TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI DİRENÇ EGZERSİZLERİNİN KAS HİPERTROFİSİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Geylan BOSTAN

SPOR BİLİMLERİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Cengiz AKALAN

ANKARA
2022

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI DİRENÇ EGZERSİZLERİNİN KAS HİPERTROFİSİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Geylan BOSTAN

SPOR BİLİMLERİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Cengiz AKALAN

ANKARA

2022

ETİK BEYAN

Ankara Üniversitesi

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Doktora tezi olarak hazırlayıp sunduğum "Farklı Direnç Egzersizlerinin Kas Hipertrofisi Üzerine Etkileri" başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Geylan BOSTAN

Tarih: 24/01/2021

İmza:

KABUL VE ONAY

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Spor Bilimleri Anabilim Dalında
Geylan BOSTAN tarafından hazırlanan
"Farklı Direnç Egzersizlerinin Kas Hipertrofisi Üzerine Etkileri" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından DOKTORA TEZİ olarak OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile kabul/ret edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi:

24/01/2022

……

……Üniversitesi

Jüri Başkanı

……..…….	……..…….
……Üniversitesi	……Üniversitesi
Raportör	Üye
……..…….	……..…….
……Üniversitesi	……Üniversitesi
Üye	Üye

Tez hakkında alınan jüri kararı, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu tarafından onaylanmıştır.

İmza

Unvanı Adı ve Soyadı

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

İÇİNDEKİLER

Etik Beyan	ii
Kabul ve Onay	iii
İçindekiler	iv
Önsöz	vi
Simgeler ve Kısaltmalar	vii
Şekiller	viii
Çizelgeler	ix
1.GİRİŞ	1
1.1. Direnç Egzersizi	3
1.2. Direnç Egzersiz Çeşitleri	5
1.2.1. EMS Tekniği	5
1.2.2. Konsantrik ve Eksantrik KasılmaTekniği	7
1.2.3. Piramit Tekniği	8
1.2.4. Drop Set Tekniği Teknik	8
1.2.5. Süper Yavaş Teknik	9
1.2.6. Alman Hacim Antrenmanı Tekniği	9
1.2.7. Süper Set Tekniği	9
1.3. Kas Hipertrofisi	10
1.4. Kas Hipertrofisi ve Uydu Hücreler	11
1.5. Kas Hipertrofisi ve Endokrin Sistem	13
1.5.1. Testosteron	14
1.5.2. Growth Hormon	15
1.5.3. IGF-1 (Insulin Like Growth Factor)	16
1.6. Egzersize Bağlı Kas Hipertrofisi Bileşenleri	17
1.6.1. Egzersize Bağlı Kas Hasarı	17
1.6.2. Metabolik Stres	18
1.6.3. Mekanik Gerilme (Mekanik Zorlanma)	18
1.6.4. Hücre Şişmesi	19
1.7. Konuyla İlgili Yayınlanmış Araştırmalar	20
1.7.1. EMS ile İlgili Yapılmış Çalışmalar	20
1.7.2. Direnç Egzersizleri ile İlgili Yapılmış Çalışmalar	21
1.8. Amaç	24
1.9. Problem Cümlesi	24
1.10. Alt Problemler	24
1.11. Denenceler	25
1.12. Sınırlılıklar	26
1.13. Araştırmanın Önemi	26
2. GEREÇ ve YÖNTEM	27
2.1. Araştırma Grubu	27
2.2. Veri Toplama Araçları	27
2.2.1. Ultrasonografi	27
2.2.2. Çevre Ölçümü	30
2.2.3. Antrenman Malzemeleri	30

2.3. Bir Tekrar Maksimal Testleri 32
2.4. Antrenman Protokolleri 32
2.4.1. Direnç Antrenmanı Protokolü 32
2.4.2. EMS Antrenmanı Protokolü 33
2.5. Bilgilendirilmiş Onam Formunun Doldurulması 34
2.6. Etik Kurul Onayının Alınması 35
2.7. İstatistiksel Analiz 35

3. BULGULAR 36
3.1. Kilo ve Kol Ölçümleri İçin Bağımlı Örneklem T Testi Sonuçları 36
3.2. Sağ ve Sol Kol Biceps Kası Ölçümleri İçin Bağımlı Örneklem T Testi Sonuçları 37
3.3. Sağ ve Sol Kol Triceps Kası Ölçümleri İçin Bağımlı Örneklem T Testi Sonuçları 38
3.4. Bench Press, Biceps Curl ve Triceps Push Down Hareketlerinin 1 Tekrar Maksimal Ölçümleri İçin Bağımlı Örneklem T Testi Sonuçları 39
3.5. Ön Test ve Son Test Sonuçları Arasındaki Farkların Antrenman Türü Değişkenine Göre Karşılaştırmasını Gösteren Tek Yönlü Anova Testi Sonuçları 39

4. TARTIŞMA 44
5. SONUÇ ve ÖNERİLER 52
ÖZET 54
SUMMARY 55
KAYNAKLAR 56
EKLER 64
Ek-1. Etik Kurul İzni 64
ÖZGEÇMİŞ 65

ÖNSÖZ

Teknolojinin hızla ilerlemesi, işlenmiş gıdaların ve fast food yiyeceklerin hayatımızın bir parçası olması, iş olanaklarının hareketsiz fıtrata sahip oluşu bizi çağın vebası diyebileceğimiz obeziteye karşı savunmasız bırakmaktadır. Bu bağlamda istirahat metabolizma hızı ve kalori tüketimi açısından kas hipertrofisinin önemi yadsınamayacak kadar fazladır. Kuvvet antrenmanı açısından değerlendirildiğinde, maksimum kas hipertrofisine ulaşmak için birçok faktör olmasının yanı sıra tüm antrenman metodlarının uygulanmasının ve antrenman çeşitliliğinin arttırılmasının gerektiğini düşünmekteyiz.

Tez çalışmamın tüm aşamalarında bana destek olan danışmanım Prof. Dr. Cengiz AKALAN'a, her zaman yanımda olan hocam Prof. Dr. Oğuz ÖZBEK'e, çalışmamızın ölçümlerinde bize yardımcı olan Prof. Dr. Banu ALICIOĞLU'na, Tez izleme komitesinde yer alan Prof. Dr. Hacı Ahmet PEKEL ve Doç. Dr. Dicle ARAS hocalarıma desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Benim tüm hayatım boyunca bugünlere gelmem için herşeyi yapan ve doktoramı tamamladığımı görmesini en çok istediğim insan olan, 2016 yılında kaybetmiş olduğum Annemin hatırasının önünde saygıyla eğiliyor ve sonsuz teşekkür ediyorum.

SİMGELER VE KISALTMALAR

1TM	1 Tekrar Maksimal
AHT	Alman Hacim Antrenman Tekniği
CMJ	Counter Movement Jump
CON	Consantrik
DE	Direnç Egzersizi
DHT	Dihidrotestosteron
DOMS	Gecikmiş Kas Ağrısı
DS	Drop Set
ECC	Eksantrik
GH	Growth Hormon
I	Akım
IGF-1	İnsülin Benzeri Büyüme Faktörü
ISO	İzometrik
KK	Kas Kalınlığı
LDL	Düşük Yoğunluklu Lipoprotein
MGF	Mekano Growth Factor
MRI	Manyetik Rezonans Görüntüleme
R	Direnç
ROM	Eklem Hareket Genişliği
SJ	Squat Jump
SYT	Süper Yavaş Teknik
T	Testosteron
TB	Triceps Brachii
TV-EMS	Tüm Vücut Elektro Muscle
U	Voltaj
UH	Uydu Hücreler
USG	Ultrason

ŞEKİLLER

Şekil 2.1. Biceps kas kalınlığı ölçümü 28

Şekil 2.2. Kas kalınlığı ultrason görüntüsü 29

Şekil 2.3. Kas sertliği (elastografi) görüntüsü 29

Şekil 2.4. Diesel fitness marka olimpik az kırık bar (OB 47C 119 cm) 30

Şekil 2.5. Diesel fitness marka ROP4 olimpik flanş set kauçuk ağırlık plakaları 30

Şekil 2.6. Diesel fitness marka 005A functional trainer 30

Şekil 2.7. Diesel fitness marka 95069 triceps halat 31

Şekil 2.8. Diesel fitness marka 95003 revolving straight bar 31

Şekil 2.9. Miha-Bodytec II (tüm vücut EMS cihazı) 31

Şekil 2.10. Miha-Bodytec II giyilebilir yelek ve straplar 31

ÇİZELGELER

Çizelge 3.1. Kilo ve kol ölçümleri ön test ve son test sonuçlarının karşılaştırılması 36

Çizelge 3.2. Sağ ve sol kol biceps kası ölçümleri ön test ve son test sonuçlarının karşılaştırılması 37

Çizelge 3.3. Sağ ve sol kol triceps kası ölçümleri ön test ve son test sonuçlarının karşılaştırılması 38

Çizelge 3.4. Bench Press, Biceps Curl ve Triceps Push Down hareketlerinin 1TM ölçümleri ön test ve son test sonuçlarının karşılaştırılması 39

Çizelge 3.5. Kilo ve kol ölçümlerinde ön test ve son test sonuçları farkının antrenman türü değişkenine göre karşılaştırılması 40

Çizelge 3.6. Biceps kası ölçümlerinde ön test ve son test sonuçları farkının antrenman türü değişkenine göre karşılaştırılması 41

Çizelge 3.7. Triceps kası ölçümlerinde ön test ve son test sonuçları farkının antrenman türü değişkenine göre karşılaştırılması 42

Çizelge 3.8. Bench press, Biceps Curl ve Triceps push down 1TM ölçümlerinde ön test ve son test sonuçları farkının antrenman türü değişkenine göre karşılaştırılması 43

1. GİRİŞ

Vücut kompozisyonu, insan sağlığı ve sportif performans açısından oldukça önemlidir. Vücut kompozisyonunu olumsuz yönde etkileyen aşırı yağlanma, tip 2 diyabet, hipertansiyon, kardiyovasküler rahatsızlık ve ateroskleroz dahil olmak üzere çok sayıda hastalık ile ilişkilendirilmiştir. Bu durum morbidite ve mortalite riskine yol açmakla beraber sağlık sistemi üzerinde önemli ölçüde finansal yüke sebep olmaktadır. Dolayısıyla, vücut kompozisyonunun optimizasyonunun hem birey hem de bir bütün olarak toplum için önemli etkileri vardır (Schoenfeld ve ark., 2018).

Hareketsiz yaşam tarzı (3 METS'den daha az enerji harcaması ile karakterize edilen yatma veya oturma gibi herhangi bir uyanık hal aktiviteleri olarak tanımlanır) obezite, hipertansiyon, koroner arter gibi kronik hastalıkların başlaması ve ilerlemesi açısından başlıca risk faktörlerinden biridir. İlk çağlardan itibaren "avcı-toplayıcı" genleri sayesinde hayatta kalan insanoğlu, günden güne ilerleyen teknoloji ile birlikte hareketsiz yaşam tarzı ve bunun sonucunda ortaya çıkan yukarıda bahsi geçen kronik hastalıklarla karşı karşıya kalmış durumdadır (Chandrasekaran ve ark., 2021).

Kronik hastalıklar, bulaşıcı olmamakla birlikte uzun süreli ve yavaş şekilde gelişir. Tipik olarak genetik olup, çevresel faktörlerin ya da hareketsiz yaşam tarzının sonucu olarak ortaya çıkan rahatsızlıklardır. Kronik hastalıkların uzun sürede ve yavaş bir şekilde gelişmesi aslında bize kendisiyle mücadele etmek için zaman kazandırır. Her ne kadar genetik faktörlere müdahale edemesekte düzenli egzersiz yapmak elimizdedir.

Yaşam süresi tahminleri son iki yüzyılda artmış olsa da eldeki veriler bize obezite, kanser ve kardiyovasküler rahatsızlıklar gibi çeşitli kronik hastalıkların artışı nedeniyle gelecek nesiller için beklenen yaşam süresinde potansiyel bir düşüşü işaret etmektedir (Anderson ve ark., 2019).

Hareketsiz yaşam tarzının en önemli sonuçlarından biri olan obezite; diyabet, astım, artrit, hipertansiyon ve LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein) gibi önemli sağlık risk faktörleriyle güçlü bir şekilde ilişkilidir. Obezite aynı zamanda yaşam kalitesinin ciddi ölçüde azalmasına sebep olan bir faktördür. Çocukluk ve adölesan dönemde obez olan bireyler yetişkinlikte fazla kilolu olma riskine sahiptir. Dolayısıyla bu durum gelecek nesillerin sağlılığını tehlikeye atmaktadır. Bu bağlamda fiziksel aktivite, obezite kontrolünde önemli bir rol oynar. Fiziksel aktivete bize kalori alımı ile kalori harcaması arasındaki dengeyi düzenleyerek büyük bir avantaj sağlar. Çalışmalar, orta şiddetteki yoğunlukta yapılan fiziksel aktivitelerin obezite kontrolünde çok önemli bir role sahip olduğunu göstermektedir (Raıstenskıs ve ark., 2016).

Yukarıda bahsedilen konularla ilgili daha önce yapılmış çalışmalar, fiziksel uygunluk (fitness) ile iş performansı, genel sağlık, günlük yaşam aktiviteleri ve hareketlilik arasında önemli bir ilişki olduğunu bildirmiştir. Genel olarak bakıldığında fiziksel uygunluk, insanların günlük aktivitelerini rahatlıkla (zorlanmadan) yerine getirmek için sahip oldukları bir dizi sağlık veya beceri ile ilgili nitelikler (örn., kardiyorespiratuar uygunluk, kas gücü, denge) olarak tanımlanır. Yetişkinlerde, üst ve alt ektremitenin fiziksel uygunluk seviyelerinin yüksek olması yaşam boyu oluşabilecek tüm sebeplere bağlı ölüm riskinin daha düşük olmasıyla ilişkilidir (Prieske ve ark., 2019).

İnsan vücudunda obezite ve yukarıda bahsi geçen kronik hastalıklarla mücadelede en önemli silahımız olan çizgili iskelet kası, toplam vücut kütlesinin yaklaşık %35 ila %45'ini temsil eder. Kalp kasının aksine iskelet kası, istemli kasılmayı sağlayan somatik sinir sistemi tarafından kontrol edilir. İnsan vücudunda hareket, postüral destek ve nefes alma gibi çeşitli işlevlere izin veren farklı boyutlarda ve farklı kasılma özellikleri olan 600'den fazla iskelet kası vardır. İskelet kasının en önemli özelliklerinden biri ise, yüksek adaptasyon potansiyelidir. Örneğin, direnç antrenmanının kas hipertrofisine neden olduğu ve kas gücünü artırdığı iyi bilinmektedir (Dumont ve ark., 2015).

Yaşlanma ile birlikte kas kütlesi ve kas gücünde azalma gerçekleşir. Bunun sonucunda vücut kompozisyonunda değişiklikler ve çeşitli olumsuz fiziksel komplikasyonlar gerçekleşir. Yaşa bağlı bu değişiklikler, fiziksel zindeliği bozar. Bu da günlük yaşam aktiviteleri ve egzersiz yapma kapasitesini sınırlar. Direnç egzersizi (DE), fiziksel kapasiteyi artırmanın yanı sıra aktif yaşam kalitesini ve yaşlı yetişkinlerde sağlığı arttırma üzerindeki etkileri nedeniyle yaşa bağlı bu sorunlara karşı koymanın bir yolu olarak önerilmektedir (Pina ve ark., 2019).

1.1. Direnç Egzersizi

Direnç Egzersizi (DE); serbest ağırlıklar, ağırlık makineleri, sağlık topları, elastik bantlar ve farklı hareket hızları gibi çeşitli egzersiz materyellerinin ve yöntemlerinin kullanıldığı, zindeliği, sağlığı ve spor performansını artıran fiziksel kondisyon programı olarak tanımlanmaktadır (Hong ve Kim., 2018).

Direnç egzersizleri ile ilgili kanıta dayalı çalışmalar bize sağlıkla ilgili parametreler, sportif performans ve fiziksel estetik üzerinde olumlu etkiler sağladığını göstermektedir (Suchomel ve ark., 2016; Westcott, 2012). Direnç egzersiz antrenmanı denince çoğu zaman akla kuvvet antrenmanı ya da ağırlık antrenmanı gelir. Bunun doğru olması ile birlikte kuvvet antrenmanı DE antrenmanlarının sadece bir formunu oluşturmaktadır (Atabek, 2012).

Direnç egzersizleri hem kas gücünü arttırmak hem de kas kütlesini arttırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Drummond ve ark., 2016). Ek olarak, bu egzersizleri en üst düzeye çıkarmak için bir antrenman periyodu içinde çeşitli antrenman stratejileri kullanılır (Ribeiro ve ark., 2016; Tufano ve ark., 2016). Bundan dolayı, direnç egzersizleri değişkenlerinin (hacim, yoğunluk, vb.) programlanması ve manipülasyonu hakkında birçok araştırma yapılmıştır. Günümüze kadar, direnç egzersizi araştırmalarının çoğu, hacim, yoğunluk ve dinlenme aralığının manipülasyonuna odaklanmış ve bu da bilimsel literatürde bu konular üzerinde genel bir fikir birliği sağlanmıştır. Örneğin, hacmin hem güç hem de

hipertrofik adaptasyonlarda kilit rol oynadığı kabul edilen yaygın görüşlerdendir. Ek olarak, iskelet kası hipertrofisinin çeşitli egzersiz yüklerinde ortaya çıkabildiği, daha uzun dinlenme aralıklarından ziyade daha kısa dinlenme aralıklarının artan hipertrofiye ve kuvvete yol açtığı gösterilmiştir. Bununla birlikte, kas kuvveti ve kas hipertrofisi açısından antrenman sıklığı konusunda direnç egzersizlerinin optimal frekansı üzerinde çalışma sayısında eksiklik söz konusudur (Colquhoun ve ark., 2018).

DE'ye yanıt olarak hem erkeklerin hem de kadınların kas boyutunu ve gücünü artırabileceği iyi bilinmektedir. Ayrıca, birçok çalışma DE'nin genel sağlık için birçok faydası olduğunu göstermiştir. Erkeklerin ve kadınların kronik DE'ne farklı tepki verip vermediklerini belirlemek için doz-yanıt modelleri kullanan herhangi bir çalışma olmamasına rağmen, birçok çalışma erkek ve kadınların aynı antrenman protokolünü kullanarak adaptasyonlarını karşılaştırmıştır. Bununla birlikte, aynı antrenmana cinsiyete özgü uyarlamalar olup olmadığı hala belirsizdir (Brandon ve ark., 2020).

