs, sırt ve alt gövde) haftalık rutinler boyunca yeterli toparlanmayı sağlamasına ve yorgunluk birikimini önlemesine rağmen, birkaç çoklu eklem egzersizi sırasında sinerjist olarak hareket eden biceps ve triceps gibi kaslar için, antrenman sıklığı daha yüksekti. Ayrıca, 12 haftalık bir antrenman periyodu kullanmış olup, diğer çalışmada daha kısa olan 6 haftalık bir antrenman süresi uygulanmıştır. Tek bir set protokolü ile karşılaştırıldığında, egzersiz seansı başına çoklu setler önemli ölçüde daha fazla metabolik stres ile sonuçlanır (Gotshalk ve ark. 1997). Sonuç olarak, daha yüksek hacimli seanslar daha büyük bir anabolik uyarana ortaya çıkarabilir. Bu nedenle hipertrofik yanıtı ve direnç antrenmanına adaptasyonları geliştirmek için daha uzun bir toparlanma süresi gerektirebilir.

Yue ve ark. (2017) yaptıkları antrenman sıklığını artırmak yerine seans başına yapılan set sayısını artırmanın kas hipertrofisini artırmak için daha etkili bir strateji olduğu önerisi diğer çalışma sonuçları ile çalışmaktadır (Dankel ve ark. 2017). Bununla birlikte, haftalık hacmin 1 veya 2 seansa nasıl dağıldığına bakılmaksızın, mevcut çalışmadaki tüm katılımcıların, protokolden bağımsız olarak, vastus medialis veya dirsek fleksörlerinin hareketini içeren haftada 6 veya 10'dan fazla set gerçekleştirdiğini vurgulamak önemlidir. Buna rağmen bu rakamlar, kas kütlesi artışını en üst düzeye çıkarmak için kas grubu başına >5 ila 9 (orta) ve >9 (yüksek) haftalık setlerin olması gerektiğini vurgulayan bir başka çalışmanın önerileriyle uyumludur (Schoenfeld ve ark., 2017). Yue ve ark. (2017) yapmış oldukları çalışmada düşük hacimli ve yüksek frekanslı antrenman protokolünün dirsek fleksör kalınlığını arttırmada etkili olmadığını vurgulamıştır. Bu çalışmada antrenman süresi 6 haftadır ve bu süre kas kuvvetini ve hipertrofisini arttırmak için yeterli olsa da, daha uzun uygulanan bir antrenman protokolü ile farklı sonuçların görülebilmesi olasıdır.

Birçok çalışmada diyetin kontrol edilmediğini, ancak katılımcılara diyet alışkanlıklarını sürdürmeleri talimatının verildiğini vurgulamak da önemlidir. Beslenme değişiklikleri sürekli olarak izlense de, antrenmanlar sırasında katılımcılara hazırlanmış ve önceden paketlenmiş bir diyet sağlamak, diyetin mevcut sonuçları üzerindeki etkisini standartlaştırmak ve kontrol etmek için ideal bir yaklaşım olabilir.

Yaptığımız çalışmada derlemeye katılan çalışma sonuçlarından biri hipertrofide asıl belirleyici faktörün antrenman hacmi olduğudur. Schoenfeld ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada iskelet kası hipertrofisi ile direnç antrenman programı hacmi arasında dereceli bir doz yanıt ilişkisinin olduğunu ve bu ilişkinin özellikle de düşük hacimlerde (<10-12 set/hafta) büyük ölçüde kabul gördüğünü vurgulamaktadır. Bu bulgu biziç çalışmamızın sonucu ile paralellik göstermektedir. Heaselgrade ve ark. (2018) benzer şekilde, antrenmanlı bireylerde kısa süreli bir antrenman programı boyunca düşük, orta ve yüksek haftalık DA hacmi arasında kas adaptasyonlarındaki farklılıkların bulunup bulunmadığını araştırmışlardır. Bu çalışma altı haftalık DA'nın, haftalık tek bir seansta gerçekleştirilen 9 haftalık biceps antrenmanı (Düşük) setinin, 18 (Orta) ve 27 (Yüksek) haftalık setler ile benzer kas kalınlığı (KK) ve kuvvet artışlarını ortaya çıkardığını gösterdi.

