



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HIZA BAĞLI KÜMELENMİŞ İLAVE EKSANTRİK YÜKLEME
İLE GELENEKSEL İLAVE EKSANTRİK YÜKLEME
ANTRENMANININ KUVVETE YÖNELİK BİYOMOTOR
ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

MEHMET ERSÖZ

DOKTORA TEZİ

BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI
HAREKET VE ANTRENMAN BİLİMLERİ DOKTORA PROGRAMI

DANIŞMAN
Prof. Dr. SALİH PINAR

İSTANBUL-2022



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HIZA BAĞLI KÜMELENMİŞ İLAVE EKSANTRİK YÜKLEME
İLE GELENEKSEL İLAVE EKSANTRİK YÜKLEME
ANTRENMANININ KUVVETE YÖNELİK BİYOMOTOR
ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

MEHMET ERSÖZ

DOKTORA TEZİ

BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI
HAREKET VE ANTRENMAN BİLİMLERİ DOKTORA PROGRAMI

DANIŞMAN
Prof. Dr. SALİH PINAR

İSTANBUL-2022

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışması ile elde edilmemiş bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Mehmet ERSÖZ

TEŞEKKÜR

Öncelikle tecrübesi ve bilgisiyle her zaman yanımda olan; araştırmayı, bilgiye ulaşmayı ve her daim öğrenmeyi aşıl原因, sabırla ve içtenlikle bana destek veren danışmanım sayın Prof.Dr. Salih PINAR hocama teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen Doç. Dr. Gökhan DELİCEOĞLU hocama ve Doç. Dr. Sinan BOZKURT hocama teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Çalışmamın saha uygulamaları kısmında bana 14 hafta boyunca yardımcı olan beden eğitimi öğretmeni arkadaşlarım; Yusuf ŞİMŞEK, Ali Kemal YILDIRIM, Yunus Emre KAHVECİ, Enes AYGÜN hocalarıma çok teşekkür ediyorum

Feriköy spor kulübünün kapılarını bize açan çalışma yapmamıza imkan tanıyan sayın Şaban ACAR hocama çok teşekkür ediyorum.

Doktora eğitimim boyunca yol arkadaşlığı yaptığım desteğini hep yanımda hissettiğim ve İstatistiksel analizlerde bana yardımcı olan sayın Selman KAYA hocama çok teşekkür ediyorum.

Ayrıca çalışmamıza katılan Feriköy spor kulübünün oyuncularına ayrı ayrı çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

BEYAN.....	i
TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	vi
TABLO LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
EKLER LİSTESİ	xii
1.ÖZET.....	1
3. GİRİŞ VE AMAÇ	3
4. GENEL BİLGİLER.....	5
4.1. Eksantrik Kasılma	5
4.1.1. Düşük maliyetli ve yüksek eksantrik kasılma kuvveti.....	7
4.1.2. Aktif gerilme sırasında ve sonrasında artan kuvvetin fizyolojik mekanizmaları	7
4.1.3. Rezidüel kuvvet artışı	8
4.1.3.1. Çapraz köprü teorisi	8
4.1.3.2. Sarkomer uzunluklarının düzensizliği teorisi.....	9
4.1.3.2.1. Sarkomer uzunluklarının düzensizliği teorisine göre	10
4.1.3.3. Titin	11
4.1.3.3.1. Üç filamentli kas kasılma modeli	12
4.2. Eksantrik Antrenman	14
4.2.1. Eksantrik antrenmanda moleküler süreç	15
4.2.2. Eksantrik antrenmanın olumsuz yönleri	16
4.2.2.1. Eksantrik egzersize bağlı kas hasarı	17
4.2.2.2. Gecikmiş kas ağrısı	18
4.2.3. Tekrarlanan antrenman etkisi	20
4.2.3.1. Tekrarlanan antrenman etkisinin altında yatan mekanizmalar	20
4.2.3.2. Tekrarlanan antrenman etkisinin önemi.....	22
4.2.4. Eksantrik antrenmanın güç performans gelişimi üzerine etkisi	22
4.2.4.1. Uzama kılma döngüsü	23
4.2.4.1.1. Reaktif kuvvet indeksi	25
4.2.4.2. Eksantrik yarı-izometrik antrenman.....	26

4.2.4.3. Tempo eksantrik antrenman.....	27
4.2.4.3.1. Eksantrik antrenman 2/1 teknik	27
4.2.4.3.2. Eksantrik antrenman iki hareket tekniği	27
4.2.4.3.3. Eksantrik antrenman süper yavaş.....	28
4.2.4.3.3. Isoinertial antrenmanı	28
4.2.4.5. Trifazik antrenman	29
4.2.4.5.1. Eksantrik evre.....	30
4.2.4.5.2. İzometrik evre	30
4.2.4.5.3. Konsantrik evre	30
4.2.4.6. İlave eksantrik yük (İEY)	31
4.2.4.6.1. Supramaksimal İEY	32
4.2.4.6.2. Submaksimal İEY	32
4.2.5. Küme set	33
5. GEREÇ VE YÖNTEM	36
5.1. Araştırma Evreni ve Örneklem	36
5.1.1. Araştırmanın yeri ve süresi	36
5.1.2. Çalışmanın süresi	36
5.1.3. Problem cümlesi ve hipotezler.....	37
5.1.4. Deneklerin seçimi.....	37
5.1.5. Çalışmaya alınma kriterleri	38
5.1.6. Çalışmadan çıkarılma kriterleri	38
5.1.8. Katılımcı onam formu.....	39
5.2. Veri Toplama Araçları.....	39
5.2.1. Yöntem.....	39
5.2.2. Hareketin temposu	40
5.2.3. Antrenman protokolü	41
5.2.4. Antrenmanda uygulanacak hareketler	44
5.2.4.1. Hip thrust	44
5.2.4.2. Back squat.....	45
5.3. Gereç	48
5.3.1. Boy ve vücut ağırlığı ölçümleri	48
5.3.2. Maksimal kuvvet testi	48
5.3.3. 10-20-30 Metre sprint test.....	48

5.3.4. Illinois çeviklik testi	49
5.3.5. Drop jump test	50
5.3.6. Countermovement jump test	51
5.3.7. My jump2 akıllı telefon uygulaması	52
5.4.İstatistiksel analiz	55
6. BULGULAR	56
6.1. Katılımcıların Tanımlayıcı Bilgileri.....	56
7. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	72
7.1. Sonuç ve Öneriler.....	84
8.KAYNAKLAR	85
9. EKLER.....	117
11. ÖZGEÇMİŞ.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

İEY	İlave Eksantrik Yük
KİEY	Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük
GİEY	Geleneksel İlave Eksantrik Yük hızlı yavaş
H/Y	Hızlı/Yavaş
Y/H	Yavaş/Hızlı
DJ-RKİ	Drop Jump Reaktif Kuvvet İndeksi
CMJ	CounterMovement Jump
İÇT	İllinois Çeviklik Testi
YDB	Yön Değiştirme Becerisi
1MT	1 Maksimal Kuvvet
MAC	Miyozin Ağır Zincir
ATP	Adenozin Trifosfat
PEVK	Prolin, Glutamat, Valine, Lizinden Zengin Bölge
IG	İmmünoglobulin
Ca ²⁺	Kalsiyum
IGF-1	İnsülün Benzeri Büyüme Faktörü
EBKH	Egzersize Bağlı Kas Hasarı
GKA	Gecikmiş Kas Ağrısı
TAE	Tekrarlanan Antrenman Etkisi
DOMS	Delayed-onset Muscle Soreness
SBF	Sinir Büyüme Faktörünü
GNF	COX-2-Glial Hücre Dizisinden Türetilmiş Nörotrofik Faktör
HO-1	Hemoksijenaz-1

UKD	Uzama Kısılma Döngüsü
GTO	Golgi Tendon Organı
EYİ	Eksantrik Yarı İzometrik
EHA	Eklem Hareket Açıklığı



TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 1. Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük ve Geleneksel İlave Eksantrik Yük Antrenmanı arasındaki RKİ değerlerindeki farklılığa ilişkin Tekrarlı Ölçümler Anova Sonuçları	57
Tablo 2. Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük ve Geleneksel İlave Eksantrik Yük Antrenmanı arasındaki CMJ değerlerindeki farklılığa ilişkin Tekrarlı Ölçümler Anova sonuçları	59
Tablo 3. Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük ve Geleneksel İlave Eksantrik Yük Antrenmanı arasındaki İÇT değerlerindeki farklılığa ilişkin Tekrarlı Ölçümler Anova Sonuçları	61
Tablo 4. Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük ve Geleneksel İlave Eksantrik Yük Antrenmanı arasındaki 10m sürat değerlerindeki farklılığa ilişkin Tekrarlı Ölçümler Anova Sonuçları	63
Tablo 5. Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük ve Geleneksel İlave Eksantrik Yük Antrenmanı arasındaki 20 m sürat değerlerindeki farklılığa ilişkin Tekrarlı Ölçümler Anova Sonuçları	65
Tablo 6. Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük ve Geleneksel İlave Eksantrik Yük Antrenmanı arasındaki 30m sürat değerlerindeki farklılığa ilişkin Tekrarlı Ölçümler Anova Sonuçları	67
Tablo 7. Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük ve Geleneksel İlave Eksantrik Yük Antrenmanı arasındaki back squat değerlerindeki farklılığa ilişkin Tekrarlı Ölçümler Anova Sonuçları	69
Tablo 8. Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük ve Geleneksel İlave Eksantrik Yük Antrenmanı arasındaki hip thrust değerlerindeki farklılığa ilişkin Tekrarlı Ölçümler Anova Sonuçları	71
Tablo 9. KİEY _{H/Y} Grubunun Grup İçi Ön-Son Test Değerlerine İlişkin T-Testi Sonuçları	72
Tablo 10. KİEY _{Y/H} Grubunun Grup İçi Ön-Son Test Değerlerine İlişkin T-Testi Sonuçları	73
Tablo 11. GİEY _{H/Y} Grubunun Grup İçi Ön-Son Test Değerlerine İlişkin T-Testi Sonuçları	73
Tablo 12. GİEY _{Y/H} Grubunun Grup İçi Ön-Son Test Değerlerine İlişkin T-Testi Sonuçları	74

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1. Tek, izole bir sarkomerde zamanın bir fonksiyonu olarak Tavşan iskelet kasında sarkomer kuvvet-uzunluk ilişkisi	11
Şekil 2. Kas sarkomerlerinde titin ve diğer kas proteinlerinin yerleşimi	12
Şekil 3. Sargı filaman hipotezi	13
Şekil 4. Kas sarkomerlerinin pasif gerilmesi	14
Şekil 5. RKİ hesaplama formülü	27
Şekil 6. Ben ve tom'un eksantrik ve konsantrik eğimleri	30
Şekil 7. Trifazik dalgalı blok yöntem -Squat örneği	32
Şekil 8. İEY yükleme stratejileri için öneriler	34
Şekil 9. Literatürde kullanılan genel direnç antrenman paradigmalarının	36
Şekil 10. Grupların dağılımı	41
Şekil 11. 14 Haftalık Antrenman Planı	43
Şekil 12. Uygulanacak performans ölçüm testleri	44
Şekil 13. Eksantrik askı aparatı	44
Şekil 14. Hip Thrust hareketi	45
Şekil 15. Back squat hareketi	45
Şekil 16. Geleneksel ilave eksantrik yük grubu antrenman protokolü	46
Şekil 17. Kümelenmiş ilave eksantrik yük grubu antrenman protokolü	47
Şekil 18. 10-20-30m sürat testi	49
Şekil 19. Illinois çeviklik test parkuru	50
Şekil 20. Drop jump testi	51
Şekil 21. Countermovement jump test	52
Şekil 22. My jump2 uygulaması	54
Şekil 23. Back squat ve hip thrust 1MT ortalamaları	56
Şekil 24. Grupların DJ-RKİ performanslarının karşılaştırılması	58
Şekil 25. Grupların CMJ performanslarının karşılaştırılması	60
Şekil 26. Grupların İÇT performanslarının karşılaştırılması	62
Şekil 27. Grupların 10m sürat performanslarının karşılaştırılması	64
Şekil 28. Grupların 20m sürat performanslarının karşılaştırılması	66
Şekil 29. Grupların 30m sürat performanslarının karşılaştırılması	68

Şekil 30. Grupların back squat performanslarının karşılaştırılması

70

Şekil 31. Grupların Hip thrust performanslarının karşılaştırılması

72



EKLER LİSTESİ

	Sayfa No
Ek 1. Çalışmaya Alınma Ölçütleri Formu	116
Ek 2. Katılımcı Bilgilendirme Formu	117
Ek 3. Katılımcı Onam Formu	118
Ek 4. Etik Kurul Raporu	119



1.ÖZET

Hıza Bağlı Kümelenmiş İlave Eksantrik Yükleme İle Geleneksel İlave Eksantrik Yükleme Antrenmanının Kuvvete Yönelik Biyomotor Özellikler Üzerine Etkisinin İncelenmesi

Öğrencinin Adı : Mehmet ERSÖZ

Danışman Adı : Prof. Dr. Salih PINAR

Anabilim Dalı : Beden Eğitimi ve Spor

Amaç: İlave eksantrik yük (İEY) antrenmanlarını iki farklı set yapısında (küme set ve geleneksel set) ve iki farklı hızda (yavaş =3sn, hızlı<1sn) uygulamaların kuvvet ve güç çıktıları üzerine etkilerini karşılaştırmalı olarak incelemektir.