DE programları tasarlanırken, birkaç temel antrenman değişkeninin dikkate alınması gerekir. Bu değişkenler, egzersiz yoğunluğu (örn. maksimal ağırlık), hacim (örn. set ve tekrar sayısı), antrenmanın şiddeti ve kondüsyon ile ilgilidir (Nunes ve ark., 2020). Bu nedenle, antrenman hacmini ve yüklenmeyi en üst düzeye çıkarmak için, antrenmanlı bireyler önce büyük kas gruplarını hedefleyen egzersizler, ardından küçük kas grubunu hedefleyen egzersizler tercih ederler (Soares ve ark., 2015). Ayrıca, orta ve ileri düzeyde direnç egzersizi yapan bireyler için bölünmüş (split) antrenman programları önerilmiştir (ACSM, 2009).

Split antenman programları, antrenmanları vücut bölgelerine (pazartesi ve perşembe günleri üst ekstremite, salı ve cuma günleri alt ekstremite) ayıran bir kuvvet antrenmanı programıdır. Split antrenman sisteminin temel amacı, bir antrenman içinde egzersiz hacmini en üst düzeye çıkarmak ve antrene olmuş kasın dinlenmesine izin vermektir (Castanheira ve ark., 2017).

DE kas hipertrofisini artırmada ve kas atrofisini önlemede etkilidir. Kas hipertrofisini maksimize etmek için birçok çalışma bir tekrar maksimalin (1TM) %60'ından üzerinde ve en az 6 haftayı kapsayacak yüksek yoğunluklu DE önermiştir. Kas hipertrofisindeki artış mekanizmaları ile ilgili olarak, kas hasarlarından kaynaklanan mekanik ve metabolik stresin, kas hipertrofisine yol açan anabolik sinyal yollarını uyardığı bildirilmiştir (Hirono ve ark., 2020).

Son literatür incelendiğinde çok geniş bir antrenman yelpazesi görülmektedir. Birkaç çalışma, düşük yüklerle (1TM'in %30-60'ı) gerçekleştirilen antrenmanların, orta ve yüksek yüklerle (>%60 1TM) yapılan antrenmanlara benzer hipertrofi ile sonuçlandığını göstermektedir. Bununla birlikte, yıllar süren anterenmanların ardından, daha fazla kas hipertrofisini elde etmek zorlaşmaktadır. Bu nedenle bireyler her zaman daha ileri seviyede veya çeşitlilikte direnç antrenman teknikleri arama ihtiyacı hissederler (Krzysztofik ve ark., 2019).

1.2. Direnç Egzersiz Çeşitleri

1.2.1. Ems Tekniği

İlk olarak 2009 yılında Almanya'da üretilen ve ticari olarak piyasaya sürülen tüm vücut elektro muscle stimülation (TV-EMS), özellikle Avrupa ve Uzak Doğu'da hızlı bir şekilde yayılan bir egzersiz teknolojisidir. Sadece Almanya'da yaklaşık 250.000 müşterisi olan ve 2.000'den fazla ticari TV-EMS sağlayıcısı olmasına rağmen, TV-EMS ile ilgili araştırmalar hala sınırlıdır. TV-EMS'yi "tüm büyük kas gruplarına en az altı akım kanalı yoluyla elektrik uyaranlarının eşzamanlı olarak uygulanması ve bu kas gruplarının elektrik akımı vasıtası ile uyarılması olarak tanımlayabiliriz. TV-EMS'nin en önemli ayırt edici özelliği; her biri kendine has uyaran yoğunluğuna sahip olan bir cihaz olması sebebiyle geniş kas kütlelerini aynı anda uyarabilmesidir. Bu da bu egzersiz yönteminin önemli bir özelliği olan "zaman verimliliği" sağlar (Kemmler ve ark., 2020).

EMS, fizyoterapide uzun süredir kasları güçlendirmek için kullanılan bir yöntemdir. Yaralanmalardan sonra sporcuların performans düşüşünü en aza indirmelerini, kas atrofisini ve kasların rekonstrüksiyonunu desteklemesine yardımcı olur. Ayrıca kullanıcıların antrenman rutininin dışına çıkmalarını sağlayarak kasların yeni uyaranları tanımalarını sağlar (Berger ve ark., 2020).

EMS, cilde bağlı elektrotlar aracılığıyla bir elektrik akımının uygulanmasına dayanır. Bu da kas zarı potansiyelini değiştirerek kas liflerinin kasılmasını sağlar. Kullanılan stimülasyon frekansına bağlı olarak, efferent sinirler açıkça doğrudan uyarılmamaktadır. Burada, kaslar yeleklere dahil edilen elektrotlar ile aynı anda aktive edilir (Kemmler ve ark., 2010).

TV-EMS ilkesi, akımın uygulanması sırasında merkezi sinir yollarının etkinleştirilmesi için istemli bir hareket gerektirir. Buna ilaveten TV-EMS antrenmanı sırasında ortaya çıkan istemsiz kasılma, geleneksel kuvvet antrenmanındaki istemli kasılmadan daha yüksek bir antrenman uyaranına yol açabilir. Konu ile ilgili birçok çalışma hem sağlıklı insanlarda hem de hastalarda EMS uygulaması yoluyla kuvvette önemli artışlar göstermektedir (Berger ve ark., 2020).

TV-EMS sırasında uygulanan akım şiddeti hasta ya da sporcu tarafından BORG skalasında değerlendirilir. Böylece bireysel olarak tolere edilebilir bir voltaj belirlenir. Maksimum yoğunluk toleransının antropometrik parametrelerden ve bireyin vücut kompozisyonundan etkilenebileceği varsayılabilir. TV-EMS'de uygulanan akım, uyarılacak kasa ulaşmadan önce farklı cilt katmanlarını, yağ ve bağ dokusunu ve diğer fiziksel yapıları (kan damarları, kemikler, bağlar) geçmelidir. Bu yapılar seri olarak bağlanan dirençler (R) olarak kabul edilir. Bu da uygulanan voltajın (U) bölünmesine sebep olur. Ohm yasasına göre, kastan geçen akım yoğunluğu (I) bu nedenle deri kıvrımının kalınlığına bağlı olarak uygulanmalıdır (Vatter ve ark., 2016).

1.2.2. Konsantrik ve Eksantrik Kasılma Tekniği

Eksantrik (ECC) kas kasılmaları, kas dokusunun harici bir kuvvet veya yüke karşı aktif olarak uzatılmasını içerir. İzometrik kasılmalar (ISO) kas uzunluğunda herhangi bir değişiklik meydana gelmeyen kas kasılmalarını içerir. Konsantrik (CON) kasılmalar ise, kas dokusunun kısalmasını içeren kas kasılmalarıdır. Eksantrik (ECC) kas kasılmalarının ISO veya CON kasılmalardan göreceli olarak daha fazla kuvvet üretebildiği gösterilmiştir (Timothy ve ark., 2019). Araştırmalar her kasılmanın farklı nöromüsküler uyaranlar ürettiğini ve bunun da egzersiz sonrası farklı adaptif yanıtlara yol açtığını göstermektedir (Roig ve ark., 2009).

Eksantrik kasılmalar, aktif kas liflerinin uzaması ile izometrik veya konsantrik kasılmalara kıyasla daha fazla maksimal kas gerilimi üretirler. Eksantrik egzersizler, gecikmiş kas ağrısı (DOMS) (delayed onset muscle soreness) ile beraber, kas gücü kaybı, hareket açıklığında (ROM) azalma, kas ve bağ dokusunun histolojik bozukluğu ve bu sonuçlara müteakip inflamatuar yanıt nedeniyle kas şişmesi (hücre şişmesi ya da pump etkisi) ile birlikte kas hasarına neden olabilir. DOMS, iskelet kaslarında egzersizden sonra ilk 24 saat içinde ortaya çıkar ve 1-3 gün sonra zirveye ulaşan hafif ağrı ile karakterizedir. Bu semptomlar tipik olarak 7-10 gün sonra kaybolur (Vieillevoye ve ark., 2020).

Çok sayıda çalışmaya rağmen, farklı direnç antrenmanlarının kas gücü ve hipertrofi üzerindeki etkilerine ilişkin tartışmalar sürmektedir. Eksantrik (ECC) kasılmaların, konsantrik (CON) kasılmalardan daha fazla hipertrofiye neden olabileceği varsayılır, çünkü eksantrik kasılmalar daha fazla kas gücü ile, IGF-1 (Insulin Like Growth Factor), mRNA ekspresyonu, uydu hücrelerin aktivasyonu ve proliferasyonu sonucunda protein sentezi gibi nöromüsküler adaptasyonlarda daha hızlı bir artış yaratırlar. Ancak ECC veya CON'un güç ve hipertrofi kazanımları üzerindeki farklı etkisi hala tartışmalı bir konudur ve bu adaptasyonları düzenleyen mekanizmalar henüz tam olarak aydınlatılmamıştır (Ünlü ve ark., 2019).

1.2.3. Piramit Tekniği

Piramit sistem, 1940'lı yıllarda Thomas DeLorme tarafından ortaya konulmuş bir antrenman sistemidir. Bu teknik, her set için egzersiz yükündeki artışlar veya azalmalarla karakterize edilen bir teknik olarak bilinir (Angleria ve ark., 2018).

DE sistemleri arasında en yaygın olanları geleneksel yöntem (düşüşlü piramit) ve drop-set sistemleridir (DS). Çoklu set sistemi olarak da bilinen geleneksel yöntem sistemi, aynı yüke sahip birden fazla setten oluşur; ayrıca DE yapanlar arasında en sık kullanılan sistemlerden biridir. Azalan piramit, egzersizin her setinde yükün azaltılması ve tekrarların sayısının artırılmasıyla oluşur. Bu da toplam antrenman hacminin artmasına olanak sağlar (Costa ve ark., 2021).

1.2.4. Drop Set Tekniği

Drop-set (DS), bir set sırasında birden fazla kas tükenişini hedef alan bir antrenman sistemidir. Bu bağlamda bir set içindeki tekrarlar kas tükenişine kadar yapılır. Ardından, yükü azaltmak için (örneğin ~%20) kısa bir duraklama kullanılmakta olup, bireylerin kas tükenişine kadar ek tekrarlar yapması gerekmektedir. Bu döngü, bir set içinde birkaç kez meydana gelebilir (Bentes ve ark., 2012).

Genel olarak, drop set antrenmanlarında yükler %20-25 oranında azaltılır, ancak bu konuda tanımlanmış kılavuzlar yoktur. Bu nedenle pratik uygulamalara ilişkin birçok olasılık mevcuttur. Muhtemelen bu teknik için, daha fazla motor üniteye ihtiyaç olduğundan kas hipertrofisini artırabileceği düşünülmektedir (Willardson, 2007).

1.2.5. Süper Yavaş Teknik

Süper yavaş teknik (SYT), yapılan egzersizin her tekrarının çok düşük hızda yapılmasıdır. Örnek olarak, hareketin konsantrik fazının 10 saniye, eksantrik fazının 4 saniyede gerçekleştirilmesi olarak gösterilebilir. Bunun yanı sıra farklı süre uygulamalarına rastlanılmaktadır (Ö: Konsantrik 5 saniye Eksantrik 5 saniye). Gerilim altında artan zamanın neden olduğu yüksek mekanik gerilimin, Geleneksel (TRAD) yöntem ile karşılaştırıldığında kas gücü ve kas hipertrofideki kazanımları optimize ettiği ya da maksimize ettiği düşünülmektedir (Angleria ve ark., 2018).

1.2.6. Alman Hacim Antrenmanı Tekniği

Alman Hacim Antrenmanı Tekniği (AHT), antrenörler tarafından sezon dışında (off-season) sporcuların kas hipertrofisini artırmak için kullanılan bir tekniktir. Tipik bir AHT antrenmanı, 1 tekrar maksimalin %60'ı ile iki bileşik direnç egzersizi için 10 set 10 tekrar (yani 100 tekrar) gerçekleştirmeyi içerir. Bu yüksek antrenman hacmi ile birlikte, setler arasındaki dinlenme süreleri nispeten kısadır (~ 60-90 sn). Dinlenme sürelerinin kısa tutulmasındaki amaç metabolik stresi arttırarak kas hipertrofisini tetiklemektir (Daniel ve ark., 2018).

1.2.7. Süperset Tekniği

DE sırasında süper set antrenmanı, dinlenmeden gerçekleştirilen bir çift farklı egzersiz seti olarak tanımlanabilir. Süper setler genellikle aynı kas grubu için iki egzersizden, agonist-antagonist kaslardan veya üst ve alt ektremite kas gruplarından oluşur. Aynı kas grubu için çok eklemli bir egzersizden önce tek eklemli bir egzersiz yapmayı içerir (örneğin, bench press'ten önce dambıl fly). (Robbins ve ark., 2010; Weakley ve ark., 2017).

1.3. Kas Hipertrofisi

Kas hipertrofisi hem estetik hem de fonksiyonel amaçlarla fitness ve performans dünyasında hedeflenen önemli konuların başında gelmektedir. Günümüzde kas hipertrofisi, vücut geliştirme sporu ile hem rekreasyonel hem de profesyonel olarak uğraşan kişiler için kas kütlesi kazanımı ile ilişkilendirilir. Ayrıca, sportif performansa olan katkılarından dolayı performans sporcuları ve genel sağlık düzeylerini korumak ya da geliştirmek isteyenler için de çok önemlidir (Kafkas ve ark., 2019).

Genetik faktörler, bir kişinin sahip olduğu kas kütlesinde önemli bir rol oynasa da kas kütlesinin artırılması doğru egzersizler ve doğru beslenme ile yakından ilişkilidir (Volpe, 2013).

İskelet kası hipertrofisi, manyetik rezonans görüntüleme (MRI), bilgisayarlı tomografi, ultrason (USG) veya kas lifini (fCSA) inceleyen biyopsiler ile değerlendirilen; kasın eksenel olarak enine kesit alanında (CSA) oluşan artış olarak tanımlanabilir. Halen, kronik direnç egzersizi (DE) ve yeterli protein tüketimi, iskelet kası hipertrofisini tetiklemek için en etkili stratejiler (farmakolojik olmayan) olarak bilinmektedir (Morton ve ark., 2018).

İskelet kasının iki temel işlevi vardır; bunlardan birincisi vücudu hareket ettirmek üzere kasılmak, diğeri ise vücudun dik duruşu için stabilite sağlamaktır. Her iskelet kası, bu işlevleri yerine getirmek için farklı gerginlik seviyeleriyle kasılabilmelidir. İskelet kasına aşamalı aşırı yük (progressive overload), değişen ve aralıklı seviyelerde mekanik stres uygulamak kasların hipertrofik yanıt vererek uyum sağlanması açısından etkili bir yoldur. Kas, her bir kas lifi içindeki miyofibrilleri içeren kasılma proteinlerinin boyutunu ve miktarını artırarak adapte olabilir. Bu da tek tek kas liflerinin boyutunda bir artışa ve buna bağlı olarak kuvvet üretimine yol açar (Russell ve ark., 2000).

İskelet kası hem hareketi sağlayan organdır hem de aynı zamanda vücudun istirahatte iken enerji harcayarak kalori tüketmesine büyük bir katkıda bulunur. Bu nedenle, iskelet kasının hareket ve hareketlilikteki bariz rolünün ötesinde, metabolik sağlık için önemi kritiktir. Aslında, iskelet kası kütlesi ve fonksiyonu tahmin edilenden daha önemlidir. Çünkü bu durum kardiyovasküler hastalıklar, kanser ve artmış sakatlık riski gibi çeşitli olumsuz sağlık sonuçlarıyla ilişkilidir. Dolayısıyla, iskelet kası kütlesini korumaya, artırmaya veya kaybedildiyse (atrofi) geri kazanmaya yönelik çabalar insan sağlığını doğrudan ilgilendirir (Joanisse ve ark., 2020).

Bilinen iki tür kas hipertrofisi vardır: miyofibriler (kas lifi) ve sarkoplazmik (kas lifi sarkoplazması). Her iki tip hipertrofi de kas boyutunu artırıyor olsa da miyofibriler hipertrofi daha fazla güç artışına neden olurken, sarkoplazmik hipertrofi daha büyük kas boyutuna sebep olur. Miyofibriler protein sentezi, kasılma kuvveti oluşturmada rol oynayan proteinlerin sentezinin artması anlamına gelir. Bu da kuvvetin artmasıyla sonuçlanır (Volpe, 2013).

Beslenme açısından bakıldığında ise kas hipertrofisi, kas protein sentezi kas protein yıkımını aştığında ve pozitif protein dengesi durumunda ortaya çıkar (Damas ve ark., 2018). DE ile birlikte protein alımı, kas protein sentezi için güçlü bir uyarıcıdır (Ralston ve ark., 2018).

1.4. Kas Hipertrofisi ve Uydu Hücreler

19. yüzyıldan beri kas dokusunun, iskemi, yanık, kesik, ezilme ve yaralanma gibi ciddi travmalardan sonra büyük bir rejeneratif potansiyele sahip olduğu bilinmektedir (Dumont ve ark., 2015).

İnsan iskelet kası, kronik egzersize veya kullanılmama gibi farklı durumlara yanıt olarak fenotipini değiştirebilen oldukça dinamik bir dokudur. Kasın uyarılması sırasıyla; cinsiyet, yaş, antrenman geçmişi ve lif tipi kompozisyonu gibi bir dizi farklı faktörden etkilenir (Horwath ve ark., 2020).

Sonuç olarak, kas kütlesinin büyümesi (hipertrofi) veya kaybı (atrofi) genel metabolizmayı, hareketliliği, yeme ihtiyacını ve hatta solunumu dahi etkileyebilir. Bu nedenle, aşırı kas kaybının kanser, organ yetmezliği, çeşitli enfeksiyonlar ve sağlıksız yaşlanma gibi birçok rahatsızlığın sebebi olması şaşırtıcı değildir (Sartori ve ark., 2021).

Uydu hücreleri, kas liflerinin bazal laminası altında bulunan ve kas rejenerasyonundan sorumlu olan kasa özgü kök hücrelerdir (Ciciliot ve ark., 2010). Uydu hücrelerinin histolojisi incelendiğinde ilk olarak 1961 yılında Alexander Mauro ve Nobel ödüllü Sir Bernard Katz, kökeni kesin olarak bilinmeyen uydu hücrelerin, yeni kas liflerine yol açtığını düşündüklerini görmekteyiz. Mauro neredeyse tamamen "uydu hücresi" terimini ilk olarak söz etmekle anılsa da J. David Robertson "uydu hücresi" terimini hem Mauro hem de Katz'dan önce füzyon içi kas liflerinin araştırılmasında kullanmış fakat Robertson, periferal yerleşimli uydu hücrelerinin Schwann hücreleriyle ilişkili olduğuna inanmıştır (Murach ve ark., 2018).

Bir iskelet kası yaralandığında, hücresel düzeyde hareketsiz durumunda olan bu uydu hücreler aktive olmaktadır. Aksiyon bölgesinde sayıları çoğalarak yaralanmış bölgeyi tedavi ederek iyileşmesine katkıda bulunduğu ileri sürülmektedir (Bazgır ve ark., 2017).