Bununla birlikte bu çalışmada, bazı bireylerin DA'nı takiben daha az yanıt verdiği ve bu nedenle kas içi sinyalleme ve kas protein sentezi yanıtlarını en üst düzeye çıkarmak için daha büyük bir DA uyarısına/hacimine ihtiyaç duyabileceği yaygın olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, bu bilgiye ve bu çalışmadaki düşük hacimli gruptaki katılımcıların bazılarının daha az mutlak yanıtlarına dayanarak, bir haftalık oturumda gerçekleştirilen 9 haftalık setlerin, bazı antrenmanlı bireyler için yeterli hacim yaratamadığı söylenebilir. Daha önce belirtildiği gibi, iskelet kası hipertrofisi ve DA hacmi arasındaki dereceli bir doz-yanıt ilişkisi, nispeten düşük hacimlerde büyük ölçüde kabul edilmektedir (Schoenfeld ve ark., 2017). Bu teorinin orta ile yüksek haftalık antrenman hacimleri için geçerli olup olmadığını desteklemek için sınırlı sayıda araştırma mevcuttur. Daha önce, antrenman almamış kişilerde 6 veya 18 sete kıyasla kas grubu başına 30 haftalık set ile dirsek fleksör kas kalınlığında daha büyük artışlar bildirmiştir (Radaelli ve ark., 2015). Mekanik olarak, hem akut (Terzis ve ark., 2010, Burd ve ark., 2010) hem de kronik (Mitchell ve ark., 2012) çalışmalar, mTORC1 aracılı sinyalleşme/kas protein sentezi (KPS) ve DA hacmi arasında ≤ 9 set hacimlerde ilişkiler bildirmiştir. Kısa süreli antrenmanda DA hacmi ile kas adaptasyonları arasında hiçbir ilişki olmadığını gözlenmesine benzer şekilde (Amirthalingam ve ark. 2017), 18 veya 28 haftalık setler arasında biceps kas kalınlığında bir fark olmadığı bildirildi ve tek oturumluk DA'nda egzersiz başına 4-6 set tavsiye edildi. Buna ek olarak, DA hacmi ile çok yüksek hacimlerde hem KPS hem de mTORC1 aracılı sinyalleşme arasındaki ilişkide benzer bir plato olduğunu gösteren kanıtlar vardır. Kemirgenlerde de olsa, 24'e 12 haftalık setlerin ardından KPS'de yer alan bir dizi anahtar proteinin ifadesinde bir aşağı regülasyon görülmektedir (Tibana ve ark., 2017). Bildiğimiz kadarıyla, insanlarda benzer bir yanıtın olup olmadığı belirsizdir, çünkü hiçbir çalışma moleküler sinyalleşmeyi veya çok yüksek DA hacimlerine KPS yanıtını incelememiştir.

Direnç antrenmanı, iskelet kası kütlesini ve kas kuvvetini korumada önemli bir faktördür. Bu nedenle, direnç antrenmanı değişkenlerinin (yani hacim, yoğunluk, vb.) programlanması ve manipülasyonu üzerine çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bugüne kadar, direnç antrenmanı araştırmalarının çoğu, hacim, yoğunluk ve dinlenme aralığının manipülasyonuna odaklanmış ve bu konularda bilimsel literatürde genel bir fikir birliğine yol açmıştır. Örneğin, hacmin hem kuvvet hem de hipertrofik adaptasyonlarda önemli bir rol oynadığı yaygın olarak kabul edilmektedir. Ek olarak, iskelet kası hipertrofisinin çeşitli antrenman yüklerinde meydana gelebileceği, daha uzun

dinlenme aralıklarının daha kısa dinlenme aralıklarına göre artan hipertrofiye ve kuvvete yol açtığı gösterilmiştir.