Gereç ve Yöntem: Çalışmaya Feriköy Spor Kulübünden en az 2 yıl kuvvet antrenmanı geçmişi olan ($\bar{X}_{\text{yaş}}$: 18,78±0,83 yıl, $\bar{X}_{\text{boyuzn}}$:173,34±7,23cm., $\bar{X}_{\text{vüc.ağr.}}$: 69,59±6,02 kg.) 32 amatör erkek futbolcu katılmıştır. Katılımcılar egzersiz protokolünün yürütülmesi için rasgele metod ile kümelenmiş ilave eksantrik yük grubu (KİEY, n=16) ve geleneksel ilave eksantrik yük grubu (GİEY, n=16) olarak iki ana gruba ayrıldı. Oluşturulan gruplar kendi içinde randomize bir şekilde yavaş/hızlı (Y/H) ve hızlı/yavaş (H/Y) olarak iki ara gruba ayrılmıştır; Hızlı ya da yavaş antrenman programı ile başlamanın performans çıktıları üzerine etkilerini görmek adına ara testlerin ardından grup içi çaprazlama yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen verilerin analiz kısmında homojeniteyi tespit etmek için Skewness ve Kurtosis değerleri ve Kolmogorov-Smirnov değerleri incelenmiştir. Gruplar arası ön, ara ve son test ortalamalarını karşılaştırmak için Tekrarlı Ölçümler için Anova testi kullanılmıştır. Tüm istatistiksel analizler için anlamlılık değeri $p<0.05$ olarak belirlenmiştir.

Bulgular: sekiz haftalık çalışmanın sonucunda drop jump-reaktif kuvvet indeksi (DJ-RKİ), countermovement jump (CMJ), 10-20-30m sürat, ve 1 MT (maksimal tekrar) test sonuçları arasında gruplar arası istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmüştür ($p<0.05$).

Sonuç: Sonuç olarak İEY çalışmalarında Küme Set kullanımı güç, sürat ve çeviklik gelişimi için tavsiye edilebilir.

Anahtar kelimeler: Eksantrik kasılma, küme set, sürat, güç, dikey sıçrama.

2.ABSTRACT

Investigation of the Effect of Speed-Dependent Clustered accentuated Eccentric Loading and Traditional accentuated Eccentric Loading Training on Biomotor Properties for Strength

Student's Name : Mehmet ERSÖZ

Supervisor : Prof. Dr. Salih PINAR

Department : Physical Education and Sports

Objective: The aim of this study is to compare the effects of accentuated eccentric load (AEL) trainings on strength and power outputs of two different set structures (cluster set and traditional set) and two different speeds (slow = 3 sec, fast < 1 sec).

Materials and Method: Participants with a minimum of 2 years of strength training background from Feriköy Sports Club ($\bar{X}$ Age:18.78 $\pm$ 0.83years, $\bar{X}$ height.:173.34 $\pm$ 7.23cm. $\bar{X}$ bw:69.59 $\pm$ 6.02 kg.) 32 amateur male football players participated. Participants were divided into two main groups as the clustered accentuated eccentric load group (CAEL, n=16) and the traditional accentuated eccentric load group (TAEL, n=16) for the execution of the exercise protocol. The created groups were randomly divided into two intermediate groups as slow/fast (S/F) and fast/slow (F/S) In order to see the effects of starting with a fast or slow training program on performance outcomes, the intragroup crossover method was used after the intermediate tests. In the analysis part of the data obtained, Skewness and Kurtosis values and Kolmogorov-Smirnov values were examined to determine the homogeneity. The Anova test for Repeated Measures was used to compare the pre-, mid- and post-test mean between groups. The significance value for all statistical analyzes was determined as $p<0.05$.

Findings: As a result of the eight-week study, there was a statistically significant difference between the groups in drop jump-reactive strenght index (DJ-RSI), countermovement jump (CMJ), 10-20-30m sprint, and 1RM (repetition maximal) test results ($p<0.05$).

Conclusion: As a result, the use of Cluster Sets in AEL work can be recommended for the development of strength, speed and agility.

Keywords: Eccentric contraction, cluster set, speed, power, vertical jump

3. GİRİŞ VE AMAÇ

Futbol dünyada en popüler olan spor branşları arasında yer almaktadır. Bunun en önemli nedenlerinden biri, futbolun hem oyuncuların hem de seyircilerin eğlenmelerine, zevk almalarına olanak sağlamasıdır (İnal, 2004). Futbol, yapısı gereği birçok biyomotorik özelliğe bir arada ihtiyaç duyan bir spor branşıdır. Aerobik kapasite, anaerobik kapasite, kuvvet, güç, sürat, çeviklik, denge gibi özellikler futbol için önemli sayılan biyomotorik özelliklerdir (Deliceoğlu, 2005).

Kuvvet futbol da, oyun içinde kullanılan en önemli faktörlerden biridir. Futbolda maç sırasında her oyuncu birçok dinamik harekete (kafa vuruşu yapma, rakip oyuncuyu durdurma, sprint, şut) hazır olmalıdır ve bunlar için üst düzeyde kas kuvveti ve kassal dayanıklılık özelliğinin gelişmiş olması beklenir. Dolayısıyla futbolda kuvvet ihtiyacı her zaman en üst seviyededir (Başpınar, 2009). Geleneksel kuvvet antrenmanları her ne kadar kuvvet gelişimi için etkili olsa da kuvvet türleri açısından spesifik olarak kuvvet antrenmanlarının çeşitlendirilmesi futbolda performans artırmak ve sakatlık risklerini azaltmak için oldukça önemlidir.

Son yıllarda futbolda kuvvet gelişimi için birçok farklı yöntem kullanılmıştır. Önemli birçok farklı antrenman yöntemlerinden biri olan “eksantrik antrenmanların” futbolda kas kuvveti, çeviklik, sürat ve patlayıcı güç gelişimi sağlamak ve sakatlık riskini azaltmak için oldukça faydalı olduğu yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur (Mjølnes, 2004; Fajardo, 2016; Arrones, 2018; Petersen, 2011). Eksantrik yüklenme yöntemlerinden biri de İlave Eksantrik Yük (İEY) yöntemidir. Bu yöntem antrenman sırasında kasılma fazlarına göre kasın eksantrik kasılma evresindeki yükün konsantrik fazdaki yüke göre arttırılarak çalışıldığı bir yöntemdir. Sporcuların eksantrik kasılma sırasında daha fazla kuvvet üretebildiği yapılan çalışmalarda görülmektedir.

Geleneksel kuvvet antrenmanlarında sporcular konsantrik ve eksantrik kasılmada aynı yükleri kaldırarak çalışmalarını gerçekleştirmektedir. İskelet kasının tepkisi büyük ölçüde mekanik uyarının büyüklüğü ile orantılı olduğu bilinmektedir. Eksantrik antrenmanlarla ilgili yapılan çalışmalarda eksantrik kasılma sırasında iskelet kasının tepkisinin daha çok olduğu görülmüştür. İEY, egzersizlerin doğal mekaniğinde minimum kesintiler yaparak, eksantrik kasılma sırasında sporcuya daha fazla yük

vererek kuvvet gelişimini hedefler. İEY yöntemi, daha hızlı miyozin ağır zincir (MAZ) izoformlarına kayma olduğuna ve IIX spesifik kas kesit alanında daha olumlu değişiklikler olduğuna dair kanıtlar vardır (Wagle ve ark, 2017).

İEY'nin atletik performansa etkisi değerlendirildiğinde birçok biyomotorik özelliği geliştirdiği görülmektedir. Yetişkinler üzerinde yapılan bir çalışmada, İEY'nin maksimal kuvvet ve horizontal sıçrama yeteneğini olumlu yönde geliştirdiği görülmüştür (Abdul, 2018). Bir başka çalışmada İEY'nin çoklu sıçrama (counter-movement jump) ve derinlik sıçraması (drop-jump) performanslarının akut ve kronik etkisine bakılmıştır. Çalışma sonucunda katılımcılarda dikey sıçrama performansında akut ve kronik olarak, drop-jump performansında ise akut olarak olumlu yönde performans artışı olduğu raporlanmıştır (Bridgeman, 2016). Yapılan çalışmalarda İEY'nin atletik performansta oldukça önemli olan diğer bir özellik olan yön değiştirme hızını da olumlu yönde geliştirdiği görülmüştür (Chaabene ve ark, 2018).

İEY'nin uygulamasındaki farklılıkları ortaya koymak amacıyla yapılan bir başka çalışmada ise İEY'yi ve geleneksel kuvvet antrenmanlarını yavaş ve hızlı tempolarda uygulayarak karşılaştırılmıştır. Yavaş tempoda uygulanan İEY'nin yine yavaş tempoda uygulanan geleneksel kuvvet antrenmanlarına göre sprint performansında ve drop-jumpta havada kalma süresinde artış görülmüş ve ayrıca hızlı tempoda uygulanan İEY ve yine hızlı tempoda uygulanan geleneksel kuvvet antrenmanlarında karşılaştırıldığında ise hızlı tempoda uygulanan İEY'nin reaktif kuvvet indeksinde daha fazla olumlu artış görülmüştür (Douglas ve ark, 2018).

Kuvvet ve güç gelişimi sağlamak için uygulanan bu yöntemlerden biri de küme set yöntemidir. Küme set yöntemi sporculara setler arasında dinlenmeler dışında set içinde de tekrarlar arasında 10-30 sn aralığında dinlenmeler koyarak, yorgunluğu azaltıp daha yüksek kas stresi yaşamasına izin vermektedir (Haff, 2008, Asadi, 2015).

Bu çalışmanın amacını; Hıza bağlı kümelenmiş ilave eksantrik yükleme ile geleneksel ilave eksantrik yükleme antrenmanının kuvvete yönelik biyomotor özellikler üzerine etkisinin incelenmesi, oluşturmaktadır.

4. GENEL BİLGİLER

4.1. Eksantrik Kasılma

Kasa uygulanan kuvvetin, kasın kendisi tarafından üretilen anlık kuvveti aştığında meydana gelen kasılma çeşididir. Bu da kasılma şekli kas-tendon sisteminin zorla uzamasına neden olur (Lindstedt ve ark., 2001).

İskelet kasları, kuvvet ve iş üretmek için mükemmel bir şekilde tasarlanmış makinelerdir. Kaslar kısaldığında yani konsantrik bir kasılma anında pozitif iş üretilir, çünkü kasın ürettiği kuvvet ve yer değiştirme aynı yöndedir. Eksantrik kasılmada ise kasların, ürettikleri kuvvet, kaslara etkiyen dış kuvvetten daha küçük olacak şekilde harekete geçerler, bu nedenle kaslar, ürettikleri kuvvete rağmen gerilir veya uzar. Bu durumlarda, kasların ürettiği kuvvetin yönü (kaslar kısılma eğiliminde), yer değiştirmesinin tersi yöndedir, bu nedenle “gerçekleştirilen” iş negatiftir (Faulkner, 2003). Yani eksantrik kasılma sırasında kas, harici bir yük tarafından geliştirilen enerjiyi emer (Abbott ve ark., 1952).

Konsantrik veya izometrik kasılmalarla karşılaştırıldığında, eksantrik kas kasılması, farklı adaptasyonlardan sorumlu olabilecek birkaç benzersiz özelliğe sahiptir (Guilhem ve ark., 2010 ; Duchateau ve Baudry, 2014).

1-Belirli bir açısal hız için diğer kasılma türlerine kıyasla eksantrik kasılma sırasında daha büyük kuvvetler üretilir (Hortobagyi ve Katch, 1990).

2-Eksantrik kasılmalar, konsantrik kasılmalardan daha az motor ünite aktivasyonu gerektirir ve belirli bir kas kuvveti için daha az oksijen ve enerji tüketir (Abbott ve ark., 1952).

3-Eksantrik egzersiz için gerekli metabolik maliyet, konsantrik olarak yapılan aynı egzersizden yaklaşık dört kat daha düşüktür. Aynı mutlak iş yükünde konsantrik egzersizle karşılaştırıldığında, eksantrik egzersizi takiben azalmış kardiyorespiratuar ve hemodinamik tepkiler rapor edilmiştir (Overend ve ark., 2000 ; Meyer ve ark., 2003).