Bu "miyojenik kök hücreler" normalde hareketsizdir, ancak iskelet kasına yeterli bir mekanik uyarı uygulandığında aktif hale gelir (Wackerhage ve ark., 2019). Uydu hücreleri (UH) olarak adlandırılan bu miyojenik kök hücrelerin varlığından dolayı günlük aktivite ve egzersiz sırasında ortaya çıkan küçük (mikroskobik) yırtıklara yanıt olarak birden fazla rejenerasyon döngüsü gerçekleştirebilir. İskelet

kasında gerçekleşen herhangi bir yaralanma durumunda da UH'ler aktif hale gelir, çoğalır ve hasarlı kas liflerini onarmak için kaynaşır (Wang ve ark., 2019).

Düzenli direnç egzesizlerinin (birkaç gün, hafta veya yıl) uydu hücrelerin sayısını artırdığı gösterilmiştir. Bu artış, kaslar antrenmana tabi tutulduğu sürece devam ettirilebilir. Antrenmanların bırakılması halinde uydu hücrelerin aktivasyonunun sona ermesi söz konusudur. UH'lerinin aktivasyonu, düzenli egzersize, egzersize bağlı lokalize hasara, lif hasarına, egzersize bağlı inflamatuar maddelerin salınmasına veya egzersizle indüklenen büyüme faktörlerinin salınmasına bağlanabilir. Uydu hücresi aktivasyonu egzersize bağlı kas hasarı ortaya çıkabilmekte olup daha fazla ultrastrüktürel hasara sahip lifler aynı zamanda daha yüksek oranlarda aktif uydu hücreleri içerir (Francaux ve ark., 2019).

1.5. Kas Hipertrofisi ve Endokrin Sistem

Hormonlar, kas hipertrosi açısından anabolik sinyal düzenleyiciler olarak sürece hizmet vermektedirler. Düzenli direnç DE ile yükselen anabolik hormon konsantrasyonları, reseptörlerin etkileşimini artırır. Protein sentezinin artması ile birlikte kas hipertrofisinin meydana gelmesi kolaylaşır. Ayrıca cinsiyet, yaş, antrenman durumu ve beslenme gibi faktörler de akut hormonal ortamı ve dolayısıyla direnç antrenmanına adaptif yanıtı etkiler (Crewther ve ark., 2006).

Direnç egzersizleri ile uyarılan endojen hormonal yükselmelerin hipertrofik etkileri hakkında önemli tartışmalar vardır. Son zamanlarda yapılan birçok çalışma DE ile uyarılan akut testosteron (T) yükselmeleri ile kas hipertrofisi arasında önemli bir korelasyon bulurken diğer bazı çalışmalar bu değişkenler arasında herhangi bir ilişki tespit edememiştir (Mangine ve ark., 2017). Öte yandan, direnç egzersizlerinin testosteron (T), growth hormon (GH), insülin like growth factor-1 (IGF-1) gibi endojen hormonal yükselmelerine neden olduğu gösterilmiştir. Bu nedenle, bazı vücut geliştiriciler, anabolik tepkileri en üst düzeye çıkarmak adına hormonal seviyeleri yükseltmek için tasarlanmış DE protokolleri kullanır (Fink ve ark., 2018).

1.5.1. Testosteron

Androjen bir hormon olan testosteron, erkeksi özellikleri geliştirip koruyabilen, vücut dokularının anabolik durumuna katkıda bulunan bir hormondur. İnsanlar da dahil olmak üzere yetişkin memelilerde bulunan iki baskın biyoaktif androjen hormondan biri olan testosteron ve onun daha güçlü metaboliti DHT (Dihidrotestosteron), tüm androjenik özelliklerin gelişimini ve sürdürülmesini sağlar. Erkeklerde ve hamile olmayan kadınlarda dolaşımdaki seviyeleri de novo olarak sentezlenen steroidlerden kaynaklanır (Handelsman ve ark., 2018).

Kolesterolden sentezlenen ve ana androjen olan testosteron, bir anabolik-androjenik steroid hormonudur. Yaşam boyunca iskelet kası kütlesinin korunması ve sağlıklı bir yaşam sürdürülebilmesi için testosteron, östrojen, büyüme hormonu (GH) ve IGF-1 gibi anahtar hormonların etkili olduğu düşünülmektedir. Bu hormonların farklı egzersiz türlerine yanıt olarak iskelet kası kütlesinin düzenlenmesindeki rollerine rağmen, bunların kas kütlesini kontrol eden süreçlerle etkileşimleri belirsizliğini korumaktadır (Gharahdaghi ve ark., 2021).

Testosteron hormonunun anabolik doğası nedeniyle, direnç egzersizi ile bağlantılı olarak direnç egzersizi sırasında veya hemen sonrasında bazal seviyelerde değişiklik olup olmadığını değerlendirmek için kandaki konsantrasyonu birçok çalışmada ölçülmüştür. Yapılan çalışmalar, birkaç hafta veya aylık düzenli direnç egzersizi sonucunda artan testosterona maruz kalmanın, güç ve hipertrofinin direnç egzersizine adaptasyonlarında bir rol oynayıp oynamadığını değerlendirmek için yapılmıştır. Egzersiz sırasında gerçekleşen bu akut adaptasyonlar testosteronun kronik olarak yükseltilmesine sebep oluyorsa, testosteron seviyesini artırmak için direnç egzersiz programlarının manipülasyonu, güç ve hipertrofi gelişimini optimize etmeye yardımcı olabilir (Hooper ve ark., 2017).

1.5.2. Growth Hormon

Büyüme hormonu (GH) ve insülin benzeri büyüme faktörü (IGF) gibi hormonların hangisinin büyüme faktöründe daha etkili olduğu konusunda görüş birliği olmamakla beraber, çok sayıda bilim insanı ve klinisyenin ilgilendiği konuların başında gelmektedir. Bu durum araştırmacılar tarafından GH'nin yüzyıldan fazla bir süredir klinik önemini yansıtan çalışmalar yapmalarına sebep olmuştur (Ranke ve ark.,2018).

Büyüme hormonu hipofiz bezi tarafından salgılanır. Egzersiz ve uyku sırasında salınımı artar (Nindl ve ark., 2003). Dolayısıyla uyku, GH salınımını artıran önemli bir fizyolojik faktördür (Ribeiro ve ark., 2011).

Çocukluk döneminde büyüme üzerindeki etkilerine ek olarak GH, yetişkinlikte de vücut kompozisyonu, güç, aerobik kapasite ve ruhsal durumun düzenlenmesinde önemli bir rol oynar. IGF-I üretimi esas olarak GH tarafından düzenlenir ve hem GH hem de IGF-I, iskelet kası ve kemik üzerinde anabolik bir etkiye sahiptir (Takahashi 2017). GH hem doğrudan kendi reseptörleri aracılığıyla hem de IGF-I üretiminin uyarılması yoluyla dolaylı olarak etki eder. Glikoz metabolizması üzerindeki etkisine gelince, etkileri sinerjik veya antagonistik olabilir: GH lipolizi uyarır ve insülin direncini arttırır. IGF-I ise bir insülin agonisti olarak işlev görür. IGF-I'in biyoaktivitesi, birkaç IGF-I bağlayıcı protein tarafından sıkı bir şekilde kontrol edilir (Olarescu ve ark., 2019).

İnsanlarda GH'nin insülin antagonist etkisinin altında yatan mekanizmalar lipoliz ve bunun sonucunda dolaşımdaki serbest yağ asitlerinin yüksek seviyelerine bağlıdır. GH'nin nitrojen tutma özellikleri, ağırlıklı olarak, doğrudan veya IGF-I, insülin veya lipid ara maddeleri aracılığıyla protein sentezinin uyarılmasını içerir (Olarescu ve ark., 2019).

Egzersizin GH salgılanmasını uyardığı ve egzersizin başlamasından sonraki 15-20 dakika içinde dolaşımdaki GH'yi artırdığı iyi bilinmektedir (Cruz ve ark., 2010).

1.5.3. IGF-1 (Insulin Like Growth Factor)

IGF-1, karaciğer tarafından sistemik dolaşıma salınan ve ayrıca dokularda ve hücrelerde lokal olarak üretilen anabolik ve metabolik bir hormondur. IGF-1'in anabolik etkileri, hem bir hücre döngüsü başlatma faktörü olarak davranmayı hem de uydu hücre aktivasyonu, proliferasyonunu içerir (Matheny ve ark., 2009).

IGF-1'in metabolik etkileri; protein sentezini uyarmayı, serbest yağ asidi kullanımını ve insülin duyarlılığını arttırmayı içerir. Karaciğer kaynaklı olan IGF-1, GH salımının doğrudan regülasyonu altındayken, kuvvet antrenmanlarının oluşturduğu mekanik zorlanma sonrasında lokal dokular IGF-1 sentezini aktive edebilir. IGF-1'in özellikle egzersiz sonrası iyileşme (recovery) ve kas dokusu için yeniden modelleme mekanizmaları ile ilgili olarak egzersizin bazı yararlı yönlerine aracılık etmedeki etkisi, bilimsel çalışmalar açısından ilgilenilen bir konu olmuştur (Kraemer ve ark., 2017).

Direnç egzersizinden sonraki günlerde, antrenmanlı kaslar yenilenme sürecinden geçer ve kasların işlevi, egzersiz öncesi seviyeye veya hatta bunun ötesine (supercompensation) geri döner. Antrenmanla birlikte, tekrarlanan ağır direnç egzersizlerinin kümülatif etkilerinin sonucu olarak belirli protein birikimleri ortaya çıkar. Sonuç olarak bu durum kas kütlesi ve kuvvetinde artışlara yol açar. IGF-I ek varyantları olan IGF-IEa ve mekano büyüme faktörü (MGF) gibi kas dokusu tarafından ifade edilen lokal büyüme faktörleri ve testosteron gibi sistemik hormonlar, hipertrofik sinyalin parçasıdır (Ahtiainen ve ark., 2011).

1.6. Egzerize Bağlı Kas Hipertrofisi Bileşenleri

1.6.1. Egzersize Bağlı Kas Hasarı

Egzersizin neden olduğu kas hasarıyla ilgili en eski çalışmalardan biri Hough tarafından 1902'de yayınlanmıştır. Yaptığı çalışmada gecikmiş kas ağrısını (DOMS – Delayed Onset Muscle Soreness) tanımlayan Hough, ağrının direnç egzersizi sonrasında kasta oluşan mikro yırtıkların sonucu olarak ortaya çıktığını öne sürmüştür (Clarkson ve Hubal, 2002).

DOMS, bir çeşit kas hasarı, kas ağrıları ve inflamasyon ile karakterizedir. DOMS, iskelet kaslarında egzersizden yaklaşık 24 ila 48 saat sonra zirve yapar. Bu nedenle egzersizden hemen sonra ortaya çıkan normal kas ağrısından farklıdır. DOMS genellikle rekabetçi spor branşlarında veya aşırı spor yapan kişilerde ortaya çıkmaktadır (Lu ve ark., 2019).

Konsantrik kas kasılmaları egzersize bağlı kas hasarına neden olmaz. Genellikle kas hasarı, izometrik kasılmalar ve düşük yoğunlukta olsa bile eksantrik kas kasılmalarından sonra ortaya çıkar (Peake ve ark., 2017).

Egzersize bağlı kas hasarı, mekanik değişiklikler ve metabolik stres sonrası kastaki doku onarımını başlatmak için çeşitli hücre tiplerini uyarır. Birbirleriyle etkileşime giren bu hücreler; uydu hücreleri (kas kök hücreleri), enflamatuar hücreler (örn. Nötrofiller, makrofajlar, T lenfositler, mast hücreleri), vasküler hücreler (örn. Perisitler, endotelyal hücreler) ve stromal hücrelerdir (örn. Fibroblastlar) (Hyldahl ve Hubal., 2014).

Egzersize bağlı kas hasarı, farklı bir egzersizden sonra ya da çok yoğun ve zorlu bir egzersizden sonra ortaya çıkan bir fenomendir. Egzersizle yüklenilmiş kasa elle dokunulduğunda veya kasın hareketi sırasında hissedilen duyarlılık, şişme ve sertliğin meydana geldiği bu süreç gecikmiş kas ağrısı (DOMS) ile ilişkilidir.

Bununla birlikte, kas dokusu hasarının hücresel bir yanıtı olarak bu enflamatuar ortam, uygun kas dokusunun onarımı ve rejenerasyonu için büyük önem taşımaktadır (Egzersizin tipi ve şiddeti enflamatuar yanıtın önemli belirleyicileridir) (Methenitis ve ark., 2021).

1.6.2. Metabolik Stres

Metabolik stres, nonsteady-state kas kasılmaları sırasında meydana gelen enerji metabolizması ve metabolitlerindeki değişiklikler olarak tanımlanabilir. Nonsteady-state durum kasılmalarını, ATP'nin (adenozin trifosfat) tamamının tek başına oksidatif fosforilasyon ile yeniden sentezlenemediği kasılmalar olarak tanımlayabiliriz (Suga ve ark., 2012).

Çok sayıda çalışma, egzersize bağlı metabolik stresin anabolik bir rolü olduğu görüşünü savunmaktadır. Bu çalışmalar, antrenmana hipertrofik yanıtı optimize etmede, metabolit birikiminin yüksek kuvvet gelişiminden daha önemli olabileceğini vurgulamaktadır. Metabolik stres, kas hipertrofisinin temel bir bileşeni olmasa da çok sayıda kanıt, bunun birincil veya ikincil şekilde önemli bir hipertrofik etkiye sahip olabileceğini göstermektedir (Schoenfeld, 2010).

1.6.3. Mekanik Gerilme (Mekanik Zorlanma)

Çok sayıda araştırma, mekanik gerilimin kas hipertrofisinin birincil mekanizması olarak işlev gördüğünü göstermektedir. Konu ile alakalı ilk çalışma, 1975 yılında Goldberg ve arkadaşlarının yaptığı çalışmadır. Çalışmalarında, kas üzerinde meydana gelen "mekanik zorlanma" nın, kas hipertrofisini başlatan kritik bir faktör olduğunu öne sürmüşlerdir (Goldberg ve ark., 1975).

Araştırmalar, egzersiz sonrası meydana gelen mekanik gerilim kaynaklı mekanosensör duyarlılığının, antrenmandaki yüklenmenin büyüklüğüne bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir. Ayrıca hipertrofik yanıt, kas kasılmasının türüne göre değişebilir. Örneğin, izometrik ve eksantrik kasılmalarda uygulanan mekanik kuvvetin büyüklüğüne bağlı olarak, farklı genlerin ekspresyonunu uyardığı düşünülmektedir. Dolayısıyla mekanosensörlerin yüklenmeye uyarlanabilir bir yanıt üretmek için yüklenme türleri arasında ayrım yapma kapasiteleri olduğu düşünülmektedir (Frey ve ark., 2009).

Çalışmalar, mekanik gerilimin kas hipertrofisini tetiklediğini ileri süren mekanizmalar arasında olan mekanotransdüksiyonun, artmış lokal hormon üretimi, kas hasarı gibi mekanizmaların uydu hücre aktivasyonu ve proliferasyonu yoluyla protein sentezini arttırdığı bildirilmiştir. Düşük ya da orta şiddette yapılan direnç egzersizleri sonucunda ortaya çıkan düşük mekanik gerilim seviyesinin hipertrofik mekanizmaları ne kadar tetikleyeceği tartışılsa da metabolik stresin hipertrofik mekanizmalara aracılık ettiği ve etkilerin diğer başka etkilere ilave olabileceği gösterilmiştir (Pearson ve Hussain, 2015).

1.6.4. Hücre Şişmesi

Direnç egzersizinden hemen sonra kas şişmesi (pump etkisi), hipertrofik yanıtta metabolik strese göre rol oynayabilecek daha güncel bir mekanizmadır. Kas şişmesi, düzenli direnç egzersizi sonrasında kan laktat ve GH üretimine bağlı olarak fosfokreatin ve hidrojen iyonu birikimlerini artırabilir. Bu durum sonucunda, yüksek laktat ve hidrojen iyonu konsantrasyonları, su alımını hızlandırabilir (Laktat ve hidrojen iyonlarının moleküler ağırlıkları kas glikojeninden daha küçük olduğu için) (Hirono ve ark., 2020). Egzersiz sonucu olarak artan bu metabolit birikim, kanın kas liflerine (hücre içi boşluk) akışını destekleyen bir basınç gradyanı yaratır. Ortaya çıkan gelişmiş reperfüzyon ve bunu izleyen hücre içi şişmenin, hücre zarının yapısal bütünlüğünü tehdit ettiğine inanılır. Bu da hücrenin, kronik olarak üst yapısının güçlendirilmesine yol açan bir sinyal yanıtını başlatılmasına neden olur.

Hücrelerdeki integrin ile ilişkili hacim osmosensörleri aracılığıyla sinyalleşmenin gerçekleştirildiğine dair kanıtlar vardır. Sensörler, muhtemelen büyüme faktörlerinin otokrin etkilerinin aracılık ettiği anabolik protein kinaz transdüksiyon yollarını aktive eder. Ancak, hücre şişmesinin hipertrofik adaptasyonlara potansiyel katkısı ile ilgili araştırmalar şu anda çok azdır. Bu nedenle mevcut çalışmalardan elde edilen veriler ışığında kesin bir ifade kullanmak erken olacaktır. Ayrıca, hücre şişmesine sadece metabolik stresin mi aracılık ettiği yoksa mekanik gerilimin de rol oynayıp oynamadığı da kesin olarak bilinmemektedir (Pearson ve Hussain, 2015).

1.7. Konuyla İlgili Yayınlanmış Araştırmalar

Bu bölümde yurt içinde ve yurt dışında konu ile ilgili yapılan bilimsel çalışmaların sonuçlarını ortaya koymak ve çalışmamızla kıyaslamak için, önemli gördüğümüz bazı araştırmalara içerik, amaç, yöntem ve sonuç bağlamında özet şeklinde yer verilmiştir.

1.7.1. EMS ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Klasik kuvvet antrenmanında, antrenman yoğunluğunu belirleyen unsur, 1 tekrar maksimum kavramıdır. Klasik direnç antrenmanının aksine EMS (Electro Muscle Stimulation (Elektrikli Kas Uyarılması), bir direnç yükü kullanmadan kas kasılmasını yapay olarak sağlamaktadır. Bu nedenle, geleneksel kuvvet antrenman paternlerini EMS antrenmanına uyarlamak mümkün değildir.

EMS ile ilgili literatüre bakıldığında, çalışmaların çoğunun büyük ölçüde geleneksel kuvvet antrenmanı parametrelerine dayandığını görmekteyiz (Avila ve ark., 2008; Colson ve ark., 2000; Hortobagyi ve ark., 1998; Willoughby ve ark., 1996).

Bazı çalışmalar, (Jubeau ve ark., 2008; Kreuzer ve ark., 2006). EMS'nin, merkezi sinir sistemi tarafından aktive edilen istemli uyarandan daha yoğun olabileceğini göstermiştir. EMS'nin önemli ölçüde daha yüksek kreatinkinaz aktivitesine neden olabileceğini ve bu nedenle kişinin kas sisteminde daha fazla hasara sebep olabileceğini ve bunun da antrenmanlar arasında gereken toparlanma süresini uzatabileceğini göstermiştir.