Bu derleme çalışmasına ve önceki araştırmalara dayanarak, periyodik bir direnç antrenmanı programı tasarlarken antrenörlerin ve uygulayıcıların birincil endişesinin hacim ve yoğunluğun olması gerektiği görülmektedir. Bulgularımız, sporcuların antrenman hacminde ve/veya yoğunluğunda müteakip bir artış olmaksızın artan antrenman sıklığından fazla bir fayda sağlayamayacaklarını göstermektedir. Antrenörlerin, antrenman hacminde ve yoğunluğunda sporcunun mevcut toparlanma yeteneklerinin ötesinde bir artış gerektirdiğinde antrenman sıklığını arttırması gerektiği düşünülmektedir. Ancak, bu hipotezi doğrulamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Direnç antrenmanı (DA) programlarına katılım, kas boyutunda ve gücünde önemli artışlar sağlayabilir. Bu kas bileşenlerinin her ikisi de sağlık, günlük yaşam aktiviteleri ve atletik performans için önemlidir. Kas hipertrofisi, kas protein yıkımının üzerindeki kas protein sentezindeki (KPS) geçici artışların kümülatif sonucu olarak ortaya çıkar. Kas protein sentezi, diyet proteininin yanı sıra DA ile alınmasıyla önemli ölçüde uyarılabilir. KPS'deki bu DA kaynaklı artış, kas protein yıkım oranlarının üstesinden gelebilir ve böylece net bir protein birikimini teşvik edebilir. Antrenmansiz bireylerde, DA sonrası KPS artışı ;48 saat boyunca yükselir ve muhtemelen, antrenman hedefi kas hipertrofisi olduğunda, Amerikan Spor Hekimliği Koleji'nin haftada 2-3 kez bir antrenman sıklığı önerisine katkıda bulunur. Bununla birlikte, direnç antrenmanı almış bireylerde, bu yanıtın köreldiği ve bu sayede egzersiz sonrası KPS'nin azaldığına dair kanıtlar vardır. Bu bulgulara dayanarak ve antrenman seansı başına sadece birkaç setin KPS'yi artırmak için yeterli olduğunu göz önünde bulundurarak, bazı araştırmacılar antrenmanlı bireylerin haftalık antrenman sıklığı daha yüksek ve seans başına daha düşük hacimli bir kas grubunu çalıştırmaktan fayda görebileceğini varsayımlardır. Bu araştırmacılar, bir kas grubunu haftada 6 defaya kadar çalıştırmanın, KPS'deki sık yükselmeler yoluyla bu popülasyonda kas kütlesini artırmak için faydalı bir strateji olabileceğini öne sürdüler. Yakın zamanda yapılan iki çalışma, bu konuyu antrenmanlı bireylerde araştırdı ve haftada 1'e 5 kez ve haftada 3'e 6 kez antrenman sıklıklarını karşılaştırdı. Bununla birlikte, bu çalışmalar yağsız vücut kütlesindeki değişiklikleri değerlendirdi ve B-modu ultrason gibi bölgeye özgü kas hipertrofisi ölçümlerini kullanmadı, bu nedenle literatürde bir boşluk bıraktı. Yakın tarihli bir meta-analiz, haftalık DA sıklığı ile kas gücündeki

kazanımlar arasında bir doz-yanıt ilişkisinin var olduğunu öne sürdü. Bununla birlikte, bu analiz aynı zamanda hacimle eşit koşullar altında, DA frekansının dayanım kazanımları üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını da göstermiştir. Yine de yazarlar, analizin antrenmanlı bireylerde yürütülen az sayıda çalışma (yani 3) ile sınırlı olduğunu belirtti. Ayrıca, hemen hemen tüm çalışmalar haftada 4 kez veya daha az antrenman sıklıklarını incelemiştir; dahil edilen çalışmaların hiçbiri, haftada 6 kez yapılan DA gibi çok yüksek antrenman frekanslarını araştırmadı.

2012 Avrupa Spor Bilimleri Koleji konferansında sunulan veriler, antrenmanlı powerlifterlerin, haftada sadece 3 kez grup antrenmanına kıyasla, haftada 6 kez antrenman yaparken kas gücünü daha fazla artırdığını gösterdi. İlginç bir şekilde, bu etki hacimle eşit koşullar altında bile gözlemlendi. Ancak, bu çalışmanın sonuçları yayınlanmamıştır ve bu nedenle bulgular yeterince incelenememektedir. Bu ön bulguların aksine, Colquhoun ve ark. haftada 3'ü 6 kez antrenman sıklıklarını karşılaştırdı ve her iki grupta da kuvvette benzer artışlar bildirdi. Kas hipertrofisi için, mevcut kanıtlar, bir kas grubunu haftada 2 kez çalıştırmamanın, bir kas grubunu haftada bir kez çalıştırmaktan daha etkili olabileceğini göstermektedir.

Bununla birlikte, haftalık çok yüksek antrenman frekanslarına verilen hipertrofi tepkileri belirsizliğini koruyor. Ayrıca, kuvvet kazanımları için mevcut bulgular, toplam hacmin eşitlenmesi koşuluyla, çok farklı antrenman frekansları kullanılarak benzer kuvvet kazanımlarının elde edilebileceğini gösteriyor. Bununla birlikte, haftada 6 kez antrenman yapmak gibi çok yüksek frekanslara verilen yanıtlar hala yeterince araştırılmamıştır.