Pek çok soru cevapsız kalsada, eksantrik kasılmaları kontrol eden nöral stratejilerin konsantrik veya izometrik kasılmalardan önemli ölçüde farklı olduğu kabul edilmektedir (Duchâteau ve Baudry, 2014).

Çapraz köprü teorisini kesin bir matematiksel çerçeve içinde formüle eden ilk kişi olan AF Huxley (1953), eksantrik kas hareketi için teorisinin eksikliklerinin farkındaydı ve çapraz köprü teorisi ile deneysel teori arasındaki tutarsızlığın nasıl farklılaştığını gösteren çeşitli yollar önerdi.

İzometrik ve konsantrik kas eylemi ile karşılaştırıldığında eksantrik kas hareketi için azaltılmış enerji maliyeti ile ilgili olarak, Huxley, çapraz köprülerin mutlaka çapraz köprü döngüsü başına 1 adenozin trifosfatın (ATP) hidrolizine bağlı olmadığını (izometrik ve konsantrik kasılmalar için varsayıldığı gibi), ancak eksantrik kasılmalarda hidrolize edilen 1 ATP başına çoklu çapraz köprü döngüleri olabileceğini öne sürdü (Huxley, 1953).

Bununla birlikte, çapraz köprü teorisi, eksantrik kasılmalar sırasında gözlenen iskelet kaslarının bazı temel özelliklerini açıklamakta başarısız olmuştur. Örneğin, orijinal çapraz köprü modelinde, eksantrik kuvvet ve enerji gereksinimleri için büyük ölçüde abartılı tahminler yapmıştır ve çapraz köprü modelleri, eksantrik kas kasılmasını takiben iskelet kaslarında gözlemlenen rezidüel kuvvet artışını doğal olarak hesaba katamamıştır (Edman ve ark., 1982; Walcott ve Herzog, 2008). Rezidüel kuvvet geliştirme, karşılık gelen uzunluk ve aktivasyonda tamamen izometrik bir kasılma sırasında elde edilen izometrik kararlı durum kuvvetine kıyasla, eksantrik bir kasılmayı takiben izometrik kararlı durum kuvvetindeki artış olarak tanımlanır. Çapraz köprü teorisi için ilk matematiksel çerçeveyi geliştiren Andrew Huxley, eksantrik kasılmalar için teorisinin eksikliklerini kabul etti ve “araştırma için geniş ve muhtemelen zor bir alan olduğunu belirtti. Eksantrik kasılmalara atıfta bulunarak; birtakım sürprizler içermesini bekliyorum’. Biraz kehanet gibi, eksantrik kasılmalarla ilgili olarak şunları söylemeye devam etti: “Kaslara zarar vermeden uzamanın gerçekleşmesine izin veren özelliklerin geliştiğini hayal ediyorum” (Huxley, 1980).

4.1.1. Düşük maliyetli ve yüksek eksantrik kasılma kuvveti

Fick, eksantrik kasılma sırasında bir kasta kuvvet oluşumunun, konsantrik kasılmadan daha büyük olduğu gözlemleyen ilk kişidir (Fick, 1882). Daha sonra ekstra kas kuvvetinin büyüklüğü Katz tarafından ölçülmüştür (Katz, 1939).

Bu gözlem, uzayan kasın çok daha az ısı (enerji) saldıgını gözlemleyen AV Hill'in sonuçlarıyla desteklenmiştir (Hill, 1960). Yapılan bir çalışmada iki sabit bisikleti arka arkaya bağlandı. Bir bisikletçinin ileri doğru pedal çevirirken diğerinin geriye doğru hareket eden pedalları frenleyerek bu ileri harekete direnmesi istendi. Pedalı ileri doğru çevirme sırasında, bacak kasları (örneğin kuadriseps) konsantrik olarak kuvvet üretirken, pedal hareketine direnmek eksantrik kas kasılmalarını oluşturur. Bu nedenle, iki hareket ve işin büyüklüğü çoğunlukla birbirinin zıttıydı, tek farklar pedal çevirme hareketinin modu (itme ve direnme), Çalışmanın sonuçları 'direnen' bisikletçinin oksijen tüketiminin, iten bisikletçinin oksijen tüketiminin yalnızca yaklaşık beşte birine kadar olduğunu gösterdi. Ayrıca bu sonuçlar açıkça göstermiştir ki eksantrik kasılma mekanizması sadece konsantrik kasılma mekanizmasının tersi değildir. Başka bir deyişle, konsantrik kasılmalar sırasında ATP tüketen kimyasal reaksiyonlar eksantrik kasılma sırasında tersine reaksiyonlara çevrilmedi (Elmer ve LaStayo, 2014).

4.1.2. Aktif gerilme sırasında ve sonrasında artan kuvvetin fizyolojik mekanizmaları

Eksantrik bir kasılma sırasında, aktif bir kas, lif veya miyofibril aktif olarak gerildiğinde, gerilme sırasında kuvveti önemli ölçüde artar. Germe sırasında gelişen bu ekstra kuvvetin bir kısmı, germe durduğunda azalır, ancak germe durduktan sonra kalan kuvvet, gerilmiş uzunluktaki izometrik kuvvetten önemli ölçüde daha yüksektir. Bu artık kuvvet (rezidüel kuvvet) kas ilk uzunluğuna dönene veya devre dışı bırakılana kadar devam eder (Edman ve ark., 1976).

4.1.3. Rezidüel kuvvet artışı

Bir iskelet kası eksantrik olarak kasıldığında, kas aynı uzunluktaki izometrik kasılmadan gelen kuvvetten nispeten daha yüksek bir kuvvet üretir, bu fenomen rezidüel kuvvet artışı olarak adlandırılır (Huxley, 1957 ; Huxley, Simmons, 1971).

Rezidüel kuvvet artışı kafa karıştırıcıdır çünkü klasik kuvvet-uzunluk ilişkisi ve kas alanındaki ana paradigmlar olan kayan filament kasılma teorisi ile doğrudan açıklanamaz. Aktif kasın gerilmesinden sonra devam eden kuvvetteki uzun süreli artışı veya rezidüel kuvvet artışını açıklamak için çok sayıda teori önerilmiştir (Minozzo ve Lira,2013; Edman ve ark.,1982).

Teoriler temel olarak 3 kategoriye ayrılır: (1) çapraz köprü teorisi, (2) sarkomer uzunluğu homojen olmama teorisi (3) titin temelli teoriler.

Bu teorilerin hiçbirinin kesin olarak reddedilemeyeceğini ve ayrıca bahsedilen bütün bu mekanizmaların hepsinin bir arada var olabileceği de savunulmaktadır. (Minozzo ve Lira, 2013)

4.1.3.1. Çapraz köprü teorisi

Aktif gerilmeyi takiben kuvvet artışı, çok çeşitli iskelet kası preparatlarında defalarca belgelenmiş olsa da (Campbell, 2011; Herzog, 2014) eksantrik kasılma sırasında çapraz köprü kuvvetinde bir artışı destekleyen daha az kanıt vardır (Minozzo ve Lira, 2013; Herzog, 2014). Çapraz köprü teorisine göre, çapraz köprü temelli kuvvetleri arttırmanın iki yolu vardır: (1) Bağlı çapraz köprülerin oranını artırarak veya (2) Çapraz köprü başına ortalama kuvveti artırarak ya da bu iki durumun bir kombinasyonu ile Çapraz köprü kuvvetlerini doğrudan kas sarkomerlerinde ölçmek teknik olarak imkansız olduğundan, çapraz köprü kuvvetlerinde olası değişiklikleri dolaylı ölçümlerden çıkarılmaya çalışılmaktadır. Bu nedenle, bağlı çapraz köprülerin miktarının modifikasyonu, sadece kuvvete göre sertlikte gözlemlenen bir modifikasyondan çıkarılabilir (Herzog, 2014). İzometrik ve eksantrik durumlardaki kas sertliğini karşılaştırmak, bazı çalışmalarda tahmin edildiği gibi çapraz köprü sertliğinin arttığını bulan çelişkili sonuçlar vermiştir (Herzog ve Leonard, 2000; Linari ve ark., 2000; Rassier ve Herzog, 2005). Kas sertliğinde fark olmadığını

söyleyen çalışmalar olduğu gibi (Julian ve Morgan, 1979) gerilmeden sonra sertlikte bir azalma olduğunu söyleyen çalışmalarda mevcuttur (Sugi ve Tsuchiya, 1981; Tsuchiya ve Sugi, 1988; Piazzesi ve ark., 1992). Bu gözlemlere dayanarak, çapraz köprülerin sayısındaki bir artışın rezidüel kuvvet artışını hesaba katması pek mümkün görünmüyor.

Gerilme sırasında enerjinin depolanmasının aksine, ince filamentlerin üzerindeki ve dışındaki çapraz köprülerin nispeten hızlı döngüsü, rezidüel kuvvet artışını açıklamak için temel bir teorik problem yaratır. Çapraz köprü başına üretilen kuvvette bir artış, çapraz köprülerin bir saniyenin kesirleri yerine dakikalarca aktin'e bağlı kalmasını gerektireceğinden (Herzog, 2014b) ve dinlenme uzunluğunun yaklaşık %300' ünden fazlası ile gerilmesi gerektiğinden olası görünmüyor (Pinniger ve ark., 2006; Herzog, 2014). Ayrıca; Kasın aktif uzaması sırasında tek başına çapraz köprüler enerji emilimini açıklayamaz (Linari ve ark, 2003). Kurbağa tibialis anterior kaslarının tek liflerinde bir termopil cihazı kullanarak (Linari ve ark, 2003), çapraz köprü esnekliğinin, germe sırasında ölçülen enerji emiliminin yalnızca ~%12'sinin açıklayabildiğini buldu. Tendon, kalın ve ince filament ve pasif titin elastikiyetini hesaba kattıktan sonra bile, emilen enerjinin sadece ~%34'ü açıklanabildi (Linari ve ark., 2003; Pinniger ve ark., 2006; Roots ve ark., 2007)

4.1.3.2. Sarkomer uzunluklarının düzensizliği teorisi

Sarkomer uzunluklarının tekdüze olmaması, gerilmeden sonra kuvvet artışını açıklamak için kullanılan ilk mekanizma olarak (Morgan, 1990), halen kabul edilmekte ve savunulmaktadır (Edman, 2012). Julian ve Morgan Sarkomer uzunluğunun tekdüze olmamasının artık kuvvet artışında rol oynadığına dair olası bir açıklama ve dolaylı kanıt sunan ilk çalışmalardan birini yapmıştır (Julian ve Morgan, 1979).

Sarkomer uzunluklarının düzensizliği teorisinin temellerinden biri, kuvvet-uzunluk ilişkisinin inen kolundaki dengesizlik olgusudur (Hill, 1953). Kararsız bir sistem, bireysel sarkomer uzunluklarındaki farklılıklara izin verir, bazı sarkomerler daha fazla uzar, zayıflar (azalan filament örtüşmesi nedeniyle) ve diğerleri de daha da güçlenir (artan örtüşme nedeniyle). "Daha zayıf" sarkomerler, "boyun eğdikleri"

kritik bir noktaya kadar uzamaya devam ederler; başka bir deyişle, "daha zayıf" sarkomerlerin çapraz köprüleri artık yeterli gerilimi koruyamazlar, bu da onların ayrılmasına (uzamasına) yol açar. Bu sarkomerler, pasif (kontraktil olmayan) elementlerin taşıdığı gerilim "güçlü" sarkomerlerin gerginliğine eşit olana kadar uzamaya devam eder ve bu durumda, "zayıf" sarkomerler "patlar". Kalan gerilme kuvveti şimdi, gerilimlerini "patlamış" sarkomerler aracılığıyla "ileten" daha güçlü sarkomerler tarafından belirlenmektedir. Böylece tüm sistemin kuvvet-uzunluk ilişkisi eğrisine dayanan ortalama sarkomer kuvveti tarafından tahmin edilenden daha büyük bir kuvvet sergilemesini sağlamaktadır (Morgan, 1994).

4.1.3.2.1. Sarkomer uzunluklarının düzensizliği teorisine göre

-Sarkomer uzunluk değişkenliği, gerilmeyi takiben izometrik kasılma sırasında olduğundan daha büyük olacaktır (şekil 1).

-Kuvvet geliştirme, kuvvet-uzunluk eğrisinin azalan koluyla sınırlandırılacaktır.

-Aktif gerilmeyi takip eden kuvvet, maksimum izometrik kuvveti aşmamalıdır.

-Kuvvet artışı tek bir sarkomerde gerçekleşemez, çünkü tanım gereği, sarkomer uzunluğu tekdüze olmayanların gelişmesi için çoklu sarkomerler gereklidir.

Bu tahminlerin her biri, mevcut önemli kanıtlarla çelişmektedir.

-Seri halindeki her sarkomerin uzunluğu tekli miyofibrillerde ölçüldüğünde, sarkomer uzunluklarının dağılımının, gerilmeden sonra kuvvet arttırılmış durumda, gerilmiş uzunluktaki izometrik kasılmalara göre daha düzgün olduğu bulunmuştur (Joumaa ve ark., 2008).