Kern ve arkadaşlarının 2014 yılında EMS kullanımı ile yaşlanmanın kaslar üzerindeki olumsuz etkilerine (sarkopeni) karşı koymak için yapmış oldukları çalışmalarında, sağlıklı yaşlı popülasyon ile (8 erkek, 8 kadın) günde üç kez 10 dakikadan oluşan üç seans olarak uygulamışlardrı (60 Hz). Antrenmanlar toplam dokuz hafta devam etmiş ve ilk üç hafta boyunca haftada iki gün, son altı hafta boyunca haftada üç gün yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda kas gücünde artış, 10 m yürüyüş testinde hızda artış, tip I ve II kas liflerinin çapında artış ve ek bunlara olarak uydu hücrelerin farklılaşması, IGF-1 ve ilişkili diğer moleküllerin mRNA ekspresyon seviyesinde bir artış bildirmişlerdir (Kern ve ark., 2014).

Joshua ve arkadaşlarının (2020) (51 sağlıklı erkek denek) yaptığı branşa özel spor performans parametrelerini değerlendirdikleri, 10 hafta süren tüm vücut EMS çalışmalarının sonunda, Counter Movement Jump (CMJ), Squat Jump (SJ), kuvvet parametresi olan gövde fleksiyonu ve ekstansiyonunda önemli ölçüde iyileşme ile sonuçlandığını göstermektedirler.

1.7.2. Direnç Egzersizleri ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Chestnut ve Docherty (1999), 24 antrenmansız denek ile yaptıkları çalışmada, 4 tekrar maksimum ve 10 tekrar maksimum ağırlık antrenmanı protokolleri ile ortaya çıkan güç ve hipertrofiyi belirlemeyi hedeflediler. 10 hafta boyunca haftada 3 kez yapılan antrenmanlarda serbest ağırlık ile; 4TM grubu, tükenene kadar 6 set 4 tekrar gerçekleştirdi ve 10TM grubu, tükenene kadar 3 set 10 tekrar gerçekleştirdi. Sonuç olarak her iki grupta hem önkol ekstansör hem de fleksör 1TM kuvvetinde, kas kesit

alanında (hipertrofi), anlamlı ($p<0,05$) artışlar meydana geldi. Bu sonuçlar, hacim olarak eşitlenmiş 4TM ve 10TM ağırlık çalışması protokollerinin, antrenmansız (sedanter) deneklerde 10 hafta boyunca benzer nöromüsküler adaptasyonlar ürettiğini göstermektedir.

Campos ve arkadaşlarının (2002), yaptığı çalışmada düşük (3 dk.'lık dinlenme ile her egzersizin dört setinde maksimum 3-5 tekrar (TsM)), orta (2 dakikalık dinlenme ile üç set için 9–11 TM) ve yüksek (1 dakikalık dinlenme ile iki set için 20-28 TM) tekrarlı antrenman tekniklerini karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonunda, üç ana lif türünde (tip I, IIA ve IIB) düşük tekrar ve orta tekrar gruplarında hipertrofi görülürken, yüksek tekrar ve kontrol grupları için önemli bir artış gösterilmemiştir.

Daniel ve Theban'nın (2018), 12 sağlıklı erkek denek ile yaptıkları çalışmada (Katılımcılar, rekreasyonel düzeyde en az bir yıllık direnç eğitimi deneyimine sahipti ve önceki üç ay boyunca sürekli olarak haftada en az üç kez direnç antrenmanı yapıyorlardı), 12 hafta boyunca AHT ile 12 denek, 1TM'nin %60 ila 80'i oranında antrenmana tabi tutuldu. Deneklerin 5 set ve 10 set grubuna rastgele atandıkları çalışmada, 10 set grubunda 6. ve 12. hafta arasında bacak kütlesinde artış gözlendi. 5 set grubunda, 6. haftada ve 12. haftada 1TM bench press'te bir artış bulunurken, herhangi bir grupta herhangi bir zaman aralığında 1TM leg press'te artış gözlenmedi.

Talisson ve arkadaşlarının (2020), 20 anrenmansız denek ile yayınladıkları çalışmalarında, bir direnç egzersizinde kontrollü (tekrar sayısı belli olan) tekrar sayısı ile deneklerin kendi tekrar sayısını kendilerinin belirlediği 8 haftalık direnç antrenmanı sonrasında kas gücü ve kas hipertrofisinde hangi metodun etkili olacağı konusunu araştırdılar. Çalışmanın sonunda, her iki antrenman tekniğininde kas gücü ve kas hipertrofisi konusunda neredeyse eşit etkiye sahip oldukları sonucuna ulaşıldı. 8 hafta sonunda kas gücünde %10-14, kas hipertrofisinde ise %7-10 arasında artışlar gözlemlendi.

Kubo ve arkadaşlarının (2020), 42 erkek denekle gerçekleştirdikleri çalışmalarında amaçları, farklı tekrar stratejileri ile eşit hacime sahip direnç antrenmanlarına yanıt olarak iskelet kası adaptasyonlarını (kuvvet ve hipertrofi) belirlemekti. 4, 8 ve 12 tekrar maksimum ağırlık kaldırma antrenmanlarının karşılaştırıldığı bu çalışmada 4TM, 8TM ve 12TM grupları arasında kas hacmindeki nispi artışta anlamlı bir fark gözlenmedi. 1TM'deki göreceli artış ise 4TM grubuna ve 8TM grubuna göre 12TM grubunda anlamlı olarak daha düşük bulundu.

Schoenfeld ve arkadaşları (2016), ağır ve orta yük direnç egzersizleri (DE) arasındaki kas adaptasyonlarını değerlendirdikleri çalışmalarında, 8 hafta boyunca haftada 3 antrenman gerçekleştirdiler. Her iki grup da üst ve alt ekstremitenin ana kas grupları için 3 set boyunca 7 egzersiz yaptı. 19 antrenmanlı erkek denekle gerçekleştirdikleri çalışmada, ağır yük ile antrenman yapan grup (n = 10) set başına 2-4 tekrardan oluşan bir yükleme aralığında, orta yük ile antrenman yapan grup ise (n = 9), set başına 8-12 tekrarlık bir yükleme aralığında antrenmana tabi tutuldu. Sonuç olarak, 1TM squat kuvvetinde, orta yük ile karşılaştırıldığında ağır yük grubu istatistiksel olarak daha büyük artışlar gösterdi. Ayrıca, orta yük ve ağır yük için lateral uyluk kası kalınlığında istatistiksel olarak daha büyük artışlar kaydedildi. Bu bulgular, ağır yük antrenmanın maksimal güç hedefleri olan kişiler için daha uygun olduğunu gösterirken, koşullar arasında eşit sayıda set yapıldığında orta düzeyde yük antrenman hacminin hipertrofiyle ilgili hedeflere daha uygun olduğunu göstermektedir.

Karsten ve arkadaşları (2021), rekreasyonel olarak direnç egzersizi yapan 18 erkek denek ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında iki farklı antrenman metodunu karşılaştırdılar. 6 hafta boyunca 4x10 (4 set, 10 tekrar) ve 8x5 (8 set, 5 tekrar) olarak gerçekleştirilen bu iki teknik ile yapılan antrenmanların sonucunda, her iki grupta bench press'te ve squat'ta kaldırılan maksimum yüklerin geliştiği gösterildi.

1.8. Amaç

Çalışmanın amacı, üç farklı direnç antrenmanı metodunun kas hipertrofisine, kas sertliğine ve kas gücüne etkisini araştırmaktır.

1.9. Problem Cümlesi

18-30 yaş aralığındaki sedanter erkek deneklerin (son 1 yıl boyunca ya da daha önce hiç düzenli direnç egzersizi yapmamış) altı hafta (haftada 2 gün) boyunca üç farklı direnç egzersizine (4x12, 8x6, EMS) tabi tutulması sonucunda biceps brachii ve triceps brachii kaslarının hipertrofisi, kas sertliği (elasto) ve kas gücü arasında fark var mıdır?

1.10. Alt Problemler

1) Hatfada iki gün (48 saat ara ile) 4x12 direnç ezgersiz programının kas hipertrofisine etkisi var mıdır?
2) Hatfada iki gün (48 saat ara ile) 4x12 direnç ezgersiz programının kas sertliğine (elasto) etkisi var mıdır?
3) Hatfada iki gün (48 saat ara ile) 4x12 direnç ezgersiz programının dominant kol üzerinde kas hipertrofisine etkisi var mıdır?
4) Hatfada iki gün (48 saat ara ile) 8x6 direnç ezgersiz programının kas hipertrofisine etkisi var mıdır?
5) Hatfada iki gün (48 saat ara ile) 8x6 direnç ezgersiz programının kas sertliğine (elasto) etkisi var mıdır?
6) Hatfada iki gün (48 saat ara ile) 8x6 direnç ezgersiz programının dominant kol üzerinde kas hipertrofisine etkisi var mıdır?
7) Hatfada iki gün (48 saat ara ile) EMS direnç ezgersiz programının kas hipertrofisine etkisi var mıdır?

8) Hatfada iki gün (48 saat ara ile) EMS direnç ezgersiz programının kas sertliğine (elasto) etkisi var mıdır?
9) Hatfada iki gün (48 saat ara ile) EMS direnç ezgersiz programının dominant kol üzerinde kas hipertrofisine etkisi var mıdır?

1.11. Denenceler

1) Hatfada iki gün (48 saat ara ile) 4x12 direnç ezgersiz programının kas hipertrofisine etkisi vardır.
2) Hatfada iki gün (48 saat ara ile) 4x12 direnç ezgersiz programının kas sertliğine (elasto) etkisi vardır.
3) Hatfada iki gün (48 saat ara ile) 4x12 direnç ezgersiz programının dominant kol üzerinde kas hipertrofisine anlamlı bir etkisi yoktur.
4) Hatfada iki gün (48 saat ara ile) 8x6 direnç ezgersiz programının kas hipertrofisine etkisi vardır.
5) Hatfada iki gün (48 saat ara ile) 8x6 direnç ezgersiz programının kas sertliğine (elasto) etkisi vardır.
6) Hatfada iki gün (48 saat ara ile) 8x6 direnç ezgersiz programının dominant kol üzerinde kas hipertrofisine anlamlı bir etkisi yoktur.
7) Hatfada iki gün (48 saat ara ile) EMS direnç ezgersiz programının kas hipertrofisine etkisi vardır.
8) Hatfada iki gün (48 saat ara ile) EMS direnç ezgersiz programının kas sertliğine (elasto) etkisi vardır.
9) Hatfada iki gün (48 saat ara ile) EMS direnç ezgersiz programının dominant kol üzerinde kas hipertrofisine anlamlı bir etkisi yoktur.

1.12. Sınırlılıklar

Bu çalışma Zonguldak'ta yaşayan 18-30 yaş aralığında son 1 yıl boyunca düzenli direnç egzersizi yapmamış ya da hayatı boyunca hiçbir direnç egzersiz programına dahil olmamış sağlıklı erkek gönüllülerle sınırlandırılmıştır.

1.13. Araştırmanın Önemi

Estetik kaygı, günlük kalori açığı oluşturma (kilo verme) ve sportif performans açısından profesyonel veya amatör her insan için ayrı bir önem arz eden kas hipertrofisi, beslenme ve antrenman ayağıyla tartışılan bir konudur. Bu noktada 3 popüler antrenman tekniğinin kişiye göre en ideal olanını tespit etme ve konu ile ilgili çalışmalara bir katkı sağlama ihtiyacı oluşmuştur.

Alanyazın literatür taraması sonucunda hem ulusal hem uluslararası platformlarda konu ile ilgili çalışmaları inceleyen araştırmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Ancak çalışmamızda ele aldığımız 3 antrenman tekniğinin karşılaştırıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yapılacak olan bu çalışmayla ağırlık antrenmanı dünyasında çok sık kullanılan bu 3 antrenman tekniğinden hangisinin kas hipertrosini (biceps-triceps) tetiklediği tespit edilerek üçü arasındaki fark ortaya konulacaktır.

2. GEREÇ ve YÖNTEM

2.1. Araştırma Grubu

Bu çalışmanın evrenini 18-30 yaş aralığındaki sedanter erkek denekler (son 1 yıl boyunca ya da daha önce hiç düzenli direnç egzersizi yapmamış) oluşturmuştur. Çalışmada 3 farklı direnç egzersiz tekniği karşılatırılmıştır. Her bir teknik için bir grup, her grup için 10 gönüllü katılımcı ve toplamda 30 gönüllü katılımcı ile çalışma gerçekleştirilmiştir. 30 katılımcı rastgele 3 antrenman grubuna ayrılmıştır. Katılımcı sayısı G*Power 3.1 paket programı (Düsseldorf, Almanya) ile yapılan istatistiksel güç analizine göre çalışmanın grup başına minimum 10 kişi, toplamda 30 kişi ile gerçekleştirilmesi gerektiği belirlenmiştir (α=0,05; Etki büyüklüğü= 0,8; Güç (1-β)= 0,95) (Faul ve ark., 2007). Deneklere çalışma sırasında rutin beslenme rejimlerini sürdürmeleri ve herhangi bir takviye almaktan kaçınmaları tavsiye edilmiştir. Ayrıca denekler çalışma öncesinde ya da sırasında anabolik steroid, yasa dışı ajanlar ve kas kütlesini arttırdığı bilinen suplementlerden herhangi birini kullanmamışlardır. Denekler çalışma sırasında herhangi bir egzersiz programından uzak durmaya yönlendirilmiştir. Çalışma boyunca Helsinki Bildirgesi'nde (2008) yer alan etik ilkeleri takip edilmiştir.

2.2. Veri Toplama Araçları

2.2.1. Ultrasonografi

Kas Hipertrofisini ve Kas Sertliğini (Elastografi) görüntülemek için Ultrason kullanıldı. Ultrasonun kas kalınlığını (hipertrofi) belirlemede geçerliliği ve güvenilirliği “altın standart” olan manyetik rezonans görüntüleme ile karşılaştırıldığında geçerlilik ve güvenilirlik oranının çok yüksek olduğu ve bilinen hiçbir zararlı etkisi olmadığı bildirilmektedir. Ölçümler ön test ve son test olarak 2 kez uygulandı. Ön test çalışma başlamadan 48 saat önce, Son test 6 haftalık çalışma sonrasında, antrenmandan kaynaklanan kaslardaki şişmenin (hücre şişmesi) sonuçları

etkilemediğinden emin olmak için son antrenman seansından 48 saat sonra gerçekleştirldi. Ultrasonografi incelemeleri, USG biriminde (Siemens S2000; Siemens Ultrasound) 22 yıllık USG, 1 yıllık elastografi deneyimi olan tek bir Radyoloji uzmanı tarafından yapıldı. Konvansiyonel USG ve elastografi incelemeleri için 9 mHz lineer dizilimli transduser kullanıldı. USG incelemeleri denek oturur iken yapıldı. Biceps kas kalınlığı ön kol 90 derece fleksiyon ve supinasyonda, kol gövdeye bitişik iken; triceps kas kalınlığı da denek arkası dönük iken ön kol 90 derece fleksiyon ve supinasyonda, kol gövdeye bitişik iken alındı (Şekil 2.1).



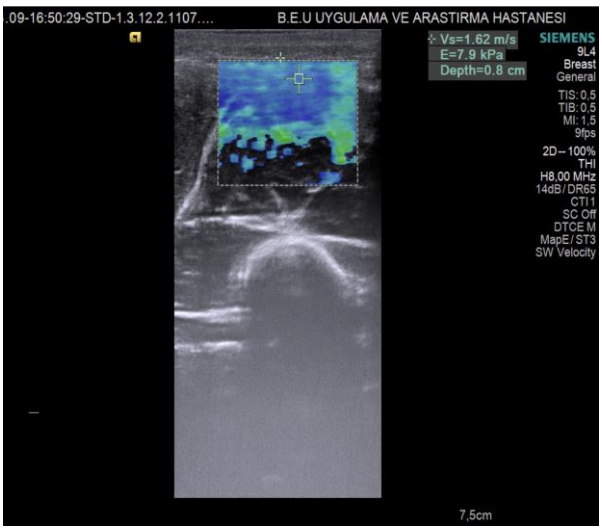
Şekil 2.1. Biceps kas kalınlığı ölçümü.

Ölçümler esnasında kolun mümkün olduğunca gevşek bırakılması söylendi. B-modda kas aksiyal ve sagital düzlemlerde görüntülendikten sonra, kalınlık ölçümü, koldaki yaklaşık orta seviyedeki en kalın yerinden transduser kasa dik ve ölçüm hatalarını indirgemek amacıyla fazla komprese etmeden alınmaya çalışıldı. Aksiyal düzlemde kasın cilde en yakın olan dış kısım ile humerus üzerindeki en derin noktası arası mesafe elektronik belirteçlerle ölçüldü, milimetre (mm) cinsinden kaydedildi (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Kas kalınlığı ultrason görüntüsü.

Ardından kasın sertliği ‘shear wave’ elastografi tekniği kullanılarak cildin 1-1,5 cm derinliğindeki kas dokusu görüntülendi, elektronik olarak oluşan renk kodlamalı haritada en yüksek sertlik düşündüren renk alanları üzerine elektronik olarak ilgi alanı yerleştirildikten sonra dijital olarak ölçüm yapıldı, kilopaskal (kPa) cinsinden kaydedildi. Bu teknikte renk haritalamasında kırmızıdan (en sert), maviye (yumuşak) doğru sertlikten yumuşaklığa doğru belirlenmiştir. Sertlik değeri en yüksek olan 2 farklı alandan örnekleme yapıldı. Daha sonra kas kalınlık ölçümü ve elastografi ölçümü Radyoloğun kendi içinde değişkenliğinin değerlendirilebilmesi bakımından aynı teknikle tekrar edildi (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Kas sertliği (elastografi) görüntüsü.

2.2.2. Çevre Ölçümü (Biceps-Tricpes)

Deneklerin kol ölçümleri (pazu çevresi) 1,5 metre uzunluğunda çift yönlü, çok amaçlı mezura ile ölçülmüştür. Deneklerin pazularının ölçümleri kolları çıplak durumda, ayakta ve ön kol fleksiyonda iken biceps ve triceps kaslarının tepe noktasından mezura kullanılarak ölçülmüştür.

2.2.3. Antrenman Malzemeleri



Şekil 2.4. Diesel fitness marka olimpik az kırık bar (OB 47C 119 cm).



Şekil 2.5. Diesel fitness marka ROP4 olimpik flanş set kauçuk ağırlık plakaları.



Şekil 2.6. Diesel fitness marka 005A functional trainer.



Şekil 2.7. Diesel fitness marka 95069 triceps halat.



Şekil 2.8. Diesel fitness marka 95003 revolving straight bar.