Sonuçlar

Yapılan sistematik derlemede, çalışma sonuçlarını dikkate alarak haftalık kapsamın eşitlenmediği programlarda antrenman sıklığının kas hipertrofisi kazanımı ile güçlü bir ilişkisi olduğu söylenebilir. Fakat antrenman sıklığının haftada kaç gün olarak belirlenmesi gerektiğine dair kesin olarak bir yanıt verilememektedir. Bunun ana nedeni direnç antrenmanı deneyimi olan sporcuların dahil edildiği çalışma sayısının azlığı ve bu çalışmalarda haftalık antrenman sıklığının birbirinden çok farklı olmasıdır. Bu nedenle özellikle antrenmanlı bireylerde hipertrofi kazanımını araştıran daha birçok randomize-kontrollü çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Aşağıda derlemeye dahil edilen araştırmalardan elde edilen sonuçlar maddeler halinde kısaca özetlenmiştir.

- Eşit kapsamlı direnç antrenmanlarında, antrenman sıklığı değişikliğinin kas hipertrofisini değiştirmedeği ve benzer hipertrofik kazanımlar sağladığı görülmektedir.
- Direnç antrenman kapsamı arttığında hipertrofik cevap artmaktadır.
- Eşit kapsamlı yapılmayan direnç antrenmanlarında antrenman sıklığı artışı ile antrenman kapsamı arttığından hipertrofi kazanc daha fazla olmaktadır.
- Eşit kapsamlı yapılmayan direnç antrenmanlarında antrenman sıklığının gereğinden fazla olması ek bir hipertrofik kazanç sağlamamaktadır.
- Haftada 6 kez antrenman yapmak hipertrofiyi arttırsa da haftalık antrenman programının hacimleri eşitlendiğinde haftada 3 kez antrenman yapmak bazı durumlarda daha da etkili kas hipertrofisine neden olmaktadır.
- Kas kuvveti kazanımında haftalık antrenman sıklığının daha fazla olması daha etkili olmaktadır.
- Kas hipertrofisi kazanımından farklı olarak kas kuvveti kazancında hacimlerin eşit olduğu antrenman programlarında dahi haftalık antrenman sıklığının artması daha fazla kas kuvveti kazanımına neden olmaktadır.
- Yapılan çalışmaların tamamı erkekler üzerinde yapılmış olup, direnç antrenmanlı kadınların antrenman sıklığına nasıl bir hipertrofik cevap verdikleri bilinmemektedir. Bu nedenle bu alanda daha birçok çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

6. KAYNAKLAR

Arazi, H., Asadi, A., Gentil, P., Ramírez-Campillo, R., Jahangiri, P., Ghorbani, A., Hackney, A. C., & Zouhal, H. (2021). Effects of different resistance training frequencies on body composition and muscular performance adaptations in men. *PeerJ*, 9, e10537.

<https://doi.org/10.7717/peerj.10537>.

Baron AD. (1991) Proteolysis in skeletal muscle and whole body in response to euglycemic hyperinsulinemia in normal adults. *Am J Physiol.*;261(6 Pt 1):809-14.

Bifari, F., ve Nisoli, E. (2017). Branched-chain amino acids differently modulate catabolic and anabolic states in mammals a pharmacological point of view. *British journal of pharmacology*, 174(11), 1366-1377.

Bird, S. (2010). Strength nutrition: maximizing your anabolic potential. *Strength ve Conditioning Journal*, 32(4), 80-86.

Candow, D.G. and Burke, D.G. (2007). Effect of short-term equal-volume resistance training 4with different workout frequency on muscle mass and strength in untrained men and women. *J. Strength Cond. Res.* 21(1): 204-207.

Colquhoun, R. J., Gai, C. M., Aguilar, D., Bove, D., Dolan, J., Vargas, A., Couvillion, K., Jenkins, N., & Campbell, B. I. (2018). Training Volume, Not Frequency, Indicative of Maximal Strength Adaptations to Resistance Training. *Journal of strength and conditioning research*, 32(5), 1207–1213. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002414>.

Civan, A., Özdemir, İ., Gencer, Y. G., ve Durmaz, M. (2018). Egzersiz ve Stres Hormonları. *Türkiye Spor Bilimleri Dergisi*, 2(1), 1-14.

Damas, F., Phillips, S. M., Libardi, C. A., Vechin, F. C., Lixandrão, M. E., Jannig, P. R., Tricoli, V. (2016). Resistance training-induced changes in integrated myofibrillar protein synthesis are related to hypertrophy only after attenuation of muscle damage. *The Journal of physiology*, 594(18), 5209-5222.