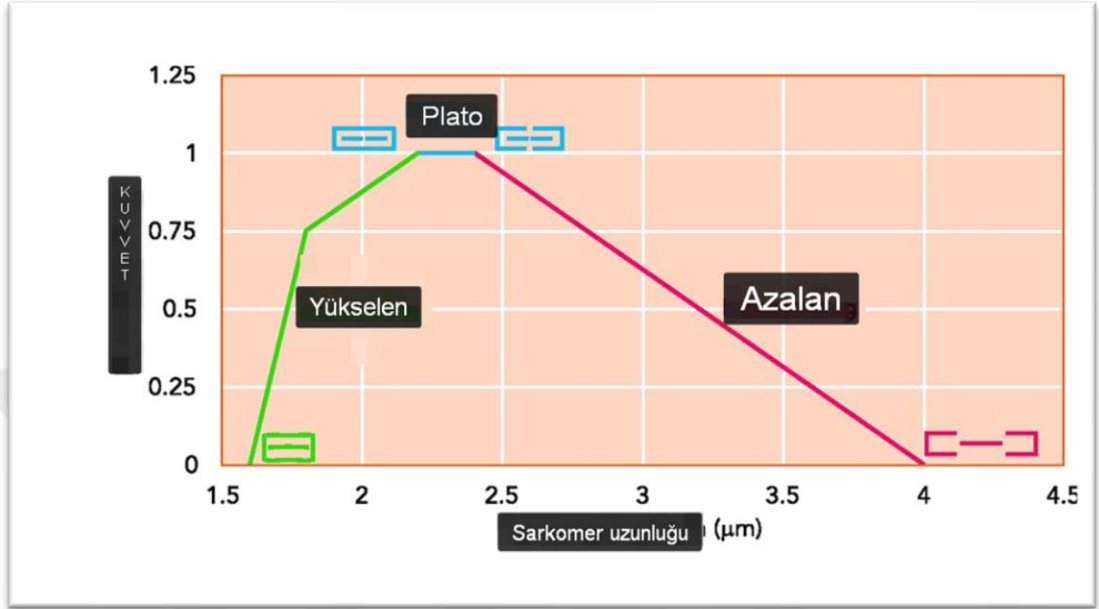
-Kuvvet artışı, küçük olsa da kuvvet-uzunluk ilişkisinin yükselen kolunda meydana gelir (Sugi, 1972 ; Pun ve ark., 2010).

-Aktif gerilmeyi takip eden kuvvetin, gerilmiş uzunluktaki izometrik kuvveti aştığı gözlemlenmiştir (Leonard ve ark., 2010).

-Yapılan bir çalışmada kuvvet artışı, tek sarkomerlerde meydana gelmiş ve izometrik referans kuvvetlerini neredeyse üç kat aşan kuvvetler üretmiştir (Leonard ve ark., 2010).

Uzunluk düzensizlikleri, tek bir yarım sarkomerin aktif gerilmesinde de gözlenir (Edman ve ark., Telley ve ark, 2006; Rassier,2012). Bununla birlikte, yarım sarkomer uzunluğundaki düzensizlikler nedeniyle kuvvette gözlemlenen artışların

büyüklüğü ve süresi, daha önce olduğu gibi aynı sınırlamaların çoğundan muzdarip olmanın yanı sıra, rezidüel kuvvet artışını hesaba katacak kadar büyük değildir (Stoecker ve ark., 2009; Campbell ve ark., 2011; Herzog, 2014).



Şekil 1. Tek, izole bir sarkomerde zamanın bir fonksiyonu olarak stres Tavşan iskelet kasında sarkomer kuvvet-uzunluk ilişkisi, ilişkinin yükselen (yeşil), plato (mavi) ve azalan (kırmızı) bölgelerini "sarkomerlerin" şematik temsilleriyle ve bunların önemli uzunluklar için aktin ve miyozin filamentleri arasındaki örtüşmelerini gösterir (Gordon ve ark., 1966' değiştirilerek kullanılmıştır).

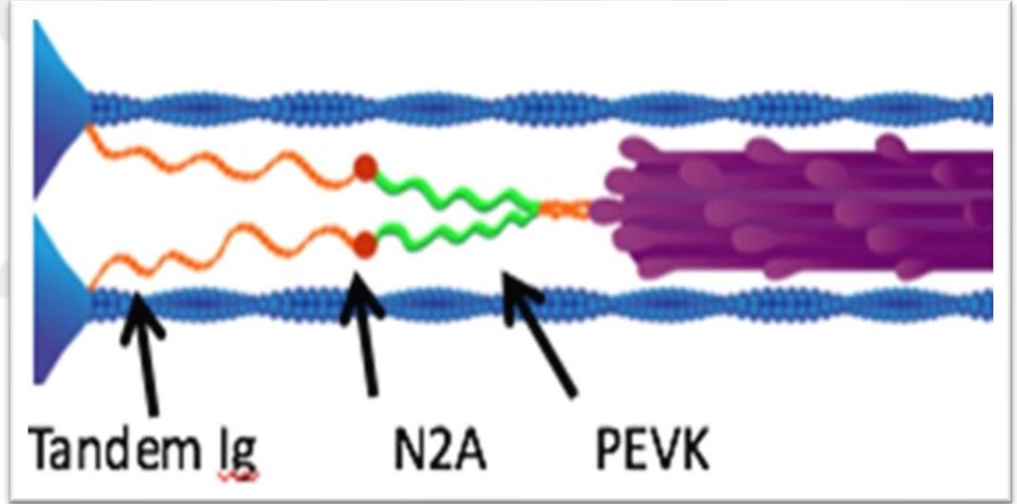
4.1.3.3. Titin

Titin, çizgili kas sarkomerinin içinde yer alan ve Z-diski ve M-bandı içinde yer alan ve yarım sarkomeri kaplayan dev bir proteindir. Sarkomerdeki bu yerleşim, titini benzersiz bir şekilde moleküler bir yay olarak hareket edecek şekilde konumlandırır (Labeit ve Kolmerer, 1995). Titin'in yay işlevi öncelikle sarkomerin I-band bölgesindeki elastik alanlar aracılığıyla düzenlenir. İskelet kasında, bu alanlar, seri olarak bağlanmış immünoglobulin (Ig) benzeri yapılardan ve PEVK; Prolin, Glutamat, Valine, Lizinden zengin bölgeden oluşan bir yay elemanından oluşur (Watanabe ve ark., 2002 ; Nagy ve ark., 2005). Titin'in yay benzeri davranışı, bitişik düzeniyle birleştiğinde, iskelet kasına pasif gerilim sağlar (şekil 2). Gerçekten de,

titinin tamamen çıkarılması, sarkomer yapısının ve pasif ve aktif gerilimin kaybıyla sonuçlanır (Horowitz ve ark., 1986 ; Radke ve ark., 2019).

Bugüne kadar, çalışmalar şunu göstermiştir:

- (1) Kuvvet gelişiminden önce aktive edilmiş iskelet kasında titin sertliği artar (Bagni ve ark., 2004 ; Rassier ve ark., 2015)
- (1) Titin sertliği, rezidüel kuvvet artışına katkıda bulunur (Leonard ve Herzog, 2010 ; Powers ve ark., 2014 ; Herzog ve ark., 2016); ve
- (2) Titin sertliği, kaslar devre dışı bırakıldıktan sonra birkaç saniye devam eder (Lee ve ark., 2007 ; Joumaa ve ark., 2008).

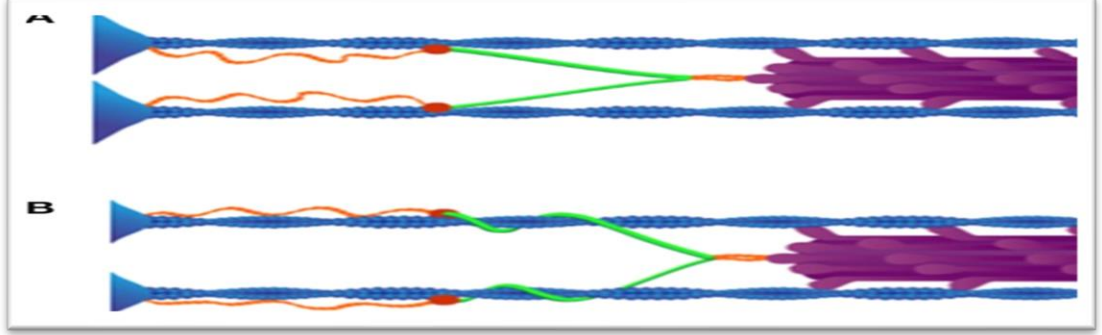


Şekil 2. Kas sarkomerlerinde titin ve diğer kas proteinlerinin yerleşimi. Her bir titin molekülü, z diskindeki ince filamentlere (mavi) ve A bandındaki kalın filamentlere (mor) bağlıdır. N2A segmenti (kırmızı), proksimal tandem Ig segmentleri (turuncu) ve PEVK segmenti (yeşil) arasında bulunur. (Hessel AL ve ark., 2017)

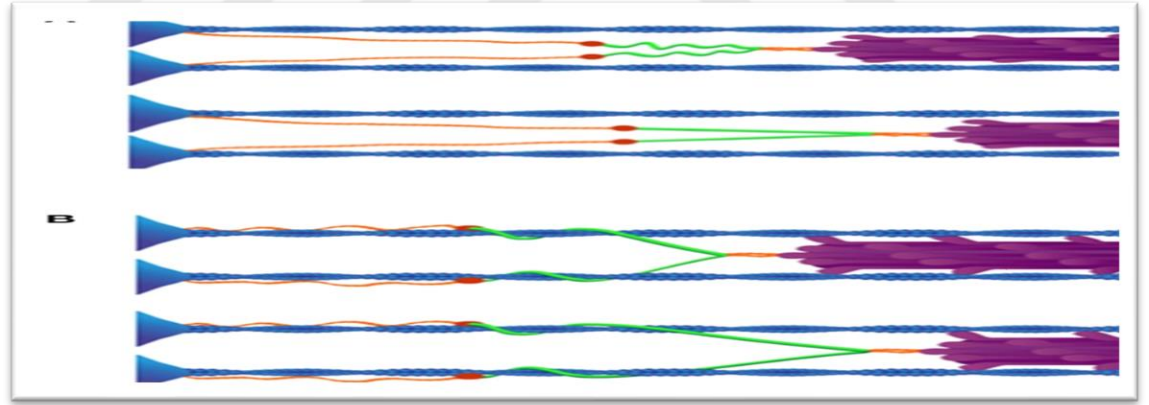
4.1.3.3.1. Üç filamentli kas kasılma modeli

Sarma filaman hipotezi olarak bilinen bu modelde hem Ca^{2+} akışı hem de çapraz köprü döngüsü ile birlikte aktif iskelet kası sarkomerlerinde titinin rolü için makul moleküler mekanizmalar sunar. Üç filamentli modelde, aktivasyon sadece çapraz köprülerin aktin filamentlerine bağlanmasına neden olmakla kalmaz, aynı zamanda

titinin spesifik bağlanma bölgelerinde kalsiyumu bağlamasına ve (şimdiye kadar bilinmeyen bir bölgede) aktine bağlanmasına neden olur (şekil 3, 4) (Nishikawa ve ark., 2012)



Şekil 3. Sargı filaman hipotezi. (A) Ca^{2+} akışı üzerine, N2A titin (kırmızı) ince filamentlere (mavi) bağlanır. (B) Aktif kaslardaki ince filamentler üzerinde çapraz köprüler (mor) oluşumu üzerine titinin PEVK bölgesi (yeşil) aktin üzerine sarılır. Gösterildiği gibi, aynı yarı sarkomerdeki tüm titinler, aktin filamentleri etrafında aynı yönde sarılmalıdır. (Hessel ve ark., 2017; Nishikawa ve ark., 2012)



Şekil 4. (A) Kas sarkomerlerinin pasif gerilmesi. Bir sarkomer gevşek uzunluğunun ötesine gerildiğinde, proksimal tandem Ig segmentleri yaklaşık olarak kendi kontur uzunluklarına kadar açılır. Proksimal tandem Ig segmentleri kontur uzunluklarına ulaştıktan sonra, daha fazla germe PEVK segmentini uzatır (Granzier ve Labeit, 2004; Hessel ve ark., 2017).

(B) Kas sarkomerlerinin aktif gerilmesi. Aktivasyon üzerine N2A titin, aktine bağlanır (yukarıda). N2A'nın ince filamentlere bağlanması nedeniyle aktif kas gerildiğinde (aşağıda) yalnızca PEVK segmenti (yeşil) uzanır (Hessel ve ark., 2017; Nishikawa ve ark., 2012).