Şekil 2.9. Miha-Bodytec II (tüm vücut EMS cihazı).



Şekil 2.10. Miha-Bodytec II giyilebilir yelek ve straplar.

2.3. Bir Tekrar Maksimal Testleri

Maksimal dinamik kuvvet, Bench Press ve Biceps Curl egzersizlerinde değerlendirilen 1TM (1 tekrar maksimal) testleri kullanılarak tespit edildi. Her egzersiz için testten önce, 1TM'in ilk denemesinde kullanılan tahmini yükün yaklaşık %50'si ile bir ısınma seti (6-10 tekrar) yapıldı. Bu ısınma aynı zamanda deneklerin test ekipmanına ve kaldırma tekniğine aşina olması için de kullanıldı. Test prosedürü ısınmadan 2 dakika sonra başlatıldı. 1TM testleri sırasında deneklere uygulanan yükle 2 tekrar yapmaları teşvik edildi ve tüm egzersizlerde 1TM'ye ulaşmak için 3 deneme hakkı verildi. Dinlenme süresi, her deneme arasında 3-5 dakika ve egzersizler arasında 5 dakika idi. Her egzersiz için teknik standartlaştırılmış ve güvenilirliği sağlamak için sürekli olarak izlenmiştir. Tüm 1TM test oturumları, güvenlik ve bütünlüğün sağlanmasına yardımcı olmak için 3 deneyimli antrenör tarafından denetlenmiştir. Tüm test boyunca sözlü teşvik sağlanmıştır. 48 saat arayla üç kez 1TM test oturumu gerçekleştirilmiştir. 1TM, deneğin 3 seans arasında sadece bir maksimum uygulamayı tamamlayabildiği, kaldırılan en ağır yük olarak kaydedilmiştir.

2.4. Antrenman Protokolleri

2.4.1. Direnç Antrenman Protokolü

Çalışma, antrenmanlar arasında en az 48 saat olacak şekilde 6 hafta boyunca haftada 2 kez yapılmıştır. Temel egzersizler, AZ Bar Biceps Curl ve Triceps Push-Down hareketlerinden oluşuyordu. Egzersizler başlamadan her iki grup denekleri koşu bandında ya da yatay bisiklette 5 dakika kalp atım sayısını yükselttikten sonra, biceps curl ve triceps push down hareketlerini antrenmanda hedeflenen ağırlığın %30-40 ile 3'er settten 15 tekrar gerçekleştirerek ısındılar. 8X6 (8 set 6 tekrar) grubu, tükeniş hedeflenerek 6 tekrardan oluşan 8 set (1TM'in yaklaşık %80'i) gerçekleştirdi. 4X12 (4 set 12 tekrar) grubu, aynı şekilde tükeniş için 12 tekrardan oluşan 4 set (1TM'in %70'i) gerçekleştirdi. İlk ağırlıklar 1TM yüzdesi olarak

belirlendi ve daha sonra antrenman grubuna göre 6TM veya 12TM üretecek şekilde ayarlandı. Bu nedenle her iki antrenman grubunun da göreceli antrenman hacmi yaklaşık olarak eşitlendi (O'Hagan ve ark., 1995). 6TM ve 12TM grupları için setler arasında 90-120 saniye dinlenme süreleri verildi. Antrenman yükleri araştırmacı ve uzman antrenörler tarafından izlendi ve istenilen tekrar sayısında tükeniş elde etmek için gerektiğinde arttırıldı.

2.4.2. EMS Antrenmanı Protokolü

Çalışmaya katılan denekler EMS ekipmanını (Miha Bodytec, Augsburg, Almanya) giydi. Araştırma başlamadan önce deneklere, kullanılacak EMS ekipmanı ile ilgili detaylı bilgiler verildi. Denekler, araştırmacı ve uzman antrenörler tarafından egzersizlerin nasıl yapılacağı konusunda dikkatli bir şekilde bilgilendirildi. Çalışmaya başlamadan önce katılımcılar rölatif ve mutlak kontrendikasyonlar hakkında bilgilendirildi ve olası dışlama kriterleri doğrulandı (Kemmler ve ark. 2016a; Vatter ve ark. 2016). Deneklere, ilk antrenmandan 48 saat önce yorucu egzersizden kaçınmaları ve çalışma süresi boyunca normal kalori ve sıvı alımlarını sürdürmeleri talimatı verildi.

Çalışma sırasında kullanılan TV-EMS ekipmanı üst bacaklar, üst kollar, kalçalar, karın, göğüs, alt sırt, üst sırt, omuz olmak üzere toplamda 16 bölgenin kaslarını aynı anda aktivasyonunu sağlayabilen bir cihazdır. Çalışmanın amacı üst kol (biceps brachii, triceps brachii) kas hipertrofisini incelemek olduğu için aynı anda sadece üst kol kasları uyarılmıştır.

Antrenman periyodu başlamadan katılımcıların cihaza alışmaları ve istenilen hareketleri en doğru formda yapabilmeleri için 10 dakikadan oluşan iki deneme seansı gerçekleştirilmiştir.

Denekler, TV-EMS (Miha Bodytec) ile uzman antrenör ve araştırmacı eşliğinde orta ve yüksek yoğunluklu direnç protokollerini gerçekleştirmiştir.

Deneklere maksimum tolerans sınırında 4 saniye aktivasyon ve 4 saniye dinlenme ile aralıklı olarak 20 Hz ila 99 Hz frekans aralığında elektrik akımı uygulanmıştır. Antrenmanların ilk 3-5 dakikası düşük frekanslarda katılımcının alışması sağlanmıştır. Uyum sağlandıktan sonra 20 dakika boyunca maksimum tolerans sınırında elektirik akımı uygulanmıştır. Egzersizlerin performansı 4 saniye açık – 4 saniye kapalı EMS döngüsü ile senkronize edilmiştir.

Geleneksel bir direnç antrenmanı ile TV-EMS antrenmanını eşitlemek karmaşık olduğundan dolayı akımın geldiği 4 saniye boyunca deneklerden tıpkı diğer gruptaki denekler gibi, ancak ağırlıksız biceps curl hareketi yapmaları ve kol fleksiyondayken iki saniye istemli kasmaları istenmiştir. Akımın gelmediği 4 saniye içerisinde, kolu ekstansiyona hazırlayacak pozisyonu almaları ve akım geldiğinde 90°’ den aşağıya doğru tıpkı diğer grupların yaptığı gibi, ancak ağırlıksız triceps push down hareketi yapmaları istenmiştir. Tutarlılık için, antrenmanlar her haftanın aynı günü ve aynı saatinde uygulanmıştır. Ayrıca katılımcılar, direnç protokolünün 4 saniyelik egzersiz-4 saniyelik dinlenme ritmini tam olarak kontrol eden bir video tarafından akustik ve görsel olarak yönlendirilmiştir. Seans sırasında akım yoğunluğunun tolere edilebilirliğinin artması nedeniyle akım yoğunluğu antrenörler tarafından ayarlanmıştır. Denekler hareketleri gerçekleştirdiği sırada antrenörler tarafından sözlü olarak teşvif edilmiştir.

2.5. Bilgilendirilmiş Onam Formunun Doldurulması

Katılımcılar için hazırlanmış olan Bilgilendirilmiş Onam Formları, her katılımcıya araştırmanın açıklaması sözlü olarak yapıldıktan ve katılımcılar çalışmaya başlamadan önce okutulmuş ve katılımcılar 18 yaşın üstünde olduğundan dolayı kendileri tarafından imzalanmıştır.

2.6. Etik Kurul Onayının Alınması

Bu araştırmanın onayı Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu ‘ndan alınmış olup, onaylanan bu karar formu da Ek-1‘de sunulmuştur.

2.7. İstatistiksel Analiz

Araştırmada toplanan verilerin analizi için SPSS 21.0 programından yararlanılmıştır. Nitel değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler frekans ve yüzde ile, nicel değişkenler ortalama ve standart sapma ile verilmiştir. Nicel değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov Smirnov ve Shapiro-Wilk Testleri ile incelenmiştir. Araştırmaya katılan deneklere çalışma öncesi ve 6 haftalık uygulamalı egzersiz programı sonrası mezura ile kol ölçümleri ve ultrason ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler ön test ve son test olarak ayrı ayrı kodlanmıştır. Öncelikle deneklerin tüm ölçümlerine ilişkin ön test ve son test sonuçları kullandıkları antrenman türüne göre karşılaştırılmıştır. Bunun için Paired Sample t-Test (Bağımlı Örneklem t-Testi) uygulanmıştır.

Daha sonra ölçümlere ilişkin ön test ve son test arasındaki değişimin farkları alınmış ve bu farklılıkların antrenman türüne göre anlamlı olarak fark gösterip göstermediğine bakılmıştır. Bu amaçla üç gruptan oluşan antrenman türüne göre anlamlı farklılık aramak için Tek Yönlü Anova testi ve post hoc testi olarak Tukey testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık için 0,05'ten küçük veya buna eşit bir alfa seviyesi belirlenmiştir.

3. BULGULAR

Araştırmanın bu bölümünde istatistiki analizi yapılan veriler çizelgeler halinde gösterilip yorumları verilmiştir.

3.1. Kilo ve Kol Ölçümleri İçin Bağımlı Örneklem T Testi Sonuçları

Araştırmaya katılan kişilerin kilo ve kol ölçümlerinin ön test ve son test sonuçlarını karşılaştırdığımız bağımlı örneklem t testi sonuçları Çizelge 3.1'de verilmiştir. Buna göre araştırmaya katılan kişilerin kilo ölçümlerinde ön test ve son test arasında ortalama 0,450 kg'lık bir artış meydana gelmiş olup bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı görülmemiştir. Katılımcıların sağ kol mezura ölçümü için ön test ve son test arasında ortalama 1,617 cm artış belirlenmiş olup bu farklılık %95 güvenirlikle anlamlıdır diyebiliriz ($p<0,001$). Sol kol mezura ölçümlerinde ise ortalama 1,717 cm artık belirlenmiş olup bu farklılık da %95 güvenirlikle anlamlıdır diyebiliriz ($p<0,001$).

Çizelge 3.1. Kilo ve kol ölçümleri ön test ve son test sonuçlarının karşılaştırılması.

		n	**x ± s**	**FARK**	**p**
Kilo	Ön test	30	74,403 ± 14,143	0,450	0,214
	Son test	30	74,853 ± 13,498		
Sağ kol mezura ölçümü	Ön test	30	32,600 ± 3,966	1,617	<0,001**
	Son test	30	34,217 ± 3,971		
Sol kol mezura ölçümü	Ön test	30	32,083 ± 3,781	1,717	<0,001**
	Son test	30	33,800 ± 3,868		

** $p<0,05$ düzeyinde anlamlı fark ifade etmektedir.

3.2. Sağ ve Sol Kol Biceps Kası Ölçümleri İçin Bağımlı Örneklem T Testi Sonuçları

Araştırmaya katılan kişilerin sağ ve sol kol biceps brachii kası ölçümlerinin ön test ve son test sonuçlarını karşılaştırdığımız bağımlı örneklem t testi sonuçları Çizelge 3.2'de verilmiştir. Buna göre araştırmaya katılan kişilerin sağ biceps brachii kası ultrason ölçümünde ön test ve son test farkı ortalama 4,337 olarak belirlenmiş olup bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı görülmüştür. Sol biceps brachii kası ultrason ölçümünde de ön test ve son test farkı ortalama 5,632 olarak belirlenmiş olup bu farklılık da istatistiksel olarak anlamlı görülmüştür ($p<0,001$).

Araştırmaya katılan kişilerin sağ biceps kası sertlik ölçümünde ön test ve son test farkı ortalama 49,875 olarak belirlenmiş olup bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı görülmüştür. Sol biceps kası sertlik ölçümünde ise ön test ve son test arasında ortalama 48,844 artış görülmüş olup bu farklılık da istatistiksel olarak anlamlı görülmüştür ($p<0,001$).

Çizelge 3.2. Sağ ve sol kol biceps kası ölçümleri ön test ve son test sonuçlarının karşılaştırılması.

		n	**x ± s**	**FARK**	**p**
Sağ biceps kası ultrason ölçümü	Ön test	30	32,438 ± 5,014	4,337	<0,001**
	Son test	30	36,775 ± 4,454		
Sol biceps kası ultrason ölçümü	Ön test	30	31,435 ± 4,626	5,632	<0,001**
	Son test	30	37,067 ± 3,923		
Sağ biceps kası sertlik ölçümü	Ön test	30	11,155 ± 4,002	49,875	<0,001**
	Son test	30	61,030 ± 25,144		
Sol biceps kası sertlik ölçümü	Ön test	30	12,416 ± 4,501	48,844	<0,001**
	Son test	30	61,260 ± 24,572		

** $p<0,05$ düzeyinde anlamlı fark ifade etmektedir.

3.3. Sağ ve Sol Kol Triceps Kası Ölçümleri İçin Bağımlı Örneklem T Testi Sonuçları

Araştırmaya katılan kişilerin sağ ve sol kol triceps kası ölçümlerinin ön test ve son test sonuçlarını karşılaştırdığımız bağımlı örneklem t testi sonuçları Çizelge 3.3'te verilmiştir. Buna göre araştırmaya katılan kişilerin sağ triceps kası ön test ve son test ölçümleri arasında ortalama 5,837 artış görülmüş olup bu farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır. Sol triceps kası ön test ve son test ölçümleri arasında da ortalama 5,543 artış görülmüş olup bu farklılık da istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,001$).

Katılımcıların sağ triceps kası sertlik ölçümünde ön test ve son test arasında ortalama 19,723 artış görülmüş olup bu farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır. Sol triceps kası sertlik ölçümünde de ön test ve son test arasında ortalama 18,065 artış görülmüş olup bu farklılık da istatistiksel olarak anlamlı görülmüştür ($p<0,001$).

Çizelge 3.3. Sağ ve sol kol triceps kası ölçümleri ön test ve son test sonuçlarının karşılaştırılması.

		n	**x ± s**	**FARK**	**p**
Sağ triceps kası ultrason ölçümü	Ön test	30	30,627 ± 6,263	5,837	0,000**
	Son test	30	36,463 ± 5,113		
Sol triceps kası ultrason ölçümü	Ön test	30	30,433 ± 6,232	5,543	0,000**
	Son test	30	35,977 ± 5,341		
Sağ triceps kası sertlik ölçümü	Ön test	30	8,852 ± 2,610	19,723	0,000**
	Son test	30	28,575 ± 19,735		
Sol triceps kası sertlik ölçümü	Ön test	30	7,788 ± 1,924	18,065	0,000**
	Son test	30	25,853 ± 16,807		
** $p<0,05$ düzeyinde anlamlı fark ifade etmektedir.					

3.4. Bench Press, Biceps Curl ve Triceps Push Down Hareketlerinin 1 Tekrar Maksimal Ölçümleri İçin Bağımlı Örneklem T Testi Sonuçları

Araştırmaya katılan kişilerin bench press, az bar biceps curl ve triceps push down hareketlerinin 1TM ön test ve son test sonuçlarını karşılaştırdığımız bağımlı örneklem t testi sonuçları Çizelge 3.4'te verilmiştir. Buna göre araştırmaya katılan kişilerin bench press 1TM' lerinde ön test ve son test arasında ortalama 18,833 artış görülmüş olup bu farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır. 1TM biceps curl ölçümünde ön test ve son test arasında ortalama 7,667 artış görülmüş olup bu farklılık da istatistiksel olarak anlamlıdır. Son olarak 1TM triceps push down ölçümünde de ön test ve son test arasında ortalama 20,333 artış görülmüş olup bu farklılık da istatistiksel olarak anlamlı görülmüştür ($p<0,001$).

Çizelge 3.4. Bench Press, Biceps Curl ve Triceps Push Down hareketlerinin 1TM ölçümleri ön test ve son test sonuçlarının karşılaştırılması.

		n	**x ± s**	**FARK**	**p**
1TM Bench Press	Ön test	30	59,167 ± 18,293	18,833	0,000**
	Son test	30	78,000 ± 18,364		
1TM Biceps Curl	Ön test	30	22,333 ± 9,072	7,667	0,000**
	Son test	30	30,000 ± 9,285		
1TM Triceps Push Down	Ön test	30	53,500 ±12,536	20,333	0,000**
	Son test	30	73,833 ± 11,117		

** $p<0,05$ düzeyinde anlamlı fark ifade etmektedir.

3.5. Ön Test ve Son Test Sonuçları Arasındaki Farkların Antrenman Türü Değişkenine Göre Karşılaştırmasını Gösteren Tek Yönlü Anova Testi Sonuçları

Araştırmaya katılan kişilerin kilo ve kol ölçümlerinin ön test ve son test sonuçları arasındaki değişimin antrenman türü değişkenine göre karşılaştırıldığı Tek Yönlü Anova testi sonuçları Çizelge 3.5'te verilmiştir. Buna göre araştırmaya katılan kişilerin kilo ölçümleri, sağ ve sol kol mezura ölçümlerinde ön test ve son test

arasında ortaya çıkan farklılıklar kişilerin yaptığı antrenman türüne göre gruplar arasında anlamlı bir farklılık göstermemiştir (p>0,05).

Çizelge 3.5. Kilo ve kol ölçümlerinde ön test ve son test sonuçları farkının antrenman türü değişkenine göre karşılaştırılması.

	Antrenman Grubu	**n**	**Ön test Son test farkı**	**s**	**F**	**p**
Kilo fark	4X12	10	0,880	1,372	2,063	0,147
	8X6	10	1,000	1,581		
	EMS	10	-0,530	2,479		
Sağ kol mezura ölçüm farkı	4X12	10	1,400	0,516	1,268	0,298
	8X6	10	1,600	0,459		
	EMS	10	1,850	0,851		
Sol kol mezura ölçüm farkı	4X12	10	1,350	0,412	0,859	0,435
	8X6	10	1,400	0,658		
	EMS	10	2,400	3,414		

** p<0,05 düzeyinde anlamlı fark ifade etmektedir.

Araştırmaya katılan kişilerin sağ ve sol kol biceps kası ölçümlerinin ön test ve son test sonuçları arasındaki değişimin antrenman türü değişkenine göre karşılaştırıldığı Tek Yönlü Anova testi sonuçları Çizelge 3.6'da verilmiştir. Buna göre araştırmaya katılan kişilerin sağ ve sol kol biceps kası ultrason ölçümleri ile sertlik ölçümlerinde ön test ve son test arasında ortaya çıkan farklılıklar kişilerin yaptığı antrenman türüne göre gruplar arasında anlamlı bir farklılık göstermemiştir (p>0,05).

Çizelge 3.6. Biceps kası ölçümlerinde ön test ve son test sonuçları farkının antrenman türü değişkenine göre karşılaştırılması.