Dankel, S.J., Mattocks, K.T., Jessee, M.B., Buckner, S.L., Mouser, J.G., Counts, B.R., ve ark. (2017). Frequency: The Overlooked Resistance Training Variable for Inducing Muscle Hypertrophy? *Sports Med.* 47(5): 799-805.

Fink, J., Kikuchi, N., ve Nakazato, K. (2018). Effects of rest intervals and training loads on metabolic stress and muscle hypertrophy. *Clinical physiology and functional imaging*, 38(2).

Fuqua JS, Rogol AD. (2013). Neuroendocrine alterations in the exercising human: implications for energy homeostasis. *Metabolism* ;62(7):911–21.

Gannon, N. P., Schnuck, J. K., ve Vaughan, R. A. (2018). BCAA metabolism and insulin sensitivity—Dysregulated by metabolic status?. *Molecular nutrition ve food research*, 62(6), 1700756.

Gee, T. I., ve Deniel, S. (2016). Branched-chain aminoacid supplementation attenuates a decrease in power-producing ability following acute strength training. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 56(12), 1511-1517.

Gentil, P., Fischer, B., Martorelli, A.S., Lima, R.M., Bottaro, M. (2015). Effects of equal volume resistance training performed one or two times a week in upper body muscle size and strength of untrained young men. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 55(3): 144-149.

Gentil, P., de Lira, C., Paoli, A., Dos Santos, J., da Silva, R., Junior, J., da Silva, E. P., & Magosso, R. F. (2017). Nutrition, Pharmacological and Training Strategies Adopted by Six Bodybuilders: Case Report and Critical Review. *European journal of translational myology*, 27(1), 6247. <https://doi.org/10.4081/ejtm.2017.6247>.

Gomes, G. K., Franco, C. M., Nunes, P., & Orsatti, F. L. (2019). High-Frequency Resistance Training Is Not More Effective Than Low-Frequency Resistance Training in Increasing Muscle

Mass and Strength in Well-Trained Men. *Journal of strength and conditioning research*, 33 Suppl 1, S130–S139. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002559>.

Goodall, S., ve Howatson, G. (2008). The effects of multiple cold water immersions on indices of muscle damage. *Journal of sports science ve medicine*, 7(2), 235.

Gotshalk, L.A., Loebel, C.C., Nindl, B.C., Putukian, M., Sebastianelli, W.J., Newton, R.U. (1997). Hormonal responses of multiset versus single-set heavy-resistance exercise protocols. *Can. J. Appl. Physiol.* 22(3): 244-255.

Gökdemir, C. A. K., ve Cicioğlu, İ. (2000). Aerobik Ve Anaerobik Egzersiz Sonrası İnsülin Ve Kan Glikoz Değerlerinin İncelenmesi. *Spor Bilimleri Dergisi*, 11(1), 47-55.

Greer, B. K., Woodard, J. L., White, J. P., Arguello, E. M., ve Haymes, E. M. (2007). Branched-chain amino acid supplementation and indicators of muscle damage after endurance exercise. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 17(6), 595-607.

Hall, J. E. (2015). *Guyton and Hall textbook of medical physiology e-Book*. Elsevier Health Sciences.

Harbili, S. (2008). İnsülin benzeri büyüme faktörleri (IGF) Egzersiz metabolizması ve kas dokusu üzerine etkileri. *Genel Tıp Dergisi*, 18(4).

Heaselgrave, S. R., Blacker, J., Smeuninx, B., McKendry, J., & Breen, L. (2019). Dose-Response Relationship of Weekly Resistance-Training Volume and Frequency on Muscular Adaptations in Trained Men. *International journal of sports physiology and performance*, 14(3), 360–368. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0427>.

Heslin MJ, Newman E, Wolf RF, Pisters PW, Brennan MF. (1992). Effect of hyperinsulinemia on whole body and skeletal muscle leucine carbon kinetics in humans. *Am J Physiol.*;262(6 Pt 1):E911-8.

Holt R, Sönksen P. (2008). Growth hormone, IGF-I and insulin and their abuse in sport. *Brit J Pharm.* ;154(3):542–556.

Howatson, G., Hoad, M., Goodall, S., Tallent, J., Bell, P. G., ve French, D. N. (2012). Exercise-induced muscle damage is reduced in resistance-trained males by branched chain amino acids: a randomized, double-blind, placebo controlled study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 9(1), 20.