4.2. Eksantrik Antrenman

Spesifik fizyolojik ve mekanik özellikleri nedeniyle, eksantrik egzersiz yöntemleri birçok alanda artan bir ilgi görmüştür (Croisier ve ark., 2002; Kjaer ve Heinemeier, 2014; Vogt ve Hoppeler, 2014).

Yaşlı bireylerden veya hastalardan oluşan özel popülasyonlarda eksantrik egzersizin faydalarına ilişkin birçok kanıt bulunmaktadır (Roig ve ark., 2008; Gault ve Willems, 2013; Isner-Horobeti ve ark., 2013; Hylldahl ve Hubal, 2014).

Aslında, eksantrik kasılmanın iki ana tanımlayıcı özelliği olan “en yüksek kuvvetler ve daha düşük enerji gereksinimi”, eksantrik egzersizi geleneksel egzersizlere mantıklı bir alternatif haline getirir (Paschalis ve ark., 2013).

Uzun yıllar boyunca, eksantrik antrenmanlar sırasında maksimum kas kuvveti, güç ve koordinasyonu geliştirmek için performans antrenmanlarında büyük ölçüde kullanılmıştır. Sağlam kanıtlar, özellikle tendinopatilerin tedavisinde, spor rehabilitasyonu alanında eksantrik antrenman yöntemlerinin kullanılması büyük kabul görmektedir (Croisier ve ark., 2007; Kaux ve ark., 2013).

Ayrıca sporcularda eksantrik egzersizin uygulanması, birçok spor yaralanmasını önlemede etkinliğini göstermiştir (Croisier ve ark., 2002).

Araştırmalar ağırlıklı olarak yüksek yüklerin kullanıldığı eksantrik direnç antrenmanının ardından fonksiyonel sonuçlara odaklanmış olsada, düşük/orta yük kullanan çalışmalarında potansiyeli son yıllarda çok dikkat çekmiştir (LaStayo ve ark., 2014; Hoppeler, 2016).

Eksantrik antrenman, güçlü bir mekanik stresi daha düşük bir metabolik maliyetle sağladığından kas kaybı ve kas gücü, hareketlilik ve aerobik kapasitede azalma ile ilişkili tıbbi durumları olan bireylerin egzersiz planlarında kullanılması uygun görülmektedir (Hoppeler, 2016; Lastayo ve ark., 1999).

Hastalara eksantrik eğitimler giderek daha fazla önerilmektedir. Özellikle Kalp-solunum sorunları, yaşlılık sarkopenisi, kaşeksi, tip 2 diyabet, nörolojik ve kas-iskelet sistemi hastalıkları olan hastaların egzersiz planlarında yer almaktadır (Julian ve ark., 2018).

Ayrıca eksantrik egzersiz, kas fonksiyonu üzerindeki olumlu etkilerinin yanı sıra, kas enerji metabolizması, insülin direnci ve kan lipid profili üzerinde spesifik etkiler

oluşturarak hastalık risklerini azalttığı bu nedenle obezite ve dislipidemilerle mücadele için umut verici bir yaşam tarzı faktörü olarak kabul edilmektedir (Paschalis ve ark., 2010; Julian ve ark., 2018).

4.2.1. Eksantrik antrenmanda moleküler süreç

Diğer kasılma türlerine kıyasla önemli sayıda kanıt, konsantrik kasılmalarla karşılaştırıldığında, kronik olarak gerçekleştirilen eksantrik kasılmaların kuvvet, kas kütlesi ve nöral adaptasyonlarda daha büyük kazanımlar sağladığını göstermektedir (Reeves ve ark., 2009 ; Roig ve ark., 2009).

Bu kazanımlardan sorumlu mekanizmalar, gen ekspresyonundaki modifikasyonlarla vurgulanmıştır. Gerçektende, iskelet kasında egzersize bağlı adaptasyon süreci, bir dizi yeni proteine daha sonra translasyonu mümkün kılan spesifik genlerin transkripsiyonunu başlatan çoklu sinyal mekanizmalarını içerir (Coffey ve Hawley, 2007).

Birkaç çalışma, eksantrik ve konsantrik kasılmaların insanlarda (Kostek ve ark., 2007) ve sıçanlarda (Chen ve ark., 2002) farklı kas moleküler yollarını aktive ettiğini bildirmiştir. Eksantrik egzersizin, kas hücresi hipertrofisi süreçlerinde yer alan hücresel büyüme ve gelişmeden sorumlu genlerin ilerleyici bir aktivasyonunu tetiklediği gösterilmiştir (Chen ve ark., 2002; Barash ve ark., 2004 ; Kostek ve ark., 2007). Ayrıca Eksantrik olarak çalıştırılan kaslardaki transkriptom analizleri egzersizden 96 saat sonrasına kadar lökositlerin varlığı, bağışıklıkla ilgili sinyalleşme ve intramüsküler hücre dışı matrisin adaptif yeniden şekillenmesi ile ilgili önemli transkripsiyonel aktiviteyi ortaya çıkardı (Neubauer ve ark., 2014). Konsantrik veya izometrik kasılmalarla karşılaştırıldığında, eksantrik kasılmaların kas hücresi aktivitesini ve anabolik sinyal yolunu daha büyük ölçüde düzenlediği görülmektedir (Douglas ve ark., 2017).

Eksantrik egzersiz sırasında kasılan kas zorla gerilir ve daha yüksek mekanik gerilim ve kas mikrolezyonları üretilir. Mitojenle aktive olan protein kinaz, gen ekspresyonu ve kas hipertrofisi için bir ana sinyal yoludur (Kramer ve Goodyear, 2007) ve mekanik gerilime ve hücre altı kas hasarına en duyarlı olduğu kabul edilir (Aronson ve ark., 1997). Mitojenle aktive olan protein kinaz, büyüme ve farklılaşmayı

değiştirerek hücresel stresi miyositlerde adaptif bir yanıtla ilişkilendirir (Schoenfeld, 2010; Roux ve Blenis, 2004). İnsülin benzeri büyüme faktörü de kas hipertrofisi için anahtar faktör olarak kabul edilir ve mekanik yüklenmeye yanıt olarak gelişmiş etkiler gösterir (Hameed ve ark., 2004, Brahm ve ark., 1997). İnsülin benzeri büyüme faktörü, egzersiz eğitimine IGF-1Ea izoformunun mekanik yanıtı yoluyla kas hipertrofisine katkıda bulunur ve mekanik sinyaller ve hücre altı kas hasarı tarafından aktive edilmiş gibi görünmektedir (Hameed ve ark., 2004; Yang ve ark., 1996). Mekanik stimülasyon, IGF-1 geninin IGF-1Ea izoformuna bağlanmasına neden olabilir, bu da IGF-1Ea mRNA ekspresyonunu (Yang ve Goldspink, 2002) ve kas hipertrofisini (Hill ve Goldspink, 2003) artırır.

Eksantrik egzersizi takiben kas hipertrofisi, diğer gerginliğe duyarlı anabolik yollarla da açıklanabilir. Örneğin, testosteronun kas hipertrofisi üzerindeki etkileri, ya doğrudan protein sentezi oranını artırarak ve protein yıkımını engelleyerek (Buresh ve ark., 2009) ve/veya büyüme hormonu gibi diğer anabolik hormonların salınımını uyarak dolaylı olarak mekanik yükleme ile artırılır (Crewther ve ark., 2006). Yüksek yoğunluklu eksantrik egzersizin insanlarda androjen reseptör içeriğini yukarı regüle ettiğini ve androjen reseptör içeriğinin modülasyonunun ağırlıklı olarak hızlı kasılan kas liflerinde meydana geldiği bildirmiştir (Bamman ve ark., 2001; Bricout ve ark., 1994). Buna göre Ahtiainen ve ark. (Ahtiainen 2003), antrenman yoğunluğu, testosteron konsantrasyonu ve kas kesit alanı arasında, testosteronda yüksek yoğunluklu eksantrik egzersizin neden olduğu yükselmenin kas hipertrofisine önemli bir katkıda bulunduğunu gösteren önemli ilişkiler bildirdi.

4.2.2. Eksantrik antrenmanın olumsuz yönleri

Eksantrik egzersizin kullanımı, potansiyel istenmeyen etkileri nedeniyle sıklıkla zıt görüşlere de konu olmuştur. Gerçekten de eksantrik egzersiz, sağlıklı bir kasta, diğer egzersiz türlerinden daha fazla kas hasarına ve olumsuz fonksiyonel sonuçlara neden olabilir (Friden ve Lieber, 1992).

Eksantrik kasılmalar sırasında yüksek kuvvet ve lif sayısının azaltılmış alımı nedeniyle aktif kas liflerinde fokal mikro lezyonlara yol açabilecek yüksek bir mekanik strese neden olur (Lieber ve Friden, 1999).

Çok sayıda çalışma, yoğun veya alışılmamış eksantrik egzersizi takiben miyofibriller bozulma ve nekroz ile birlikte yaygın Z-hattı akışını tanımlamıştır (Friden ve Lieber, 1998 ; Crameri ve ark., 2007; Lauritzen ve ark., 2009).

Eksantrik kasılmalar, Sarkomerik düzensizlik, sarkolemma ve hücre dışı matristeki bozulmalar, mitokondrilerin şişmesi, enine tübül sisteminin genişlemesi ve sarkoplazmik retikulumun parçalanması ile ilişkilendirilmiştir (Takekura ve ark., 2001; Crameri ve ark., 2004).

Yeni bir eksantrik egzersizin ardından hücre dışı matris ve bağ dokusu bileşenlerinde hasar meydana gelir (Brown ve ark., 1997 ; Crameri ve ark., 2007).

Egzersizden hemen sonra gözlemlenen morfolojik anormallikler, kademeli olarak daha fazla sayıda kas lifine yayılır ve egzersizden 2-3 gün sonra şiddetlenir (Friden ve ark., 1983a).

Hem insan hem de hayvan çalışmaları, Tip II (özellikle IIb) kas liflerinin, eksantrik egzersizden sonra Tip I liflerden daha fazla hasar gördüğünü desteklemiştir (Friden ve ark., 1983b; Jones ve ark., 1986; Lieber ve Friden, 1988).

Tip II liflerin egzersize bağlı kas hasarına (EBKH) daha yüksek duyarlılığını açıklayabilmek adına ortaya konan gerekçeler arasında yapısal bileşimlerindeki farklılıklar (Z-çizgisi, titin gibi lif tipine özgü protein izoformları), azaltılmış bir oksidatif kapasite, kalsiyum homeostazını düzenlemede daha düşük bir yetenek veya eksantrik kasılma sırasında hızlı kasılan kas liflerinin seçici alımı sayılabilir (McHugh ve ark., 1999a; Byrne ve ark., 2004).

4.2.2.1. Eksantrik egzersize bağlı kas hasarı

Egzersizle ilgili kas hasarı (EBKH) kendini gecikmiş kas ağrısı (GKA), sertlik, şişme ve kuvvet üretme kapasitesinde bir kayıp veya azalmış proprioseptif fonksiyon gibi çeşitli fonksiyonel eksiklikler dahil bir dizi klinik semptomla gösterir (Clarkson, 1992).

Egzersizle ilgili kas hasarı (EBKH) oluşumuyla ilgili riskler ve dezavantajlar göz önüne alındığında, klinik belirtilerin yoğunluğunu önlemek veya azaltmak için stratejilerin geliştirilmesi birçok çalışmanın birincil hedefi haline gelmiştir. En sık kullanılan yaklaşımlar arasında germe, kriyoterapi, elektrikli veya manuel terapiler,

tüm vücut titreşimi veya beslenme ve farmakolojik müdahaleler yer alır (Cheung ve ark., 2003 ; Barnett, 2006; Bloomer, 2007; Howatson ve van Someren, 2008).

Araştırılan bu uygulamaların dozu ve sıklığında tutarsızlıkların bulunması ve etkileri konusunda henüz net bir fikir birliği bulunmamaktadır. Fakat ilginç bir şekilde eksantrik egzersizin ilk uygulamasının, benzer egzersizin müteakip uygulamasını takiben EBKH 'ye karşı koruma sağladığına dair kesin kanıtlar vardır. " *Tekrarlanan antrenman etkisi* " (TAE), olarak adlandırılan bu kas adaptasyon süreci kandaki kas proteinlerinde azalma, GKA'da azalma, kas şişmesinde azalma ve kas gücü ve hareket açıklığında daha hızlı iyileşme ile karakterizedir. Tekrarlanan antrenmanın ardından Tek bir eksantrik uygulamadan sonra bile önemli bir koruyucu etki ortaya çıksa da (McHugh, 2003; Nosaka ve Aoki, 2011; Clarkson ve ark., 1992; Nosaka ve Clarkson, 1995), uyum süreci birkaç seanstan sonra daha net olmaktadır (Croisier ve ark., 1999; Hody ve ark., 2011). Ayrıca Eksantrik egzersizden sonra oluşan inflamatuvar reaksiyonlarının oluşumu; başlangıçta Zarar verici egzersizi takip eden iltihaplanma süreçleri, kas hasarı, ağrı ve gecikmiş iyileşme ile ilişkisi nedeniyle zararlı bir olay olarak kabul edildi, ancak şimdi inflamatuvar aşamalarının kasın EBKH'ye fonksiyonel iyileşmesi için çok önemli olduğu kabul ediliyor. Enflamasyon, yaralanan bölgeden doku kalıntılarının uzaklaştırılmasını sağlayacak ve kas hücrelerini aktive ederek kas onarımını destekleyecektir. (Crameri ve ark.,2004 ; Paulsen ve ark., 2012).