	Antrenman Grubu	**n**	**Ön test Son test farkı**	**s**	**F**	**p**
Sağ biceps kası ultrason ölçüm farkı	4X12	10	4,985	2,636	0,417	0,663
	8X6	10	4,210	2,320		
	EMS	10	3,815	3,623		
Sol biceps kası ultrason ölçüm farkı	4X12	10	5,505	2,837	0,017	0,984
	8X6	10	5,630	2,130		
	EMS	10	5,760	4,096		
Sağ biceps kası sertlik ölçüm farkı	4X12	10	55,880	24,679	0,753	0,481
	8X6	10	42,255	25,120		
	EMS	10	51,490	26,207		
Sol biceps kası sertlik ölçüm farkı	4X12	10	52,378	18,639	0,340	0,714
	8X6	10	50,670	25,078		
	EMS	10	43,485	31,401		

** $p<0,05$ düzeyinde anlamlı fark ifade etmektedir.

Araştırmaya katılan kişilerin sağ ve sol kol triceps kası ölçümlerinin ön test ve son test sonuçları arasındaki değişimin antrenman türü değişkenine göre karşılaştırıldığı Tek Yönlü Anova testi sonuçları Çizelge 3.7'de verilmiştir. Buna göre araştırmaya katılan kişilerin sağ kol ve sol kol triceps kası ultrason ölçümlerinde ön test ve son test arasında ortaya çıkan farklılıklar kişilerin yaptığı antrenman türüne göre gruplar arasında anlamlı bir farklılık göstermemiştir ($p>0,05$). Sağ kol triceps kası sertlik ölçümünde ise antrenman türü 4X12 olan kişilerin ön test-son test farkı $x=34,135$ iken antrenman türü EMS olan kişilerin ön test-son test farkı $x=9,585$ olarak belirlenmiştir. Bu farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). Son olarak sol kol triceps kası sertlik ölçümünde ön test ve son test arasında antrenman türüne göre anlamlı bir farklılık görülmemiştir.

Çizelge 3.7. Triceps kası ölçümlerinde ön test ve son test sonuçları farkının antrenman türü değişkenine göre karşılaştırılması.

	Antrenman Grubu	**n**	**Ön test Son test farkı**	**s**	**F**	**p**	**FARK**
Sağ triceps kası ultrason ölçüm farkı	4X12	10	7,855	3,536	2,347	0,115	
	8X6	10	4,205	1,858			
	EMS	10	5,450	5,296			
Sol triceps kası ultrason ölçüm farkı	4X12	10	6,360	4,235	0,335	0,718	
	8X6	10	5,050	3,354			
	EMS	10	5,220	4,032			
Sağ triceps kası sertlik ölçüm farkı	4X12	10	34,135	25,716	5,450	0,010**	1> 3
	8X6	10	15,450	14,324			
	EMS	10	9,585	6,185			
Sol triceps kası sertlik ölçüm farkı	4X12	10	27,580	20,284	2,988	0,067	
	8X6	10	15,275	16,685			
	EMS	10	11,340	5,546			
** P<0,05 düzeyinde anlamlı fark ifade etmektedir.							

Araştırmaya katılan kişilerin 1TM Bench Press, Biceps Curl ve Triceps Push Down ölçümlerinin ön test ve son test sonuçları arasındaki değişimin antrenman türü değişkenine göre karşılaştırıldığı Tek Yönlü Anova testi sonuçları Çizelge 3.8'de verilmiştir. Buna göre araştırmaya katılan kişilerin 1TM Bench Press ölçümlerinde ön test ve son test arasındaki artışların antrenman türüne göre anlamlı fark göstermediği görülmüştür. 1TM Biceps Curl ölçümünde ön test ve son test arasındaki artış antrenman türüne göre anlamlı fark göstermiştir. 1TM Biceps Curl ölçümünde antrenman türü 4X12 olan grubun artış ortalaması x=9,500 iken antrenman türü EMS olan grubun artış ortalaması x=5,500 olarak belirlenmiş olup bu farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0,05). 1TM Triceps Push Down ölçümünde ise ön test ve son test arasındaki artışlara bakıldığında antrenman türü 8X6 olan kişilerin ortalama artış düzeyi x=25,500 iken antrenman türü EMS olanların ortalama artış düzeyi x=15,500 olarak belirlenmiştir. Bu farklılık da istatistiksel olarak anlamlı görülmüştür (p<0,05).

Çizelge 8. Bench press, Biceps Curl ve Triceps push down 1TM ölçümlerinde ön test ve son test sonuçları farkının antrenman türü değişkenine göre karşılaştırılması.

	Antrenman Grubu	**n**	**Ön test Son test farkı**	**s**	**F**	**p**	**FARK**
1TM Bench Press ağırlık farkı	4X12	10	20,000	4,082	0,632	0,539	
	8X6	10	18,500	4,116			
	EMS	10	18,000	4,216			
1TM Biceps Curl ağırlık farkı	4X12	10	9,500	1,581	5,378	0,011**	1> 3
	8X6	10	8,000	3,496			
	EMS	10	5,500	2,838			
1TM Triceps Push Down ağırlık fakı	4X12	10	20,000	5,774	9,091	0,001**	2> 3
	8X6	10	25,500	4,972			
	EMS	10	15,500	4,972			

** $p<0,05$ düzeyinde anlamlı fark ifade etmektedir.

4. TARTIŞMA

Çalışmamızın bu bölümünde farklı direnç egzersizlerinin antrenmanlı ya da anterenmansız kişiler üzerindeki etkisine ilişkin ortaya çıkan analiz sonuçları tartışılmıştır.

Bu çalışmada, direnç eğitmenleri tarafından yaygın olarak kullanılan 4X12 ve 8X6 direnç antrenmanlarının yanı sıra günümüzde oldukça popüler olan EMS antrenmanı teknikleğininin 6 hafta boyunca haftada 2 kez gerçekleştirilen antrenmanlar sonucunda kas gücü (1TM), hipertrofi ve kas sertliği (elasto) üzerindeki etkisini araştırdık. Antrenman hacmi eşitlendiğinde, 3 grup katılımcılarında hiptoezimizi destekleyen sonuçlara ulaştık. 3 antrenman metodunun 6 haftalık antrenmanlar sonucunda araştırmaya katılan kişilerin sağ ve sol biceps-triceps kası ultrason ölçümünde hipertrofi meydana gelmiştir. Aynı şekilde araştırmaya katılan kişilerin sağ ve sol biceps-triceps kası sertlik ölçümünde anlamlı bir fark ortaya çıkmıştır.

Çalışmamızın bu sonucuna benzer bir sonuç Kubo ve arkadaşlarının (2020), yaptığı çalışmada karşımıza çıkmaktadır. Çalışmalarında 4TM, 8TM ve 12TM grupları arasında kas hacminde nispi artış elde edememişlerdir. Buna karşın Schonfeld ve arkadaşlarının (2019), antrenmanlı erkekler üzerinde yaptıkları çalışma bizim bulgularımızın tersine kas kalınlığındaki artışın 5 setlik grupta 1 ve 3 setlik gruplara göre daha fazla olduğunu, ayrıca 3 grup arasında kuvvet kazanımında bir fark olmadığını bildirmişlerdir.

Yine başka bir çalışmada Karsten ve arkadaşları (2021), 4X10 ile 8X5 anteranman tekniklerini karşılaştırdılar. 6 haftalık çalışma sonrasında denekler, maksimum güç, üst ve alt ekstremite kuvveti, yağsız kütle ve kas kalınlığı için müdahale öncesi ve sonrası ön test yapılıp başlangıç düzeyi ile karşılaştırıldığında, her iki grupta bench press ve squat ile kaldırılan maksimum yüklerde artışlar görüldü. Her iki antrenman stratejisi de gücü artırmasına rağmen, 4X10 grubu üstün

hipertrofik sonuçlar ortaya çıkarırken, 8X5 protokolü üst ekstremite gücü için daha olumlu gelişmelerle sonuçlandı.

Schonfeld (2014), arkadaşlarıyla yaptığı bir başka çalışmada 3X10 antrenman stratejisi ile 7X3 antrenmanını karşılaştıdı. 8 hafta sonra, biceps brachii'nin kas kalınlığında önemli bir fark görülmedi. 1TM bench press için (7X3) lehine önemli güç farklılıkları bulundu ve 1TM squat'ta daha büyük artışlar görüldü. Sonuç olarak, bu çalışma hem vücut geliştirme (3X10) hem de powerlifting tipi (7X3) antrenmanın kas boyutunda benzer artışları desteklediğini, ancak powerlifting tipi antrenmanın maksimum gücü arttırmada üstün olduğunu gösterdi.

Bazı başka çalışmaların bulgularına göre (Sale ve ark., 1992; Stone ve ark., 1981), kas hipertrofisini en üst düzeye çıkarmak için orta düzeyde yüklerden (1TM'nin %70-75'i) ve tekrarlardan (10-12 tekrar) oluşan antrenman programları önerilmiştir.

Ayrıca başka bir çalışma (La Scala Teixeira ve ark., 2018) üst vücut kas hipertrofisi açısından yüksek ayarlanmış hacimlerin (3 setin üzerinde) düşük ayarlanmış hacimlerden (3 setin altında) önemli ölçüde bir fark ortaya koymadığını ifade etmiştir.

Araştırmaya katılan kişilerin bench press, az bar biceps curl ve triceps push down hareketlerinin 1TM ön test ve son test sonuçlarını karşılaştırdığımızda araştırmaya katılan kişilerin tüm hareketlerin 1TM'lerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış görülmüştür ($p<0,05$). Antrenmana bağlı kas gücündeki değişiklikler (1TM) genellikle nöromusküler adaptasyonların bir sonucu olarak kabul edilir (Narici ve ark., 1996). Bu çalışmanın ilginç bir bulgusu, 1TM'deki nispi değişimin, 3 antrenman grubunda da gerçekleşmiş olmasıydı ve antrenman grupları arasında anlamlı bir fark olmamasıydı.

Campos ve arkadaşları (2002), bizim bulgularımızın tersine maksimal kuvvetin daha düşük tekrarlı antrenman gruplarında (3-5TM) daha yüksek tekrarlı antrenman gruplarıyla (9-11 ve 20-28TM) karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha fazla geliştiğini, ancak antrenman hacminde bir fark olmadığını bildirmiştir.

Buna benzer bir başka çalışma (Mangine ve ark., 2015), yüksek yük ve düşük tekrarlı bir antrenman protokolünün, antrenman hacmi daha düşük olsa bile, düşük yüklü ve yüksek tekrarlı bir antrenman protokolüne kıyasla kuvvet geliştirme için daha faydalı olduğunu göstermiştir.

Jenkins ve arkadaşlarının yaptığı çalışma (2017), ve buna benzer yapılan bir başka çalışma (Hakkinen, 1994), yüksek yük içeren direnç antrenman programlarından elde edilen hem nöral hem de iskelet kası adaptasyonlarının kombinasyonu, kas gücünü arttırmada daha etkili olduğu sonucuna varmaktadır.

Bizim çalışmamızın 1TM sonuçlarına benzer bir sonuç James ve David'in (1999), yapmış oldukları bir çalışmada, güçteki artışın büyüklüğü arasındaki fark hem 4TM hem de 10TM antrenman grupları için aynıydı. Schmidtbleicher ve Haralambie (1981), çalışmalarında maksimum güçlerinin %90-100'ü veya %30'u ile antrenman yapan gruplar için benzer bir güç artışı bulmuşlardı.

Bu çalışmada iki geleneksel direç antrenman tekniklerinin yanı sıra son yıllarda popülaritesi artmış olan EMS antrenman tekniğinin kas hipertrofisine etkisini incelemek istedik. Elde ettiğimiz bulgular sonucunda EMS antrenman tekniğinin geleneksel direnç antrenmanları gibi hem kas hipertrofisini arttırdığını hem de 1TM'leri arttırdığını gözlemledik. Kemmler ve arkadaşlarının (2016), yüksek yoğunluklu direnç antrenmanı ile EMS antrenmanının vücut kompozisyonu ve kuvvet üzerine etkilerini inceledikleri çalışmanın sonuçları, bizim çalışmamızı destekler niteliktedir.

EMS ile ilgili sonuçlarımıza destekleyen bir başka çalışmada Hussain ve arkadaşları (2021), softbol oyuncuları üzerinde geleneksel direnç antrenmanı ve EMS antrenmanının kas gücünü geliştirme üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak bu çalışma hem Geleneksel Direnç Antrenmanı hem de Tüm Vücut Elektromiyostimülasyonunun softbol oyuncuları arasında kas gücünü artırabildiğini göstermiştir.

Çalışmamızda dikkat çekmek istediğimiz bir diğer nokta elastografiydi (kas sertliği). Özellikle tükeniş hedeflenen tekrar sayılarında yapılan yoğun direnç egzersizleri kas liflerinin hasar görmesine, bu liflerin kendiliğinden kısalmasına (Clarkson ve ark., 1992), dolayısıyla kas sertliğinin artmasına neden olmaktadır (Murayama ve ark., 2000). Ayrıca egzersize bağlı sıvı birikiminin neden olduğu kas içi basınç artışı da kas sertliğine katkıda bulunabilir (Yanagisawa ve ark., 2011). Hem direnç antrenmanlarının neden olabileceği kas yaralanmalarını önlemek için hem de kas hipertrofisi açısından kas sertliğinin (elastografi) önemli bir bulgu olduğunu düşünüyoruz.

Çalışmamızda her iki kolun (biceps brachii-triceps brachii) kaslarında ön test ve son test sonuçlarını karşılaştırdığımız zaman istatistiki olarak anlamlı bir fark elde ettik. Ancak antrenman teknikleri bakımından gruplar arasında bir fark elde edemedik. Özetle 3 teknikte (8x6, 4x12, Miha-EMS) 6 haftalık antrenmalar sonuç olarak kas sertliğinde önemli bir artışa sebep olmuştur.

Araştırmaya katılan kişilerin sağ ve sol kol biceps-triceps kası ölçümlerinin ön test ve son test sonuçları arasındaki değişimin antrenman türü değişkenine göre karşılaştırldığımızda ön test ve son test arasında ortaya çıkan farklılıklar kişilerin yaptığı antrenman türüne göre gruplar arasında anlamlı bir farklılık göstermemiştir.

Hipertrofi ve elastografi anlamında dominant kol ilişkisi bulamamamıza rağmen şaşırtıcı derecede sağ kol triceps brachii kası sertlik ölçümünde antrenman türü 4X12 olan kişilerin ön test-son test farkı x=34,135 iken antrenman türü Miha (EMS) olan kişilerin ön test-son test farkı x=9,585 olarak belirlenmiştir. Bu farklılık

istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). Triceps brachii kasında ortaya çıkan bu farklılığın direnç egzersizinin bir sonucu olarak ortaya çıkan kas hasarı sonucunda, kas liflerinin egzersize bağlı spontan bir şekilde kısalmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Bu nedenle, özellikle TB'nin (Triceps brachii) distal bölgesinde direnç egzersizine bağlı herhangi bir sakatlanma durumu ile karşı karşıya kalmamak için kas hasarına dikkat edilmelidir. Dolayısıyla, direnç antrenmanına bağlı kas yaralanmasının önlenmesine ilişkin daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Çalışmamızdan kas elostografisi ile ilgili elde ettiğimiz bulgular biceps brachii kasını inceleyen Akagi ve arkadaşlarının (2015), Agten ve arkadaşlarının (2017), çalışma sonuçlarıyla farklıdır. Bu iki çalışma, tek bir direnç egzersizinden sonra kas sertliğinin akut olarak arttığını, ancak ultrason shear elastografi ile ölçüldüğünde kronik direnç antrenmanıyla uzun vadede değişmediğini göstermektedir. Bizim çalışmamız 6 haftalık bir antrenman periyodunu kapsadığı için daha uzun zamana yayılmış (12 hafta gibi) çalışmalarda benzer bulgular elde edilebileceğini düşünmekteyiz.

Bu çalışmanın sonuçları yorumlanırken belirli sınırlamalar ele alınmalıdır. Bunlardan bir tanesi, TB'nin medial ve lateral başlarını değerlendirmemiş olmamızdır. TB'nin long head'in (uzun baş) kesit alanı TB'nin lateral başından çok daha büyüktür. Bu nedenle, TB'nin en tepe noktasının değerlendirilmesinin hipotezlerimizi test etmek için yeterli olduğunu düşünmekteyiz.

Bir diğer sınırlılık, kas sertliği enine ölçülmüştür, ancak boylamasına ölçülmemiştir. Enine ölçülen çalışmalar ile boyuna ölçülen çalışmalar arasında farklılıklar ortaya çıkabilir. Gennisson ve arkadaşlarının (2010), yaptığı bir çalışma bu düşüncemizi desteklemektedir.

Kas sertliği hem direnç egzersizinden önce hem de sonra benzer şekilde ölçülmüşse, kas sertliğinde egzersize bağlı değişikliğin ultrason probunun boyuna ve enine yönlerine bakılmaksızın uygun şekilde değerlendirilebileceğini düşünüyoruz.

Bu nedenle, bireysel farklılıklara rağmen, mevcut sonuçların kas sertliğinin ölçümü yönünden sadece minimal düzeyde etkilendiğine inanıyoruz.

Direnç antrenman yükü ile kas hipertrofisi ve kas kuvvetindeki kazanımlar arasındaki doz-yanıt ilişkisini sistematik bir şekilde inceledikten sonra üç önemli bulgu elde etmekteyiz.

İlk olarak, antrenmasız veya rekreasyonel olarak antrenman yapan bireylerde, nispeten kısa periyotlarda bile istemli tükeniş uygulandığında, kas hipertrofisi kazanımlarının direnç antrenman yükünden bağımsız olarak benzer olması muhtemeldir. Fizyolojik adaptasyon ilkesine uygun olarak, antrenmansız katılımcılar, düzenli olarak direnç antrenmanı yapanlara kıyasla daha fazla kas hipertrofisi sergilerler.

İkincisi, kas gücü üzerindeki etkiler uygulanan yüke bağlıdır ve daha yüksek yükler, daha büyük kazanımlarla sonuçlanır. Son olarak, kas hipertrofisi ve kuvvetine ilişkin sonuçlar; kaliteli antrenmanlara, hareketlerin hatasız ve doğru ağırlıkla yapılmasına ve antrenman çeşitliliğine bağlıdır. Bu nedenle, kas hipertrofisi, antrenmansız ve rekreasyonel olarak ilgilenen bireyler için yükten bağımsız görünse de kısa süreli yüksek yük dirençli antrenman programları ile kas gücü artışları daha olası olabilmektedir. Ancak bizim çalışmamızın bulgularına göre 4x12, 8x6 ve hatta Mihabodytec (EMS) protokollerinde tükenişe kadar egzersiz yapmanın kas hipertrofisine ve kas sertliğine benzer etkileri olduğunu görmekteyiz.