Huffman KM, Shah SH, Stevens RD, ve ark. (2009). Relationships between circulating metabolic intermediates and insulin action in overweight to obese, inactive men and women. *Diabetes Care* ;32:1678–1683.

Hulmi, J. J., Lockwood, C. M., ve Stout, J. R. (2010). Effect of proteinessential amino acids and resistance training on skeletal muscle hypertrophy A case for whey protein. Nutrition ve metabolism, A case for whey protein. *Nutrition ve metabolism*, 7(1), 51.

Jackman, S. R., Witard, O. C., Jeukendrup, A. E., Tipton, K. D. (2010). Branched-chain amino acid ingestion can ameliorate soreness from eccentric exercise. *Medicine ve Science in Sports ve Exercise*, 42(5), 962-970.

Jackman, S. R., Witard, O. C., Philp, A., Wallis, G. A., Baar, K., Tipton, K. D. (2017). Branched-chain amino acid ingestion stimulates muscle myofibrillar protein synthesis following resistance exercise in humans. *Frontiers in physiology*, 8, 390.

Jäger, R., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Cribb, P. J., Wells, S. D., Skwiat, T. M., Smith-Ryan, A. E. (2017). International society of sports nutrition position stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(1), 20.

Johnson LG, Kraemer RR, Haltom R, Kraemer GR, Gaines HE, Castracane VD.(1997) Effects of estrogen replacement therapy on dehydroepiandrosterone, dehydroepiandrosterone sulfate, and cortisol responses to exercise in postmenopausal women. *Fertil Steril* ;68(5):836–43.

Jones, A. A., Power, G. A., Herzog, W. (2016). History dependence of the electromyogram: Implications for isometric steady-state EMG parameters following a lengthening or shortening contraction. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 27, 30-38. doi:10.1016/j.jelekin.2016.01.008

Kafkas, M. E., ve Kurt, C. (2019). Hipertrofi: Rasyonel Hücresel Mekanizmalar. *Türkiye Klinikleri Spor Bilimleri*, 11(1).

Kephart, W. C., Mumford, P. W., McCloskey, A. E., Holland, A. M., Shake, J. J., Mobley, C. B., (2016). Post-exercise branched chain amino acid supplementation does not affect recovery markers following three consecutive high intensity resistance training bouts compared to carbohydrate supplementation. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 13(1), 30.

Kerksick, C. M., Wilborn, C. D., Campbell, B. I., Roberts, M. D., Rasmussen, C. J., Greenwood, M., & Kreider, R. B. (2009). Early-phase adaptations to a split-body, linear periodization resistance training program in college-aged and middle-aged men. *Journal of strength and conditioning research*, 23(3), 962–971. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a00baf>.

Kızılay F. (2018). Farklı Tempolarda Yapılan Direnç Egzersizlerinin Seçilmiş Sitokin, Hormon Ve Kas Hasarı Parametreleri Üzerine Etkileri (Yayınlanmış doktora tezi)

Koz, M. (2016). Egzersizin Endokrin Sistem Üzerine Etkileri ve Hormonal Regülasyonlar. *Türkiye Klinikleri J Physiother Rehabil-Special Topics*, 2(1), 48-56.

Kraemer R.R., Francois M.R., Sehgal K., Sirikul B., Valverde R.A., Castracane V.D. (2011). Amylin and selective glucoregulatory peptide alterations during prolonged exercise. *Med Sci Sports Exerc* ;43(8):1451–6.

Kraemer, W. J., Adams, K., Cafarelli, E., Dudley, G. A., Dooly, C., Feigenbaum, M. S. (2002). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine ve Science in Sports ve Exercise*, 34(2), 364-380.

Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(4), 674–688. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000121945.36635.61>.

Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., French, D. N. (2002). Resistance training for health and performance. *Current sports medicine reports*, 1(3), 165–171. <https://doi.org/10.1249/00149619-200206000-00007>.

Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., Volek, J. S., Häkkinen, K., Rubin, M. R., French, D. N. (2006). The effects of amino acid supplementation on hormonal responses to resistance training overreaching. *Metabolism*, 55(3), 282-291.

Küüsmaa, M., Schumann, M., Sedliak, M., Kraemer, W. J., Newton, R., Malinen, J.-P., Häkkinen, A., Häkkinen, K., & Nyman, K. (2016). Effects of morning versus evening combined strength and endurance training on physical performance, muscle hypertrophy and serum hormone concentrations. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(12), 1285-1294. <https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0271>.

Manzo, M. (2017). The Effect of BCAA Supplementation on Mental Performance Following Exercise.