4.2.2.2. Gecikmiş kas ağrısı

Gecikmiş kas ağrısı, (GKA) bilinen ismiyle Delayed-onset muscle soreness (DOMS), genellikle etkilenen kasın palpasyonu, kasılması veya gerilmesi sırasında hissedilen hoş olmayan, donuk ağrıyı ifade eder. Bu tür kas ağrıları tipik olarak alışılmadık eksantrik egzersizden 12-24 saat sonra ortaya çıkar, kademeli olarak azalmadan önce 24 ile 72 saat arasında zirve yapar ve egzersizden sonraki 5-7 gün içinde kaybolur. İlginç bir şekilde, GKA yoğunluğu diğer EBKH dolaylı belirteçleri ile zayıf bir şekilde ilişkilidir (Nosaka ve ark., 2002).

GKA son derece yaygın bir semptom olmasına rağmen, GKA'nın neden gecikmeli olarak ortaya çıktığı ve eksantrik kasılmanın GKA'yi nasıl tetiklediği tam olarak anlaşılamamıştır. GKA mekanizmasını açıklamak için çeşitli hipotezler öne sürülmüştür. Bu hipotezler laktik asit salınımı, spazm, bağ dokusu hasarı, kas hasarı, iltihaplanma ve oksidatif stres olarak ortaya konmuştur (Hyldahl ve Hubal, 2014).

Uzun yıllar boyunca en yaygın olarak desteklenen hipotez, inflamatuvar yanıtla ilişkili biyokimyasal, termal ve mekanik değişikliklerin, daha sonra kas ağrısı hissinin kaynağında olabilecek küçük çaplı kas afferentlerini (tip III ve IV) duyarlı hale getirdiğiydi (Friden ve Lieber, 1992). Eksantrik kasılmaları takiben GKA gelişiminde bradikinin ve sinir büyüme faktörünü (SBF) önemli oyuncular olarak vurgulanmıştır (Murase ve diğerleri, 2013). Bir kemirgen modeli kullanarak, eksantrik egzersiz sırasında kastan salınan bradikinin benzeri bir maddenin, egzersiz yapan sıçan kaslarında SBF'yi B2 reseptörleri aracılığıyla yukarı regüle ederek kas mekanik hiperaljezi sürecini tetiklediğini gösterdiler. İnsanlarda, SBF'nin eksantrik egzersizi takiben ağrı oluşumunda ve güçlenmesinde rol oynadığı gösterilmiştir (Nie ve ark., 2009).

GKA gelişiminde yer aldığı düşünülen bir başka yol, COX-2-glial hücre dizisinden türetilmiş nörotrofik faktörün (GDNF) aktivasyonudur (Murase ve ark., 2013; Mizumura ve Taguchi, 2016). SBF yoluna benzer şekilde, bu ajan muhtemelen doğrudan kas nosiseptörlerini uyararak veya hücre dışı reseptörlere bağlanarak kas mekanik hiperaljezisi oluşturur. Enflamasyonu ve GKA'yi başlatmak için miyofiber mikro hasarının gerekli olduğuna inanılırken, bazı çalışmalar eksantrik egzersizlerden sonra herhangi bir kas hasarı belirtisi olmadan mekanik hiperaljezi bildirdi. Bu, GKA'da SBF ve GDNF'nin önemli rollerini destekler ve mekanik hiperaljezi gelişiminin hücre dışı matristeki iltihaplanma ile ilişkili olabileceğini düşündürür (Peake ve ark., 2017). SBF ve GDNF'nin ayrıca patolojik ağrı durumlarında bir rol oynadığı bilinmektedir ve giderek tüm ağrı sürecinde aktif oyuncular olarak kabul edilmekte ve iskemik iskelet kasında yukarı regüle edilmektedir (Turrini ve ark., 2002). SBF, tüm ağrı sürecinde giderek daha aktif bir oyuncu olarak kabul edilmektedir (McKelvey ve ark., 2013).

4.2.3. Tekrarlanan antrenman etkisi

Normalden daha yüksek yoğunlukta, daha uzun süreli veya daha büyük hacimli alışılmadık egzersiz yaptıktan sonra birkaç gün boyunca genellikle kas ağrısı ve zayıflığı yaşarız. Gecikmiş kas ağrısı (GKA) ve uzun süreli kas fonksiyonu kaybı, eksantrik kasılmalar veya uzun bir kas boyutundaki izometrik kasılmalar tarafından indüklenen kas hasarının tipik belirtileridir (Nosaka, 2008).

Birkaç hafta içinde Aynı veya benzer egzersiz, arada herhangi bir egzersiz yapılmasa bile tekrarlandığında, daha önce şiddetli GKA ile sonuçlanan egzersizden daha az kas ağrısı oluştuğunu görmekteyiz. Bu fenomene tekrarlanan antrenman etkisi (TAE) denmektedir (Nosaka, 2008, 2010).

Başlangıçta TAE, aynı eksantrik egzersiz tekrarlandığında kas hasarının büyüklüğünün azaldığı adaptasyon olarak adlandırıldı (Byrnes ve ark., 1985; Clarkson ve ark., 1992). Bununla birlikte, bu tür bir adaptasyon, ilk antrenman uygulaması sonraki antrenmanlardan farklı olduğunda bile indüklenir. Örneğin, ilk uygulama çok az kas hasarına neden olan veya hiç olmayan eksantrik egzersiz, sonraki maksimum eksantrik egzersizdeki kas hasarının büyüklüğünü yine de hafifletir (Lavender ve Nosaka, 2008).

4.2.3.1. Tekrarlanan antrenman etkisinin altında yatan mekanizmalar

İskelet kası, tekrarlanan eksantrik egzersiz uygulamalarına karşı ilgi çekici bir plastisite sergiler. Eksantrik kasılma tarafından özel olarak tetiklenen uyarlamalar arasında bazıları TAE 'ye katkıda bulunur ve böylece kasları egzersize bağlı kas hasarına karşı korumayı amaçlar. TAE 'yi açıklamak için, bu adaptif sürecin çok faktörlü bir kökenini öne süren çok sayıda teori önerilmiştir. Potansiyel uyarlamalar (Lindstedt ve ark., 2001) nöral, (Abbott ve ark., 1952) mekanik ve (LaStayo ve ark., 2003) hücrel teoriler (McHugh ve ark., 1999; McHugh, 2003) olarak kategorize edilmiştir. Bununla birlikte, birçok çalışma TAE'nin arkasındaki mekanizmaları açıklamaya çalışmada, birleşik bir teori henüz mevcut değildir.

Nöral adaptasyonlar, motor ünitelerin daha verimli bir şekilde devreye alınmasını, motor ünite ateşlemesinin artan senkronizasyonunu, iş yükünün lifler arasında daha iyi dağılımını, sinerjist kasların daha iyi kullanımını ve artan yavaş kasılan lif alımını içerir (Nosaka ve ark., 2002).

Tekrarlanan antrenman etkisi daha çok mekanik adaptasyonlara (örneğin pasif veya dinamik kas sertliğinde artışlar, ara filament sisteminin yeniden şekillenmesi, artmış kas içi bağ dokusu) ve/veya hücrel adaptasyonlara (örneğin sarkomerlerin uzunlamasına eklenmesi, inflamatuvar yanıtta adaptasyon) atfedilebilir (Nosaka, 2010; Proske ve Morgan, 2001). Serideki sarkomer sayısındaki artışların tekrarlanan antrenman etkisi ile ilişkili olduğunu öne sürmüştür. Bu teori, muhtemelen serideki sarkomer sayısındaki artışlardan kaynaklanan optimum açının daha uzun bir kas uzunluğuna kaymasıyla dolaylı olarak desteklenir. Bununla birlikte, tekrarlanan nöbet etkisinin, optimum açıda bir kayma olmaksızın indüklendiği de gösterilmiştir (Chen ve ark., 2007; Koh ve Brooks 2001). Hücre iskeleti proteinlerinin (desmin, talin, vinculin, distrofin) ve/veya serbest radikal temizleme yollarının yukarı regülasyonunun, tekrarlanan nöbet etkisi ile ilişkili olabileceğini açıkladı. (McArdle ve ark, 2004), artan reaktif oksijen ve nitrojen türlerinin oluşumundan kaynaklanan hemoksijenaz-1 (HO-1) geninin aktivasyonunun, tekrarlanan nöbet etkisi ile ilişkili olduğunu öne sürmüştür. Eksantrik bir egzersizden sonra hücre iskeleti ve/veya endomisyumun “yeniden şekillenmesinin” meydana gelebileceği bildirilmiştir (Barashı ve ark., 2002; Yu ve ark., 2004).

4.2.3.2. Tekrarlanan antrenman etkisinin önemi

Altta yatan mekanizmalardan bağımsız olarak, gerektiğinde kas hasarının büyüklüğünü azaltmak için TAE etkili bir şekilde kullanılmalıdır. Yukarıda gösterildiği gibi, uzun bir kas uzunluğunda hafif bir eksantrik egzersiz veya maksimum izometrik kasılmalar yapmak, kas hasarının büyüklüğünü azaltır ve daha yüksek yoğunluklu eksantrik egzersizi takiben iyileşmeyi artırır.

Maksimum eksantrik egzersizden 2 hafta önce herhangi bir kas hasarı belirtisine neden olmayan düşük yoğunluklu eksantrik egzersiz yaparak donuk kas ağrısı %50 azaltılır (Nosaka, 2010; Proske ve Morgan, 2001). Serideki sarkomer sayısındaki artışların TAE ile ilişkili olduğunu öne sürülmüştür. Bu teori, muhtemelen serideki sarkomer sayısındaki artışlardan kaynaklanan optimum açının daha uzun bir kas uzunluğuna kaymasıyla dolaylı olarak desteklenir. Bununla birlikte, tekrarlanan antrenman etkisinin, optimum açıda bir kayma olmaksızın indüklendiği gösterilmiştir (Chen ve ark., 2007).

Bu nedenle yapılacak egzersizde olası kas hasarını en aza indirmek gerekiyorsa, iki hafta, tercihen bir hafta içinde hasar veren egzersizden önce hafif eksantrik egzersiz yapılması önerilir. Bireylere eksantrik egzersizi tanıtırken, çok hafif yüklerle eksantrik kasılmalarla başlamak daha iyidir. Eksantrik antrenmanın sonuçları için bu tür bir stratejinin faydalı olup olmadığını, kas hasarının nasıl tamamen önlendiğini araştırmak için daha ileri çalışmalar gereklidir (Nosaka ve Aoki, 2011).

4.2.4. Eksantrik antrenmanın güç performans gelişimi üzerine etkisi

Eksantrik antrenmanın antrenmansız deneklere kıyasla etkilerine yönelik çok az çalışma yapılmış olsada, eksantrik temelli protokollerin antrenman programlarına sistematik olarak dahil edilmesi, çoğu elit spor için performans artırma veya yaralanma önleme amaçları için önerilir (Isner-Horobeti ve ark., 2013; Vogt ve Hoppeler, 2014).

Gerçektende, farklı özellikleri nedeniyle, eksantrik antrenman modaliteleri, maksimum kas kuvvetini daha da artırabilir ve güç geliştirmelerini, kuvvet gelişimi

için optimal kas uzunluğunu ve eksantrik görevler sırasında koordinasyonu optimize edebilir (LaStayo ve ark., 2003).

Eksantrik antrenman, hız performansını artırmada veya atlama gibi geri tepme aktivitelerinde özellikle etkili olabilir (Franchi ve ark.,2017; Chaabene ve ark., 2018).

İskelet kaslarındaki bu fonksiyonel adaptasyonlar, kas kütlesi, fasikül uzunluğu, sarkomer sayısı ve tip II liflerin kesit alanındaki artışlara dayanır (Croisier ve ark., 2002 ; Forthomme ve ark.,2013).

Son dönem yapılan çalışmalarda antrenman bilimlerinde yaşanan gelişmeler özellikle maksimal kuvvet gelişimi için eksantrik antrenmanın önemini ortaya koymakla birlikte eksantrik konsantrik ve izometrik fazları ayrı ayrı çalıştıran maksimal kuvvet gelişiminin yanı sıra güç gelişiminide amaçlayan ve araştıran çalışmalar yoğunluk kazanmıştır. Eksantrik fazda elastik enerjinin oluşumu ve konsantrik faza hızlı bir şekilde aktarımını geliştiren yöntemler ön plana çıkmıştır.