Özetleyecek olursak, geleneksel direnç antrenmanlarıyla karşılaştırıldığında 6 haftalık EMS'den sonra kas parametrelerinde karşılaştırılabilir veya en azından benzer artışlar gözlemledik. Bu nedenle EMS, klasik direnç egzersizi yapmak istemeyen, genel gücünü, vücut kompozisyonunu geliştirmek isteyen insanlar için çekici bir alternatif olabilir. Ayrıca zaman açısından verimli ve etkili bir seçenek olarak düşünülebilir. Öte yandan, mevcut TV-EMS antrenmanları birebir antrenör eşliğinde gerçekleştirildiğinden dolayı bu egzersiz teknolojisi çok daha pahallıdır.

Ancak çalışmanın sonuçları yorumlarken dikkate alınması gereken diğer bazı sınırlılıkları göz önünde bulundurmak doğru bir yaklaşım olacaktır. Örneğin çalışmanın süresi 6 haftayı kapsıyordu ve süre nispeten kısaydı. Elde ettiğimiz sonuçların daha uzun bir antrenman süresi boyunca değişip değişmeyeceği açık değildir. Ayrıca, antrenman protokolünü bozmamak için çalışmanın ortasında test yapmamayı tercih ettik. Bu durum süreklilik sağlasa da sonuçlar zaman sürecini değerlendirmemizi engelledi ve bu nedenle çalışmanın ilk haftalarında daha büyük kazanımların olup olmadığı veya zaman içinde tutarlı bir şekilde mi oluştuğunu belirlememize engel oldu. Ayrıca katılımcıların beslenmelerini takip etmedik. Kalori fazlalığı yaratan diyetlerin, anabolik süreçleri kolaylaştırarak ve ağır antrenmana cevap olarak kas hipertrofisini optimize etmesi daha olası olacağından ortaya çıkan sonuçları etkilemiş olabileceğini düşünmekteyiz (Lambert ve ark., 2014).

KK (Kas Kalınlığ) bulguları biceps brachii'ye ve triceps brachii'ye özgüdür. Çalışmamızda kullandığımız antrenman protokollerine diğer kasların farklı tepki verip vermeyeceği açık değildir. Tıpkı kas sertliği ölçümünde olduğu gibi biceps brachii kalınlığı da kasın orta kısmından ölçülmüştür. Bu bölgenin genel olarak belirli bir kasın genel büyümesinin göstergesi olduğu düşünülse de araştırmalar hipertrofinin bazen proksimal veya distal yönlerde görülen daha büyük kazanımlarla birlikte bölgeye özgü bir şekilde ortaya çıktığını göstermektedir (Wakahara ve ark., 2013).

Çalışmamızda karşılaştırdığımız 4X12, 8X6 ve EMS antrenmanı stratejilerinde hedeflediğimiz set ve tekrar sayılarında istemli tükenişi yakalamak açısından kullanılan yükler, direnç antrenman programlarındaki tüm katılımcılar tarafından benzer bir stresli uyaranın üstlenilmesinin sağlanmasına dayanmaktadır (Dankel ve ark., 2017). İstemli tükenişe kadar direnç antrenmanı yapmak, denekler arası dayanıklılık kapasitesiyle ilgili bireysel değişkenliği ortadan kaldırmanın bir yolu olduğunu düşünmekteyiz (belirli bir göreceli yükte farklı sayıda tekrarı tamamlayabilen bireyler). Bu nedenle, nöromüsküler adaptasyonlar için istemli tükenişe kadar egzersiz yapmak zorunlu olmasa da (Izquierdo ve ark., 2006), farklı

direnç antrenmanı yük protokollerinin etkinliğini karşılaştırmak için gerekli bir strateji olduğunu düşünmekteyiz.

Literatürü incelediğimizde az sayıda çalışmanın, farklı direnç antrenmanlarını takiben kastaki değişiklikleri belgelemeye çalıştığını görmekteyiz. Bazı araştırmalar, kasın kesit alanındaki değişiklikleri ölçmek için dolaylı yöntemler kullanmış (manyetik rezonans görüntüleme ve ultrason taraması) ve genç erkeklerde (Chestnut ve Docherty, 1999), genç kadınlarda (Hisaeda ve ark., 1996), benzer alan ve kuvvet adaptasyonları bildirmiştir.

Sonuç olarak, hacimi eşitlenmiş bu 3 antrenman protokolleri arasında kas hacmindeki nispi artışta bir fark olmadığını görmekteyiz. Öte yandan, 8x6 antrenman protokolünün antrenman süresi diğer protokollere göre daha uzundu. 6TM için ağır antrenman yükü kullanmak gerektiğinden uzun vadede kas-iskelet sistemi yaralanmalarına maruz kalma durumlarıyla karşılaşılabileceğini düşünmekteyiz. Bu bulguları göz önünde bulundurarak ve pratik bir bakış açısıyla, 4x12 antrenman protokolünün hem kas gücü kazanımı hem de hipertrofiye ihtiyaç duyan rekreasyonel ve yarışma sporcuları için faydalı olacağını düşünmekteyiz. Çalışmamızın genel bilgiler bölümünde anlattığımız diğer direnç antrenman tekniklerinin de kullanılması ve antrenman çeşitliliğinin arttırılması kas hipertrofisini maksimize etmek için faydalı olacaktır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmamızdan elde ettiğimiz bulgulara göre 6 haftalık (haftada 2 antrenma) hacmi eşitlenmiş direnç antrenmanı protokollerinin (4x12, 8x6 ve EMS) her birinin çalışmamızın birincil hedefi olan kas hipertrofisinde önemli bir artış sağladığını ancak, gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığını söyleyebiliriz. Buna ilaveten yine elde ettiğimiz bulgulara göre 1TM kuvvet artışının bu 3 antrenman tekniği ile gelişebildiğini ve aralarında anlamlı bir fark olmadığını görmekteyiz.

Yukarıda bahsedilen tüm çalışmalar göz önüne alındığında, kas hipertrosine yönelik etkili antrenman; mekanik gerilim ve metabolik stresin bir kombinasyonunu içermelidir. Özetleyecek olursak, kas büyümesini en üst düzeye çıkarmak isteyen bireyler için temel almaları gereken bir konu da dinlenme süreleridir. Kısa dinlenme aralıkları (60 saniye) ve orta yoğunlukta şiddet (%60−80 1TM) ile altı ila 12 tekrardan içeren çoklu setlerden (3−6) oluşan hipertrofiye yönelik direnç egzersizleri yapılmalıdır. Antrenmansız bireyler için, sakatlanma riskini en aza indirmek ve egzersiz tekniklerini doğru bir biçimde kavramalarına yardımcı olmak için daha hafif bir antrenman yükü kullanmak, aynı zamanda güç ve hipertrofi kazanımı sağlamak açısından faydalı olabilir. Bununla birlikte, birkaç yıl düzenli direnç antrenmanı yapan bireylerin önemli nöromüsküler adaptasyonları sağlayabilmeleri için yüksek yüklere (4-6TM) ihtiyaç duyabileceği daha önceki çalışmalarda ortaya konmuştur. Ayrıca, antrenmanlı sporcular, platoları aşmak, monotonluğu önlemek ve antrenman süresini azaltmak için ek bir uyaran sağlamak adına gelişmiş direnç antrenmanı tekniklerini ve yöntemlerini entegre etmeyi düşünebilir. Kullanılacak bu teknik ve yöntemlerin çoğu, geleneksel yaklaşıma göre daha üstün bir hipertrofik yanıt göstermese de monotonluğu önlemek için bir alternatif olarak düşünülebilir. Antrenmanlarda zamanı verimli kullanmak ve düzenli yapılan antrenman programını rutini dışına çıkmak sadece monotonluğu aşmaya yardımcı olmaz. Aynı zamanda kullanılacak süper setler, drop setler, piramit setleri, ems gibi farklı uyaranlar hem kas gücünü hem dayanıklılığı hem de hipertrofiyi olumlu etkileyecektir.

Son olarak antrenman yaşı ile farklı antrenman yüklerine ve protokollerine verilen nöromüsküler yanıtın özgüllüğü arasındaki ilişki, daha fazla araştırma gerektiren bir alandır.

ÖZET

Farklı Direnç Egzersizlerinin Kas Hipertrofisi Üzerine Etkileri

Bu araştırmanın amacı farklı direnç antrenmanlarının kas hipertrofisi üzerine etkilerini incelemektir. Araştırmaya katılan deneklere antrenman öncesi ve 6 haftalık uygulamalı egzersiz programı sonrası kilo ölçümü, kol mezura ölçümleri ve ultrason ölçümleri yapılmıştır. Kas Hipertrofisini ve Kas Sertliğini (Elastografi) görüntülemek için Ultrason kullanılmıştır. Elde edilen veriler ön test ve son test olarak ayrı ayrı kodlanmıştır. Denekler 3 farklı egzersiz türü için (4x12, 8x6, Miha-EMS) 3 ayrı gruba rastgele dağıtılmıştır. Sonrasında deneklerin kilo ölçümü, kol ölçümleri, kas ölçümleri ve ultrason ölçümlerine ilişkin ön test ve son test sonuçları dahil oldukları antrenman türüne göre karşılaştırılmıştır. Bunun için Paired Sample t-Test (Bağımlı Örneklem t-Testi) uygulanmıştır. Daha sonra kilo ölçümü, kol ölçümleri, kas ölçümleri ve ultrason ölçümlerine ilişkin ön test ve son test arasındaki değişimin farkları alınmış ve bu farklılıkların antrenman türüne göre anlamlı fark gösterip göstermediğine bakılmıştır. Bu amaçla üç gruptan oluşan antrenman türüne göre anlamlı farklılık aramak için Tek Yönlü Anova testi ve post hoc testi olarak Tukey testi kullanılmıştır. Sonuç olarak 3 antrenman tekniğinin 6 haftalık antrenmanlar sonunda kas hipertrofisini, kas sertliğini ve 1TM gücü arttırdığını ancak antrenman grupları arasında bu parametreler için anlamlı bir fark olmadığını söyleyebiliriz.

Anahtar Kelimeler: Direnç Egzersizi, Kas Hipertrofisi, EMS

SUMMARY

Effects of Different Resistance Exercises on Muscle Hypertrophy

The main objective of this study is to analyze the effects of different resistance training on muscle hypertrophy. Weigh, arm tape masure and ultrasound measurements of the subjects of the study have been taken prior to and after the six-week hands-on exercise programme. Ultrasound has been used to monitör Muscle Hypertrophy and Muscle Firmness (Elastography). The data obtained has been coded as pre-test and post-test respectively. Subjects have been distributed to three groups for three different exercise types (4X12, 8x6, Miha-EMS). Afterwards, pre and post test results related to weigh, arm, muscle and ultrasound measurements of the subjects have been compared according to the type of training they involved in. This has been carried out by using Paired Sample t-Test (dependent sample t- Test). Later on, the differences between pre and post tests related to weigh, arm, mscle and ultrasound measurements have been taken and it has been analyzed if these changes constitute meaningful difference according to the training type. For this purpose, One-way Anova test and post hoc Tukey tests have been used in order to seek meaningful difference according to training type of three groups. As a result, it can be said that three training methods have increased muscle hypertrophy, muscle firmness and 1 Repeat Maximal (RM) strength at the end of 6-week training; however, no meaningful difference between training groups for these parameters has been observed

Keywords: Resistance Training, Muscle Hypertrophy, EMS

KAYNAKLAR

AHTIAINEN JP, LEHT M, HULM JJ, KRAEMER WJ, ALEN M, NYMAN K, HAKKINEN K (2011). Recovery after heavy resistance exercise and skeletal muscle androgen receptor and insulin-like growth factor-I isoform expression in strength trained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 25*. **3:** 767-777.

AKAGI R, TANAKA J, SHIKIBA T, TAKAHASHI H (2015). Muscle hardness of the triceps brachii before and after a resistance exercise session. A shear wave ultrasound elastography study. *Acta Radiologica*, **12:** 1487-1493.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and science in sports and exercise*, **3:** 687-708.

ANDERSON E, DURSTINE JL (2019). Physical activity, exercise, and chronic diseases. A brief review. *Sports Medicine and Health Science*, **1:** 3-10.

ANGLERIA V, UGRINOWITSCHB C, LIBARDI CA (2018). Are Resistance Training Systems Necessary to Avoid a Stagnation and Maximize The Gains Muscle Strength and Hypertrophy? *Science & Sports*, **2:** 65.e1—65.e16

ATABEK H (2012). Şiddeti Giderek Artan Direnç Egzersizin Oksidatif Stres Üzerine Etkisinin Direnç Egzersiz Antrenmanı Yapan ve Yapmayan Bireylerde İncelenmesi. ANADOLU ÜNİVERSİTESİ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı Eskişehir.

AVILA MA, BRASILEIRO JS, SALVINI TF (2008). Electrical stimulation and isokinetic training: Effects on strength and neuromuscular properties of healthy young adults. *Rev Bras Fisioter*, **12:** 435–440.

BAZGIR B, FATHI R, VALOJERDI MR, MOZDZIAK P, ASGARI A (2017). Satellite Cells Contribution to Exercise Mediated Muscle Hypertrophy and Repair. *Cell J*, **4:** 473-484.

BENTES CM, SIMAO R, BUNKER T, RHEA MR, MIRANDA H, GOMES TM, NOVAES JDS (2012). Acute effects of dropsets among different resistance training methods in upper body performance. *J Human kinetics*, **34:**105—11.

BERGER J, BECKER S, LUDVIG O, KEMMLER W, FROHLICH M (2020). Whole-body electromyostimulation in physical therapy: do gender, skinfold thickness or body composition influence maximum intensity tolerance? *J. Phys. Ther. Sci.* **32:** 395–400.

BERGER J, LUDWIG O, BECKER S, et al. (2020). Effects of an impulse frequency dependent 10-week whole-body electromyostimulation training program on specific sport performance parameters. *J Sports Sci Med.* **19:** 271–281.

BRIGATTO FA, LIMA LDM, GERMANO MD, AOKI MS, BRAZ TV, LOPES CR (2019). High Resistance-Training Volume Enhances Muscle Thickness in Resistance-Trained Men. Journal of strength and conditioning research.

CAMPOS GE, LUECKE TJ, WENDELN HK, TOMA K, HAGERMAN FC, MURRAY TF, STARON RS (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *European journal of applied physiology*, 88. **1:**50-60.

CASTANHEIRA RPM, FERREIRA-JUNIOR JB, CELES RS, ROCHA- JUNIOR VA, CADORE, EL IZQUIERDO M, BOTTARO M (2017). Effects of synergist vs. nonsynergist split resistance training routines on acute neuromuscular performance in resistance-trained men. *J Strength Cond Res.* 31. **12:** 3482–3488.

CHANDRASEKARAN B, GANESAN TB (2021). Sedentarism and chronic disease risk in COVID 19 lockdown – a scoping review. *Scott Med J.* **1:** 3-10.

CHAVES TS, DE CAMPOS BIAZON TMP, DOS SANTOS LME, LIBARDI CA (2020). Effects of resistance training with controlled versus self-selected repetition duration on muscle mass and strength in untrained men. *PeerJ*, **8:** e8697.

CHESTNUT JL, DOCHERTY D (1999). The effects of 4 and 10 repetition maximum weight-training protocols on neuromuscular adaptations in untrained men. *J Strength Cond Res*, **13***:* 353–359.

CICILIOT S, SCHIAFFINO S (2010). Regeneration of mammalian skeletal muscle. Basic mechanisms and clinical implications. *Curr Pharm Des*, **8:** 906–14.

CLARKSON PM, HUBAL MJ (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *Am J Phys Med Rehabil, 81*. **11:** S52–S69.

CLARKSON PM, NOSAKA K, BRAUN B (1992). Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Med Sci Sports Exerc*, 24. **5:** 512–520.

COLQUHOUN RJ, GAI CM, AGUILAR D, BOVE D, DOLAN J, VARGAS A, COUVILLION K, JENKINS NDM, AND CAMPBELL BI (2018). Training volume, not frequency, indicative of maximal strength adaptations to resistance training. *J Strength Cond Res*. 32. **5:** 1207–1213.

COLSON S, MARTIN A, VAN H.J (2000). Re-examination of training effects by electrostimulation in the human elbow musculoskeletal system. *Int J Sports Med* **21:** 281–288.

COSTA BDV, FERREIRA MEC, GANTOIS P, KASSIANO W, PAES ST, DE LİMA-JÚNİOR D, DE SOUSA FORTES L (2021). Acute effect of drop set, traditional, and pyramidal systems in resistance training on neuromuscular performance in trained adults. *J Strength Cond Res*, 35. **4:** 991-996.

CREWTHER B, KEOGH J, CRONIN J, COOK C (2006). Possible Stimuli for Strength and Power Adaptation Acute Hormonal Responses. Sports Med, 36. **3:** 215-238

CRUZ-JENTOFT AJ, BAEYENS JP, BAUER JM, BOIRIE Y, CEDERHOLM T, LANDI F, MARTIN FC, MICHEL JP, ROLLAND Y, SCHNEIDER SM, TOPINKOVA M, VANDEWOUDE M, ZAMBONI M (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing*, **39:** 412-23.

DAMAS F, LIBARDI CA, UGRINOWITSCH C (2018). The development of skeletal muscle hypertrophy through resistance training: The role of muscle damage and muscle protein synthesis. *Eur. J. Appl. Physiol*, 118. **3:** 485–500.

DANKEL SJ, JESSEE MB, MATTOCKS KT, MOUSER JG, COUNTS BR, BUCKNER SL, LOENNEKE JP (2017). Training to fatigue: the answer for standardization when assessing muscle hypertrophy? *Sports Medicine, 47*. **6:** 1021-1027.

DRUMMOND MD, SZMUCHROWSKI LA, GOULART KN, AND COUTO BP (2016). Effect of strength training on regional hypertrophy of the elbow flexor muscles. *Muscle Nerve.* **54:** 750–755.

DUMONT NA, BENTZINGER CF, SINCENNES MC, RUDNICKI MA (2015). Satellite cells and skeletal muscle regeneration. *Compr Physiol, 5*. **3:** 1027-1059.

FINK J, SCHOENFELD BJ, NAKAZATO K (2018). The role of hormones in muscle hypertrophy, *The Physician and Sportsmedicine,* **46:** 1, 129-134

FRANCAUX M, DELDICQUE L (2019). Exercise and the control of muscle mass in human. *European Journal of Physiology, 471*. **3:** 397–411

FREY JW, FARLEY EE, O'NEIL TK, BURKHOLDER TJ, HORNBERGER TA (2009). Evidence that mechanosensors with distinct biomechanical properties allow for specificity in mechanotransduction. *Biophys J. 97*. **1:** 347-356.

GENNISSON JL, DEFFIEUX T, MACE E, MONTALDO G, FINK M, TANTER M (2010). Viscoelastic and anisotropic mechanical properties of in vivo muscle tissue assessed by supersonic shear imaging. Ultrasound in medicine & biology, 36(5), 789-801.