McLester, J.R., Bishop, E., Guilliams, M.E. (2000). Comparison of 1 Day and 3 Days Per Week of Equal-Volume Resistance Training in Experienced Subjects. *J. Strength Cond. Res.* 14(3): 273-281.

Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *Annals of Internal Medicine*. 151(4), 264–269.

Nosaka, K. (2006). Effects of amino acid supplementation on muscle soreness and damage. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 16(6), 620-635.

Osmond, A. (2017). The Effects of Leucine-Enriched Branched-Chain Amino Acid Supplementation on Exercise-Induced Skeletal Muscle Damage (Doctoral dissertation, California State Polytechnic University, Pomona).

Ostrowski, K., J., Wilson, G.J., Weatherby, R., Murphy, P.W., and Lyttle, A.D. (1997). The effect of weight training volume on hormonal Output and muscular Size and function. *J J. Strength Cond. Res.* 11(1): 148-154.

Pacy PJ, Nair KS, Ford C. (1938). Failure of insulin infusion to stimulate fractional muscle protein synthesis in type I diabetic patients: ana- bolic effect of insulin and decreased proteolysis. *Diabetes*. 38 (5):618–624.

Panton, L. B., Rathmacher, J. A., Baier, S., Nissen, S. (2000). Nutritional supplementation of the leucine metabolite beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (hmb) during resistance training. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 16(9), 734–739. [https://doi.org/10.1016/s0899-9007\(00\)00376-2](https://doi.org/10.1016/s0899-9007(00)00376-2).

Paul, A. C., ve Rosenthal, N. (2002). Different modes of hypertrophy in skeletal muscle fibers. *The Journal of cell biology*, 156(4), 751-760.

Rhea, M.R., Alvar, B.A., Burkett, L.N., Ball, S.D. (2003). A meta-analysis to determine 495 the dose response for strength development. *Med. Sci. Sports Exerc.* 35(3): 456-464.

Santos, C. D. S., Nascimento, F. E. L. (2019). Isolated branched-chain amino acid intake and muscle protein synthesis in humans a biochemical review. *Einstein (São Paulo)*, 17(3).

Saric, J., Lisica, D., Orlic, I., Grgic, J., Krieger, J. W., Vuk, S., Schoenfeld, B. J. (2019). Resistance Training Frequencies of 3 and 6 Times Per Week Produce Similar Muscular Adaptations in Resistance-Trained Men. *Journal of strength and conditioning research*, 33 Suppl 1, S122–S129. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002909>.

Schiaffino, S., Dyar, K. A., Ciciliot, S., Blaauw, B., ve Sandri, M. (2013). Mechanisms regulating skeletal muscle growth and atrophy. *The FEBS journal*, 280(17), 4294-4314.

Schoenfeld, B. J., Ratamess, N. A., Peterson, M. D., Contreras, B., & Tiryaki-Sonmez, G. (2015). Influence of Resistance Training Frequency on Muscular Adaptations in Well-Trained Men. *Journal of strength and conditioning research*, 29(7), 1821–1829. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000970>.

Schoenfeld, B. J. (2016). Science and development of muscle hypertrophy. *Human Kinetics*. 66/106.

Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *The Journal of Strength ve Conditioning Research*, 24(10), 2857-2872.

Schoenfeld, B. J. (2012). Does exercise-induced muscle damage play a role in skeletal muscle hypertrophy?. *The Journal of Strength ve Conditioning Research*, 26(5), 1441-1453.

Schoenfeld, B.J., Ogborn, D., Krieger, J.W. (2017). The dose-response relationship between resistance training volume and muscle hypertrophy: are there really still any doubts? *J. Sports Sci.* 35(20): 1985-1987.

Stark, M., Lukaszuk, J., Prawitz, A., Salacinski, A. (2012). Protein timing and its effects on muscular hypertrophy and strength in individuals engaged in weight-training. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 9(1), 54.

Stokes, T., Hector, A. J., Morton, R. W., McGlory, C., Phillips, S. M. (2018). Recent Perspectives Regarding the Role of Dietary Protein for the Promotion of Muscle Hypertrophy with Resistance Exercise Training. *Nutrients*, 10(2), 180.

Sylta Ø, Tønnessen E, Sandbakk Ø, Hammarström D, Danielsen J, Skovereng K. (2017). Effects of High-Intensity Training on Physiological and Hormonal Adaptions in WellTrained Cyclists. *Med Sci Sports Exerc.* 49(6):1137-46.