4.2.4.1. Uzama kısılma döngüsü

UKD, kasın kasılmadan hemen önce gerildiği doğal bir kas fonksiyonu türüdür. Kas kasılmasının bu eksantrik/konsantrik eşleşmesi, yalnızca konsantrik bir hareketten kaynaklanacak olandan daha güçlü bir kasılma kuvveti üretir (Komi, 2003). Dikey sıçrama gibi bir dizi eklem ve kas grubunu içeren karmaşık bir UKD hareketi sırasında kuvvet hızı eğrisi ölçüldüğünde, önceki bir eksantrik fazın kullanılması kuvvet-hız eğrisini sağa kaydırır. Tamamen konsantrik hareketlerle karşılaştırıldığında, UKD konsantrik faz (Komi, 1986) sırasında herhangi bir verili hızda daha büyük kuvvetlerin üretilmesine izin verir.

UKD, çok çeşitli faaliyetlerde gözlenmektedir. Gerçek yaşam durumlarında, egzersiz nadiren izometrik, konsantrik veya eksantrik eylemlerin saf bir biçimini içerir (Komi, 2000). UKD, kas fonksiyonunun doğal şekli gibi görünmektedir ve yürüme ve koşma gibi günlük aktivitelerde olduğu kadar, fırlatma ve zıplama gibi daha zorlu hareketlerde de belirgindir.

Uzuvlar sürekli yön değiştirdiği için, uzvun hareket ettiği yönü değiştirmek için UKD'nin sürekli kullanımı vardır. Bazı hareketler diğerlerinden çok daha hızlı

olduğu için (örn. sprint vs. yürüme), UKD'nin hızında büyük farklılıklar vardır. Sonuç olarak, UKD, süresine göre iki kategoriye ayrılmıştır: (Flanagan, 2007)

Hızlı-UKD: <250 milisaniye

Yavaş-UKD: >250 milisaniye

UKD, nöromüsküler sistem tarafından optimal bir reaksiyon için proprioseptörlerin artan uyarılabilirliğine neden olur. İki proprioseptör, UKD'de en alakalı olanıdır. Birincisi, ektrafüzal liflerde bulunan ve alfa motor nöronlar tarafından innerve edilen Golgi-tendon organıdır (GTO). İkincisi, intrafusalliflerde bulunan ve γ -motor nöronlar tarafından innerve edilen kas içiğidir (Lephart ve ark., 1997; Riemann ve Lephart, 2002).

GTO'lar, uzunluktaki değişikliklerden ziyade gerilimdeki (Riemann ve Lephart, 2002) değişikliklere tepki verir. Agonist kasları inhibe ederler ve antagonist kasları kolaylaştırırlar (Brooks ve ark., 1996). Bu inhibitör etkiler koruyucu bir mekanizma olarak işlev görür (Lephart ve ark., 1997). Kas kontraktıl kuvvetleri, kas-tendon kompleksinde hasarın meydana gelebileceği bir noktaya ulaştığında, GTO'lar afferent aktiviteyi arttırır, bu da gergin kasları innerve eden motor nöronların inhibisyonu ile sonuçlanırken aynı zamanda antagonistik kasların motor nöronlarını da uyarır (Brooks ve ark., 1996; Lephart ve ark., 1997; Riemann ve Lephart, 2002). Bununla birlikte, GTO'ların engelleyici etkisi en aza indirilebilir. Engelleyici etkileri, kas içiğlerinin katkılarıyla önlenabilir.

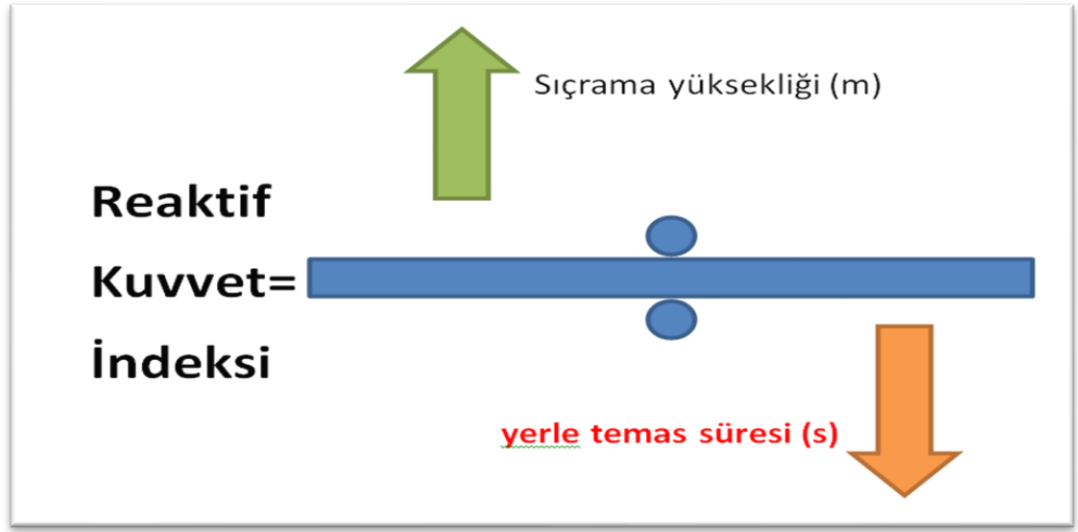
Kas içiğinin refleks katkıları, UKD'de gözlemlenen gelişmiş iş çıktısına da katkıda bulunabilir. Kas içiği, kas-tendon kompleksini korumak için kas uzunluğundaki hızlı değişikliklere tepki veren kolaylaştırıcı bir mekanoreseptördür. Eksantrik germe, kas-tendon kompleksine potansiyel olarak zarar verebilecek bir hıza yaklaştığında, kas içiği aktive olur ve refleks olarak agonistin ters kontraksiyonunu uyarır. Kas içiğinden gelen katkılar, çok hızlı eksantrik fazları içeren derinlik sıçramaları gibi UKD aktivitelerinde gözlemlenen performans artışını açıklayan mekanizmalardan biridir (Bobbett, 1987).

4.2.4.1.1. Reaktif kuvvet indeksi

Reaktif kuvvet indeksi (RKİ), egzersiz bilimi literatüründe pliometrik veya UKD performansını ölçmek için bir araç olarak kullanılmıştır (Flanagan ve Harrison, 2007; McClymont ve Hore, 2003). RKİ, Avustralya Spor Enstitüsü'nden (Wilson ve ark., 1991) kaynaklanan Güç Nitelikleri Değerlendirme Testinin bir bileşeni olarak geliştirildi. Reaktif kuvvet indeksi, bir derinlik sıçramasında atlanan yükseklikten ve bu sıçrama için gerekli kuvvetleri geliştirmek için yerde harcanan zamandan türetilir (McClymont ve Hore, 2003). Bir derinlik sıçrama egzersizi sırasında bir temas matı kullanılarak, kişi atlanan yüksekliği kalkıştan önce zeminle temas halindeki zamana bölerek RKİ'yi hesaplar (şekil 5).

Young (Young, 1995) RKİ'yi, bir bireyin eksantrikden konsantrik kasılmaya hızla değişme yeteneği olarak tanımladı ve bir "patlayıcılık" ölçüsü olarak kabul edilebilir. Patlayıcılık, bir sporcunun minimum sürede maksimum kuvvetleri geliştirme yeteneğini tanımlayan bir terim

dir (Zatsiorsky, 2020). RKİ ayrıca kas-tendon kompleksi üzerindeki stresi izlemek için basit bir araç olarak tanımlanmıştır (McClymont ve Hore, 2003). Şimdiye kadar, RKİ öncelikli olarak, belirgin, gözlemlenebilir bir zemin temas fazına sahip olan derinlik sıçramaları gibi pliometrik aktiviteler sırasında kullanılmıştır. Derinlik sıçramaları en sık kullanılan ve en çok araştırılan pliometrik egzersizlerden biridir (Walsh, 2004). Derin sıçramada, atlet sabit bir yükseklikten düşer ve inişin hemen ardından patlayıcı bir dikey sıçrama yapar (Walsh, 2004). RKİ, zeminle temas süresi ile atlanan yükseklik arasındaki bir oran olduğundan (şekil 5) bu değişkenlerin her ikisinin de genel RKİ puanı ile birlikte dikkate alınması gerekir.



Şekil 5. RKİ hesaplama formülü (Strength & Conditioning Journal30(5):32-38, October 2008'den değiştirilerek kullanılmıştır).

4.2.4.2. Eksantrik yarı-izometrik antrenman

Eksantrik yarı izometrik antrenman (EYİ) kasılmasından önce, kas-tendon ünitesinin aktif bir uzamaya maruz kaldığı bir submaksimal bir eksantrik kasılma gerçekleştirilir. Öngörülen eklem pozisyonuna ulaşıldığında, sporcu izometrik kas hareketine geçer ve pozisyonu mümkün olduğunca uzun süre tutmaya çalışır. Son aşama, yorgunluk biriktikçe meydana gelir ve sporcu kas uzamasına maksimum düzeyde direnmeye çalışırken eksantrik bir kasılma başlar. Bazı uygulayıcılar, bu ikinci uzama aşamasının, supramaksimal eksantrik antrenmana benzer şekilde kas-tendinöz sisteme ek gerilme ve zorlama yerleştirdiğini iddia etmektedir. Uygulayıcılar yarı izometrik kasılmayı 5 ile 90 saniye arasında tutmak amacıyla geniş bir yük ve zaman yelpazesi önerdiler. Geleneksel direnç antrenmanlarıyla uyumlu olarak, kuvvet ve güç sporcuları için daha yüksek yoğunluklar ve daha kısa kasılma süreleri önerilirken, daha düşük yükler ve daha uzun kasılmalar oksidatif veya rehabilitasyon amaçları için avantajlı olabilir. Anekdote olarak, EYİ antrenmanından sonra artan kas kalınlığı, gelişmiş eklem hareket açıklığı (EHA), değişen kuvvet açısı ilişkileri ve iyileştirilmiş tendon sağlığı bildirilmiştir (Oranchuk ve ark., 2019).

4.2.4.3. Tempo eksantrik antrenman

Sporcularda adaptasyon sağlamak için uygulanabilecek ve çeşitlendirilebilecek birçok antrenman yöntemi bulunmaktadır. (Bird ve ark., 2005) Bunlardan biri de Tempo eksantrik antrenmandır. Bu yöntem, belirli bir yanıt ortaya çıkarmak için bir egzersizin fazlarına yerleştirilen zaman parametrelerinin değiştirilmesini içerir (American College of Sports Medicine, 2009).

Örneğin, sporculara 2/0/2 veya 4/0/2 tempo ile kaldırma talimatı verilmiştir, burada her kas hareketinin sıralaması şu şekilde olacaktır: Eksantrik/Izometrik/konsantrik (Headley ve ark., 2011). Kontrollü bir şekilde tempo eksantrik uygulamalarının çoğu, Eksantrik kas hareketinin yani inen fazın süresini arttırmaya yöneliktir. Tempo antrenmanına özgü Eksantrik kas hareketinin yavaş submaksimal eksantrik egzersiz olarak adlandırılabilir. Çünkü egzersiz yoğunluğu açısından Eksantrik kasılma anında diğer kasılma türlerinden daha yüksek kuvvet üretme kapasitesi olmasına rağmen supramaksimal yük kullanılmaz. Bunun yerine, eksantrik fazı yavaş bir şekilde gerçekleştirip kasın gerilim altında kaldığı zamanı uzatarak aşırı yüklenme sağlanır (Shibata ve ark., 2021).

Farklı tempolarda uygulanan eksantrik yöntemler:

4.2.4.3.1. Eksantrik antrenman 2/1 teknik

Eksantrik hareketi vurgulamak için 2/1 tekniği, ağırlığı 2 uzuv ile konsantrik hareket aralığı boyunca kaldırmayı ve ağırlığı 1 uzuv ile eksantrik faz boyunca geri hareket ettirmeyi içerir. Yükün, konsantrik fazı mümkün olduğunca hızlı olacak kadar ağır, ancak eksantrik kısım boyunca bireyi zorlayacak kadar ağır olması gerektiği vurgulanmalıdır (Mike ve ark., 2015)

4.2.4.3.2. Eksantrik antrenman iki hareket tekniği

Çok eklemlili bir egzersizin konsantrik fazı hızlı yapılırken eksantrik faz 5 saniyelik bir sürede gerçekleştirilir (Mike ve ark., 2015).