GHARAHDAGHI N, PHILLIPS BE, SZEWCZYK NJ, SMITH K, WILKINSON DJ, ATHERTON PJ (2021). Links Between Testosterone, Oestrogen, and the Growth Hormone/Insulin-Like Growth Factor Axis and Resistance Exercise Muscle Adaptations. *Front. Physiol.* **11:** 621226. doi: 10.3389/fphys.2020.621226

GOLDBERG AL, ETLINGER JD, GOLDSPINK DF, JABLECKI C (1975). Mechanism of work-induced hypertrophy of skeletal muscle. *Medicine and science in sports,* 7. **3:** 185-198.

HACKETT DA AMIRTHALINGAM T, MITCHELL L, MAVROS Y, WILSON GC, HALAKI M (2018). Effects of a 12-week modified German volume training program on muscle strength and hypertrophy—a pilot study. *Sports, 6*.**1:** 7.

HAKKINEN K, PAKARINEN A (1993). Acute hormonal responses to two different fatiguing heavy-resistance protocols in male athletes. *Journal of Applied Physiology,* 74. **2:** 882-887.

HANDELSMAN DJ, HIRSCHBERG AL, BERMON S (2018). Circulating testosterone as the hormonal basis of sex differences in athletic performance. *Endocrine Rev. 39*. **5:** 803–829. doi: 10.1210/er.2018-00020

HIRONO T, IKEZOE T, TANIGUCHI M, TANAKA H, SAEKI J, YAGI M, ICHIHASHI N (2020). Relationship Between Muscle Swelling and Hypertrophy Induced by Resistance Training. *Journal of strength and conditioning research*.

HISAEDA H, MIYAGAWA K, KUNO SY, FUKUNAGA T, MURAOKA I (1996). Influence of two different modes of resistance training in female subjects. *Ergonomics, 39.* **6:** 842-852.

HONG AR, KIM SW (2018). Effects of resistance exercise on bone health. *Endocrinology and Metabolism, 33*. **4:** 435-444.

HOOPER DR, KRAEMER WJ, FOCHT BC, VOLEK JS, DUPONT WH, CALDWELL LK, MARESH CM (2017). Endocrinological roles for testosterone in resistance exercise responses and adaptations. *Sports Medicine, 47*. **9:** 1709-1720.

HORTOBAGYI T, LAMBERT J, SCOTT K (1998). Incomplete muscle activation after training with electromyostimulation. *Can J Appl Physiol*, **23:** 261–270.

HORWATH O, MOBERG M, LARSEN FJ, PHILP A, APRO W, EKBLOM B (2021). Influence of sex and fiber type on the satellite cell pool in human skeletal muscle. *Scand J Med Sci Sport*, **31:** 303–312.

HUSSAIN RNJR, SHARI M, RADZI NAAM, ADNAN A (2021). Comparison between Traditional Resistance Training and Whole-Body Electrical Stimulation in Improving Muscular Strength. *Jurnal Sains Sukan & Pendidikan Jasmani, 10.* **2:** 57-63.

HYLDAHL RD, HUBAL MJ (2014). Lengthening our perspective: morphological, cellular, and molecular responses to eccentric exercise. *Muscle Nerve,* **49:** 155–170.

IZQUIERDO M, IBANEZ J, GONZALEZ-BADILLO JJ, HAKKINEN K, RATAMESS NA, KRAEMER WJ, GOROSTIAGA EM (2006). Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. *Journal of applied physiology, 100.* **5:** 1647-1656.

JENKINS ND, MIRAMONTI AA, HILL EC, SMITH CM, COCHRANE-SNYMAN KC, HOUSH T J, CRAMER JT (2017). Greater neural adaptations following high-vs. low-load resistance training. *Frontiers in physiology,* **8:** 331.

JOANISSE S, LIM C, MCKENDRY J, MCLEOD JC, STOKES T, PHILLPS SM (2020). Recent advances in understanding resistance exercise training-induced skeletal muscle hypertrophy in humans. F1000Research, 9.

JOSHUA B, OLIVER L, STEPHAN B, MARCO B, WOLFGANG K, MICHAEL F (2020). Effects of an Impulse Frequency Dependent 10-Week Whole-body Electromyostimulation Training Program on Specific Sport Performance Parameters. *Journal of Sports Science and Medicine,* **19:** 271-281.

KAFKAS E.M, KURT C (2019). Hipertrofi: Rasyonel Hücresel Mekanizmalar. *Turkiye Klinikleri J Sports Sci.* 11. **1:** 41-54.

KARSTEN DB, FU YL, ZABALA DE, SEIJO DM, NACLERIO DF (2021). Impact of two high-volume set configuration workouts on resistance training outcomes in recreationally trained men. *J Strength Cond Res,* **35:** S136–S143.

KEMMLER W, KLEINODER H, FROHLICH M (2020). Whole-Body Electromyostimulation: A Training Technology to Improve Health and Performance in Humans? *journal Frontiers in Physiology.* **11:**523.

KEMMLER W, SCHLIFFKA R, MAYHEW JL, VON STENGEL S (2010). Effects of whole-body electromyostimulation on resting metabolic rate, body composition, and maximum strength in postmenopausal women: the Training and ElectroStimulation Trial. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 24.* **7:** 1880-1887.

KEMMLER W, TESCHLER M, WEIßENFELS A, BEBENEK M, FROHLICH M, KOHL M, VON STENGEL S (2016). Effects of whole-body electromyostimulation versus high-intensity resistance exercise on body composition and strength: a randomized controlled study. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.

KERN H, BARBERI L, LOFLER S, SBARDELLA S, BURGGRAF S, FRUHMANN H, MUSARO, A (2014). Electrical stimulation counteracts muscle decline in seniors. *Frontiers in aging neuroscience,* **6:** 189.

KRAEMER WJ, RATAMESS NA, NINDL BC (2017). Recovery responses of testosterone, growth hormone, and IGF-1 after resistance exercise. *J Appl Physiol,* **122:** 549 –558.

KRZYSZTOFIK M, WILK M, WOJDALA G, GOLAS A (2019). Maximizing muscle hypertrophy: a systematic review of advanced resistance training techniques and methods. *International journal of environmental research and public health, 16.* **24:** 4897.

KUBO K, IKEBUKURO T, YATA H (2020). Effects of 4, 8, and 12 repetition maximum resistance training protocols on muscle volume and strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 35*. **4:** 879-885.

LA SCALA TEIXEIRA CV, MOTOYAMA Y, DE AZEVEDO PHSM, EVANGELISTA AL, STEELE J, BOCALINI DS (2018). Effect of resistance training set volume on upper body muscle hypertrophy: are more sets really better than less? *Clinical physiology and functional imaging, 38*. **5:** 727-732.

LAMBERT CP, FRANK LL, EVANS WJ (2004). Macronutrient considerations for the sport of bodybuilding. *Sports Medicine, 34*. **5:** 317-327.

LU X, WANG Y, LU J, YOU Y, ZHANGA L, ZHU D, YAO F (2019). Does vibration benefit delayed-onset muscle soreness? a meta-analysis and systematic review. *Journal of International Medical Research, Vol. 47*.**1:** 3–18.

MANGINE GT, HOFFMAN JR, GONZALEZ AM, TOWNSEND JR, WELLS AJ, JAJTNER AR, STOUT JR (2017). Exercise-induced hormone elevations are related to muscle growth. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 31*. **1:** 45-53.

MANGINE GT, HOFFMAN JR, GONZALEZ AM, TOWNSEND JR, WELLS AJ, JAJTNER AR, STOUT JR (2015). The effect of training volume and intensity on improvements in muscular strength and size in resistance- trained men. *Physiological reports, 3*. **8:** e12472.

MATHENY JR, RW, NINDL BC, ADAMO ML (2010). Minireview: Mechano-growth factor: a putative product of IGF-I gene expression involved in tissue repair and regeneration. *Endocrinology, 151*. **3:** 865-875.

METHENITIS S, STERGOU I, ANTONOPOULOU S, NOMIKOS T (2021). Can Exercise-Induced Muscle Damage Be a Good Model for the Investigation of the Anti-Inflammatory Properties of Diet in Humans?. *Biomedicines, 9*. **1:** 36.

MORTON RW, MURPHY KT, MCKELLAR SR, SCHOENFELD BJ, HENSELMANS M, HELMS E, PHILLIPS SM (2018). A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *British journal of sports medicine, 52*. **6:** 376-384.

MURACH KA, CHRISTOPHER SF, TYLER JK, JACKSON JR, JONAH DL, SARAH HW, ESTHER ED, JOHN JM, CHARLOTTE AP (2018). Starring or Supporting Role? Satellite Cells and Skeletal Muscle Fiber Size Regulation. *Physıology 33*. **1:** 26–38.

MURAYAMA M, NOSAKA K, YONEDA T, MINAMITAN K (2000). Changes in hardness of the human elbow flexor muscles after eccentric exercise. *European journal of applied physiology, 82*. **5:** 361-367.

NARIC MV, HOPPELER H, KAYSER B, LANDONI L, CLAASSEN H, GAVARDI C, CERRETELL P (1996). Human quadriceps cross- sectional area, torque and neural activation during 6 months strength training. *Acta physiologica scandinavica, 157*. **2:** 175-186.

NINDL BC, KRAEMER WJ, MARX JO, TUCKOW AP, HYMER WC (2003). Growth hormone molecular heterogeneity and exercise. *Exercise and sport sciences reviews, 31*. **4:** 161-166.

NUNES JP, GRGIC J, CUNHA PM, RIBERIO AS, SCHOENFELD BJ, SALLES BF, CYRINO ES (2020). What influence does resistance exercise order have on muscular strength gains and muscle hypertrophy? A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Sport Science*. ISSN: 1746-1391

O'HAGAN FT, SALE DG, MACDOUGALL JD, GARNER SH (1995). Comparative effectiveness of accommodating and weight resistance training modes. *Medicine and science in sports and exercise, 27.* **8:** 1210-1219.

OLARESCU N.C, GUNAWARDANE K, HANSEN TK, MOLLER N, JORGENSEN JOL (2019). Normal Physiology of Growth Hormone in Adults. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK279056/#norm-physio-gh-adult.INTRODUCTION.

PEAKE J.M, NEUBAUER O, DELLA G. P, NOSAKA K. (2017). Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *J Appl Physiol 122:* 559–570, 2017.

PEARSON SJ, HUSSAIN SR (2015). A Review on the Mechanisms of Blood-Flow Restriction Resistance Training-Induced Muscle Hypertrophy. *Sports Med, 45.* **2:**187–200.

PINA FL, NUNES JP, SCHOENFELD BJ, NASCIMENTO MA, GERAGE AM, JANUARIO RS, OLIVERA AR (2020). Effects of different weekly sets-equated resistance training frequencies on muscular strength, muscle mass, and body fat in older women. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 34,* **10:** 2990-2995.

PRIESKE O, DALAGER T, HERZ M, HORTOBAGYI T, SJOGAARD G, SOGAARD K, GRANACHER U (2019). Effects of physical exercise training in the workplace on physical fitness: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine, 49*. **12:** 1903-1921.

RAISTENSKIS J, SIDLAUSKIENE A, STRUKCINSKIENE B, BAYSAL SU, BUCKUS R (2016). Physical activity and physical fitness in obese, overweight, and normal weight children. *Turk J Med Sci, 46.* **2:** 443-450.

RALSTON GW, KILGORE L, WYATT F, BUCHAN D, BAKER JS (2018). Weekly Training Frequency Effects on Strength Gain: A Meta-Analysis. *Sports Med. Open,* 4. **1:**36.

RANKE MB, WIT JM (2018). Growth hormone—past, present and future. *Nature Reviews Endocrinology, 14.* **5:** 285-300.

RIBEIRO AS, SCHOENFELD BJ, SOUZA MF, TOMELERI CM, VENTURINI D, BARBOSA DS, CYRINO ES (2016). Traditional and pyramidal resistance training systems improve muscle quality and metabolic biomarkers in older women: A randomized crossover study. Experimental Gerontology, **79:** 8-15.

RIBEIRO-OLIVEIRA A, BARKAN AL (2011). Growth hormone pulsatility and its impact on growth and metabolism in humans. In Growth Hormone Related Diseases and Therapy (pp. 33-56). Humana Press.

ROBBINS DW, YOUNG WB, BEHM DG (2010). The effect of an upper-body agonist-antagonist resistance training protocol on volume load and efficiency. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 24.* **10:** 2632-2640.

ROBERTS BM, NUCKOLS G, KRIEGER JW (2020). Sex differences in resistance training: A systematic review and meta-analysis. *J Strength Cond Res,* 34. **5:** 1448–1460.

ROIG M, O'BRIEN K, KIRK G, MURRAY R, MCKINNON P, SHADGAN B, REID WD (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *British journal of sports medicine, 43,* **8:** 556-568.

RUSSELL B, MOTLAGH D, ASHLEY WW (2000). Form follows function: how muscle shape is regulated by work. *Journal of Applied Physiology, 88.* **3:** 1127-1132.

SALE DG, MARTIN JE, MOROZ DE (1992). Hypertrophy without increased isometric strength after weight training. *European journal of applied physiology and occupational physiology, 64*. **1:** 51-55.

SARTORI R, ROMANELLO V, SANDRI M (2021). Mechanisms of muscle atrophy and hypertrophy: Implications in health and disease. *Nature Communications, 12*. **1:** 1-12.

SCHMIDTBLEICHER D, HARALAMBIE G (1981). Changes in contractile properties of muscle after strength training in man. *European journal of applied physiology and occupational physiology, 46*. **3:** 221-228.

SCHOENFELD BJ, CONTRERAS B, KRIEGER J, GRGIC J, DELCASTILLO K, BELLIARD R, ALTO A (2019). Resistance training volume enhances muscle hypertrophy but not strength in trained men. *Medicine and science in sports and exercise, 51*. **1:** 94.

SCHOENFELD BJ, CONTRERAS B, VIGOTSKY AD, PETERSON M (2016). Differential effects of heavy versus moderate loads on measures of strength and hypertrophy in resistance-trained men. *J Sports Sci Med, 15.* **4:** 715–722.

SCHOENFELD BJ, NICKERSON BS, WILBORN CD, URBINA SL, HAYWARD SB, KRIEGER J, TINSLEY GM (2020). Comparison of multifrequency bioelectrical impedance vs. dual-energy X-ray absorptiometry for assessing body composition changes after participation in a 10-week resistance training program. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 34.* **3:** 678-688.

SCHOENFELD BJ, RATAMESS NA, PETERSON MD, CONTRERAS B, SONMEZ GT, ALVAR BA (2014). Effects of different volume-equated resistance training loading strategies on muscular adaptations in well-trained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 28.* **10:** 2909-2918.

SOARES S, FERREIRA-JUNIOR JB, PEREIRA MC, CLETO VA, CASTANHEIRA RP, CADORE EL, BOTTARO M (2015). Dissociated time course of muscle damage recovery between single-and multi-joint exercises in highly resistance-trained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 29.* **9:** 2594-2599.

STONE MH, O'BRYANT H (1981). A hypothetical model for strength training.

SUCHOMEL TJ, NIMPHIUS S, STONE MH (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports medicine, 46.* **10:** 1419-1449.

SUCHOMEL TJ, WAGLE JP, DOUGLAS J, TABER CB, HARDEN M, HAFF GG, STONE MH (2019). Implementing eccentric resistance training—part 1: a brief review of existing methods. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology, 4.* **2:** 38.

TAKAHASHI Y (2017). The Role of Growth Hormone and Insulin-Like Growth Factor-I in the Liver. *Int. J. Mol. Sci. 2017, 18.* **7:** 1447.

TUFANO JJ, CONLON JA, NIMPHIUS S, BROWN LE, SEITZ LB, WILLIAMSON BD, HAFF G G (2016). Maintenance of velocity and power with cluster sets during high-volume back squats. *International journal of sports physiology and performance, 11*. **7:** 885-892.

ÜNLÜ G, ÇEVİKOL C, MELEKOGLU T (2020). Comparison of the effects of eccentric, concentric, and eccentric-concentric isotonic resistance training at two velocities on strength and muscle hypertrophy. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 34*. **2:** 337-344.

VATTER J, AUTHENRIETH S, MÜLLER S (2016). Ems consulting and training manual. Stuttgart: Glucker Kolleg.

VIEILLEVOYE S, POORTMANS JR, CARPENTIER A (2020). Effects of essential amino acids supplementation on muscle damage following a heavy-load eccentric training session. *Science & Sports, 35*. **5:** e125-e134.

VOLPE SL (2013). How to Increase Muscle Mass: What Does Science Tell Us?. *ACSM's Health & Fitness Journal, 17*. **5:** 35-36.

WACKERHAGE H, SCHOENFELD BJ, HAMILTON DL, LEHTI M, HULMI JJ (2019). Stimuli and sensors that initiate skeletal muscle hypertrophy following resistance exercise. *Journal of applied physiology, 126.* **1:** 30-43.

WAKAHARA T, FUKUTAN A, KAWAKAMI Y, YANAI T (2013). Nonuniform muscle hypertrophy: its relation to muscle activation in training session. *Med Sci Sports Exerc, 45*. **11:** 2158-65.

WANG J, KHODABUKUS A, RAO L, VANDUSEN K, ABUTALEB N, BURSAC N (2019). Engineered skeletal muscles for disease modeling and drug discovery. *Biomaterials,* **221:** 119416.

WEAKLEY JJ, TILL K, READ DB, ROE GA, DARRALL-JONES J, PHIBBS PJ, JONES B (2017). The effects of traditional, superset, and tri-set resistance training structures on perceived intensity and physiological responses. *European journal of applied physiology, 117*. **9:** 1877-1889.

WESTCOTT WL (2012). Resistance training is medicine: effects of strength training on health. *Current sports medicine reports, 11*. **4:** 209-216.

WILLARDSON JM (2007). The application of training to failure in periodized multiple-set resistance exercise programs. *Journal of Strength and Conditioning Research, 21*. **2:** 628.

WILLOUGHBY DS, SIMPSON S (1996). The effects of combined electromyostimulation and dynamic muscular contractions on the strength of college basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 10*. **1:** 40-44.

YANAGISAWA O, NIITSU M, KURIHARA T, FUKUBAYASHI T (2011). Evaluation of human muscle hardness after dynamic exercise with ultrasound real-time tissue elastography: a feasibility study. *Clinical radiology, 66*. **9:** 815-819.

EKLER

Ek 1. Etik Kurul İzni

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR
ETİK KURULU KARAR FORMU

ETİK KURUL BİLGİLERİ	
	ETİK KURULUN ADI
	AÇIK ADRESİ:
	TELEFON
	FAKS
	E-POSTA

PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ / UNVANI/ ADI SOYADI	Prof. Dr. Cengiz AKALAN
ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Farklı Direnç Egzersizlerinin Kas Hipertrofisi Üzerine Etkileri

KARAR BİLGİLERİ		
	Karar No: 2020/13	**Tarih: 24/06/2020**
	Yukarıda bilgileri verilen çalışmanın yapılmasında etik ve bilimsel açıdan sakınca olmadığına oy birliği ile karar verilmiştir.	