Tai ES, Tan ML, Stevens RD. (2010). Insulin resistance is associated with a metabolic profile of altered protein metabolism in Chinese and Asian Indian men. *Diabetologia* 53:757–767.

Tipton, K. D., Rasmussen, B. B., Miller, S. L., Wolf, S. E., Owens-Stovall, S. K., Petrini, B. E. Wolfe, R. R. (2001). Timing of amino acid-carbohydrate ingestion alters anabolic response of muscle to resistance exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 281(2), E197-E206.

Trommelen, J., Van Vliet, S., Burd, N. A. (2013). Postexercise ‘window of potential’ for the stimulation of muscle protein synthesis. *Agro FOOD Industry Hi Tech*, 24, 5.

Uğur, E., ve Ünal, R. N. (2017). Metabolic Effects of Dietary Proteins, Amino Acids and The Other Amine Consisting Compounds on Cardiovascular System. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 5(1), 71-83.

Viru A, Viru M. Cortisol (2004). Essential adaptation hormone in exercise. *Int J Sports Med.* ;25(6):461-4.

Wahl P, Mathes S, Köhler K, Achtzehn S, Bloch W, Mester J. (2013). Acute metabolic, hormonal, and psychological responses to different endurance training protocols. *Horm Metab Res.* ;45(11):827-33.

Wernbom, M., Augustsson, J., Thomeé, R. (2007). The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 37(3), 225–264. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737030-00004>.

Wolfe, R. R. (2017). Branched-chain amino acids and muscle protein synthesis in humans myth or reality. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(1), 30.

Yoon, M. S. (2016) The emerging role of branched-chain amino acids in insulin resistance and metabolism. *Nutrients*, 8(7), 405.

Yue, F. L., Karsten, B., Larumbe-Zabala, E., Seijo, M., Naclerio, F. (2018). Comparison of 2 weekly-equalized volume resistance-training routines using different frequencies on body composition and performance in trained males. *Applied Physiology, Nutrition, And Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme*, 43(5), 475–481. <https://doi.org/10.1139/apnm-2017-0575>.

Zaroni, R. S., Brigatto, F. A., Schoenfeld, B. J., Braz, T. V., Benvenuti, J. C., Germano, M. D., Marchetti, P. H., Aoki, M. S., Lopes, C. R. (2019). High Resistance-Training Frequency Enhances Muscle Thickness in Resistance-Trained Men. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 33 Suppl 1, S140–S151. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002643>.

Zinner C, Wahl P, Achtzehn S, Reed JL, Mester J. (2014) Acute hormonal responses before and after 2 weeks of HIT in well trained junior triathletes. *Int J Sports Med.* ;35(4):316-2.

7. SİMGELER VE KISALTMALAR

APS: Albumin protein sentezi

DA: Direnç antrenmanı

DFDA: Düşük frekanslı direnç antrenmanı

DZAA: Dallı zincirli amino asitler

EAA: Elzem amino asitler

KPS: Kas protein sentezi

TM: Tekrar Maksimum

TT: Total testosteron

WC: Wilk katsayısı

YFDA: Yüksek frekanslı direnç antrenmanı

8. TEŞEKKÜR

Yüksek lisans sürecinin en başından beri desteğini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Şenay Şahin başta olmak üzere tüm hocalarıma teşekkür ederim.

9. ÖZGEÇMİŞ

Tayfun Tayşi porculuk hayatına Boluspor'un alt yapısında başladı ve Futbol ve Judo branşlarında uzun yıllar lisanslı sporcu olarak görev yaptı. İlköretimi Bolu İnkilap İlköğretim Okulu'nda, Liseyi Bolu Anadolu Lisesi'nde okudu. Lisans Eğitimini 2012-2016 yılları arasında Abant İzzet Baysal Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Antrenörlük Bölümünde yaptı ve uzmanlığını Fitness ve vücut geliştirme branşında yaparak bu alanda 3. Kademe antrenörlük belgesine sahip oldu. Lisans eğitiminden hemen sonra 2016 yılında Bolu Yaşamspor Kulübünü kurdu ve burada antrenör olarak çeşitli branşlarda sporcu yetiştirdi. 2017 yılında Polis Akademisi sınavlarına girip kazandı ve burada aldığı zorlu eğitimlerden sonra 2018 yılında Polis olarak Bursa'ya atandı. Halen Bursa'da polislik görevine devam etmektedir. 2019-2021 yılında Bursa Uludağ Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Antrenörlük Eğitimi YL programında lisansüstü eğitimini yaptı.