4.2.4.3.3. Eksantrik antrenman süper yavaş

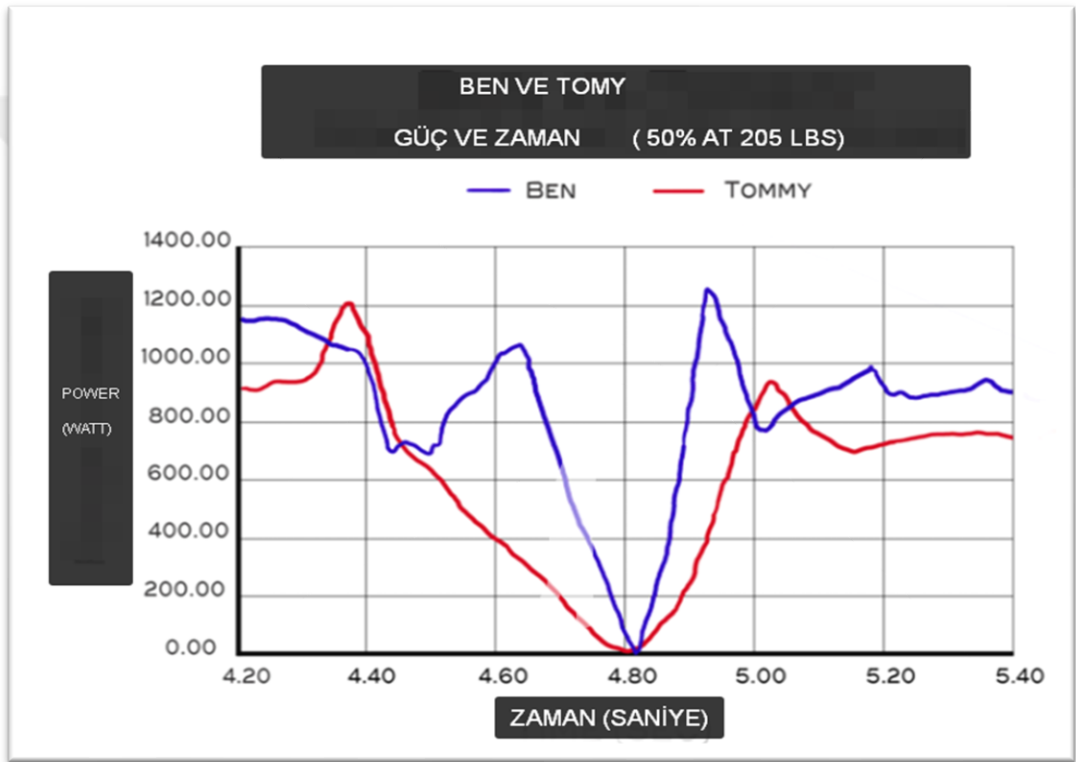
Bu teknik nispeten basittir. Sporcu ağırlığı patlayıcı bir şekilde konsantrik olarak kaldırırken abartılı bir şekilde eksantrik fazı çok yavaş gerçekleştirir (Mike ve ark., 2015).

4.2.4.4. Isoinertial antrenmanı

Eksantrik antrenman literatüründe sıkça araştırılan bir konu, bir Isoinertial cihazının kullanımını içerir. Bu antrenman türü ilk olarak 20 yıl önce iskelet kasının mikro yerçekiminin zararlı etkilerine karşı koymak için yerçekiminden bağımsız bir antrenman yöntemi olarak araştırılmıştır (Berg veTesch, 1994). Isoinertial cihazları, bir konsantrik kas hareketinin neden olduğu volan kayışının çözülmesinden kaynaklanan atalet direncini kullanır, ardından volan kayışının geri sarılması ve eksantrik kas hareketi ile sonuçlanır. Basitçe söylemek gerekirse, kayışın yeniden sarılma hızı, çözülme hızına bağlıdır ve egzersizin eksantrik aşaması boyunca direnç sunar. Daha mekanik terimlerle, cihaz tarafından sporcuya verilen direnç, volanın kütlesine, yarıçapına ve açısal ivmesine bağlıdır. Önceki araştırmalar, Isoinertial uygulamalarının hem antrenmansız katılımcılarda hem de çeşitli atletik popülasyonlarda, kas kütlesini (Tesch ve ark., 2004), maksimum istemli kasılmayı (Seynnes ve ark., 2007; Berg veTesch, 1994; Norrbrand ve ark., 2008), maksimum kuvveti (yani 1MT) (Fernandez-Gonzalo ve ark., 2014; Maroto-Izquierdo ve ark., 2017), eksantrik kuvvet üretimi (Tesch ve ark., 2004; Romero-Rodriguez ve ark., 2011), güç çıkışı (Maroto-Izquierdo ve ark., 2017; Naczk ve ark., 2016), atlama yeteneği (Maroto-Izquierdo ve ark., 2017; Naczk ve ark., 2016; De Hoyo ve ark., 2015) , koşu hızı (Maroto-Izquierdo ve ark., 2017; De Hoyo ve ark., 2015; Askling ve ark., 2003) ve EMG etkinliği (Seynnes ve ark., 2007; Norrbrand ve ark., 2011; Pozzo ve ark., 2006) iyileştirdiğini göstermiştir. Ancak, Isoinertial Antrenmanın etkilerini geleneksel antrenman yöntemiyle ile karşılaştıran sınırlı araştırmaların olduğunu ve bu nedenle bu yöntemin etkinliğine ilişkin somut sonuçlar çıkarmanın zor olduğu belirtilmelidir (Gonzalo-Skok ve ark., 2017).

4.2.4.5. Trifazik antrenman

Minnesota Üniversitesi'nde bir güç antrenörü olan Cal Dietz tarafından 2003 yılında geliştirilen, trifazik antrenman eksantrik izometrik ve konsantrik fazları ayrı ayrı bloklar şeklinde geliştirmeyi amaçlar. Cal Dietz ve Ben Peterson'ın “Trifazik Eğitim” kitabında trifazik antrenman fikrinin tam olarak doğduğu anı şöyle anlatır. Çok benzer yapılara ve kaldırıışlara sahip, ancak farklı kuvvet geliştirme oranları olan iki benzer sporcunun (ben ve tommy) farklı performans göstermeleri sonucu ortaya çıkmıştır (şekil 6) (Dietz ve Peterson, 2012;).



Şekil 6. Ben'in eksantrik ve konsantrik eğimleri Tommy'ye kıyasla ne kadar dik bir V oluşturduğuna dikkat edin (Dietz ve Peterson, 2012' den değiştirilerek kullanılmıştır).

Trifazik antrenman eksantrik izometrik ve konsantrik fazları ayrı ayrı bloklar halinde özetle şu şekilde planlamaktadır (şekil 7).

4.2.4.5.1. Eksantrik evre

Sürecin ilk iki haftasını kapsar 6 saniyelik yavaş eksantrik faz uygulanır.

İki fizyolojik süreç, hareketin eksantrik aşamasını stretch refleksleri ve uzama kısalma döngüsünü geliştirirken kuvvet gelişimine katkıda bulunur. Bu harekete odaklanmak yaralanma riskini de azalttığı göstermiştir. Kas kütlesi üzerine kuvvet artışı için güçlü bir uyarıcıdır.

Motor ünite katılımı konsantrik kasılmaya göre daha az ama yüklediği stres çok fazladır. Bu nedenele yüksek miktarlarda gecikmiş kas ağrısına (GKA) neden olabileceği için ilk önce hacim miktarına dikkat edilmelidir.

Bu antrenman metodu sadece eksantrik faza odaklanmaz izometrik ve konsantrik fazında aynı derece antrene edilmesini içerir (Dietz ve Peterson, 2012).

4.2.4.5.2. İzometrik evre

Sürecin 3 ve 4. haftasında uygulanır. Hızlı bir eksantrik fazdan sonra 3 saniyelik beklemeyi içerir. Sporda eksantrik bir fazdan konsantrik faza geçiş sırasında sadece küçük bir süredir.

Cal Dietz, izometrik fazı, eksantrik enerjiyi patlayıcı konsantrik kasılmalara transfer eden enerji istasyonu olarak açıklar. İzometrik eğitim, motor ünitesi alımı olarak bilinen ateşlenen kas lifi sayısını artırır. Ayrıca bu liflerin her birinin ateşlenme hızı olan kodlamayı artırır. Bu hareketi çalışmak, çalışan kaslar içerisinde maksimum kas içi gerginlik yaratmamızı sağladığı belirtilmektedir (Dietz ve Peterson, 2012).

4.2.4.5.3. Konsantrik evre

Bütün uygulama evrelerinde maksimal hızla gerçekleştirilir.

Tipik olarak, sporcunun çoğu zaman odaklandığı antrenman türüdür.

Konsantrik hareket, bir sporcunun kuvvet gelişimi oranının (RFD) ölçüsüdür (Dietz ve Peterson, 2012).



Şekil 7. Trifazik dalgalı blok yöntem- Squat örneği (Dietz ve Peterson, 2012'den değiştirilerek kullanılmıştır).

4.2.4.6. İlave eksantrik yük (İEY)

Geleneksel yükleme, bir egzersizin konsantrik ve eksantrik fazı için aynı mutlak yükleri öngörür, ancak iskelet kasının, konsantrik kasılmalara kıyasla maksimum eksantrik kasılmalar sırasında %50'ye kadar daha fazla kuvvet ürettiği ortaya konmuştur (Jorgensen, 1976).

Egzersizde kullanılan yük, konsantrik olarak ölçülen yük ile sınırlıdır, bu da uygulayıcıları, eksantrik kas hareketinin kuvvet oluşturma yeteneklerine göre yoğunluğu daha uygun şekilde uygulayabilmek için alternatif yöntemlere yönelmeye teşvik etmiştir.

Bu nedenle, araştırmacıların ve koçların, eksantrik hareket sırasında konsantrik faza göre aşırı yük uygulayan bir yöntem olan ilave eksantrik yük (İEY) yöntemi uygulamışlardır.

İEY, doğal mekanikte minimum kesinti ile birleştirilmiş eksantrik ve konsantrik eylemler gerektiren hareketleri kullanarak konsantrik yükü aşan eksantrik yük büyüklüğünü belirtir. Bu yöntem, daha yüksek eksantrik yükleme ve dolayısıyla daha

yüksek konsantrik kuvvet üretimi yoluyla konsantrik performansı güçlendirmek için teorikleştirilmiştir. Ayrıca, daha hızlı miyozin ağır zincir izoformlarına geçişler ve IIx'e özgü kas kesit alanındaki değişiklikler gibi uygun kronik adaptasyonlar için kanıtlar mevcuttur (Friedmann ve ark., 2004; Friedmann ve ark., 2010; Walker ve ark., 2016).

İlave yük için, elastik bantlar, bilgisayar destekli ayarlamalar ve sporcu veya uygulayıcı tarafından kullanılan eksantrik askılar dahil olmak üzere İEY'yi uygulamak için çeşitli araçlar kullanmıştır.

Genel olarak iki uygulama şekli bulunmaktadır (şekil 8).

4.2.4.6.1. Supramaksimal İEY

Konsantrik 1MT'den fazla eksantrik bir yük öngören supramaksimal yükleme, İEY'nin en yaygın olarak kullanılan stratejisidir. Gerekçe şuna dayanmaktadır: Eksantrik kas hareketleri sırasında daha yüksek kuvvet oluşturma yetenekleri ve yüksek eşikli motor birimlerin seçici olarak devreye alınması, potansiyel olarak nöromüsküler tepkileri ortaya çıkararak istenen adaptasyonlara yol açar (Nardone ve Schieppati, 1989; Nardone ve Schieppati, 1989).

4.2.4.6.2. Submaksimal İEY

Submaksimal İEY sırasında eksantrik yükün büyüklüğü, konsantrik harekete göre belirlenir; bununla birlikte, eksantrik aşırı yük konsantrik 1MT'yi aşmaz. Bu bağlı yükleme stratejisi genellikle patlayıcı ve pliometrik performansta değişikliklerin beklendiği durumlarda kullanılır Submaksimal İEY, sporda daha yaygın olan hareketleri de içerebilir (Ojasto ve Hakkinen,2009; Aboodarda ve ark., 2014; Hughes ve ark., 2016)

	Submaksimal İEY		Submaksimal İEY		Maksimal İEY		Supramaksimal İEY	
	Eksantrik yük	Konsantrik yük	Eksantrik yük	Konsantrik yük	Eksantrik yük	Konsantrik yük	Eksantrik yük	Konsantrik yük
Düşük Antrenman seviyesi	%20	* VA	%60	%30	%100	%30	%105	%30
Yüksek antrenman seviyesi	%30		%90	%50		%80	%120	%90
	Countermovement jump Drop jump Depth jumps		Bench throws Back squat Front squat Bench press		Bench throws Back squat Front squat Bench press		Bench throws Back squat Front squat Bench press	
	* Vücut ağırlığı <1,5 bench press Vücut ağırlığı <2,0 back squat				Vücut ağırlığı >1,5 bench press Vücut ağırlığı >2,0 back squat			

Şekil 8. İEY yükleme stratejileri için öneriler (Merrigan ve ark., 2022'den değiştirilerek kullanılmıştır).

4.2.5. Küme set

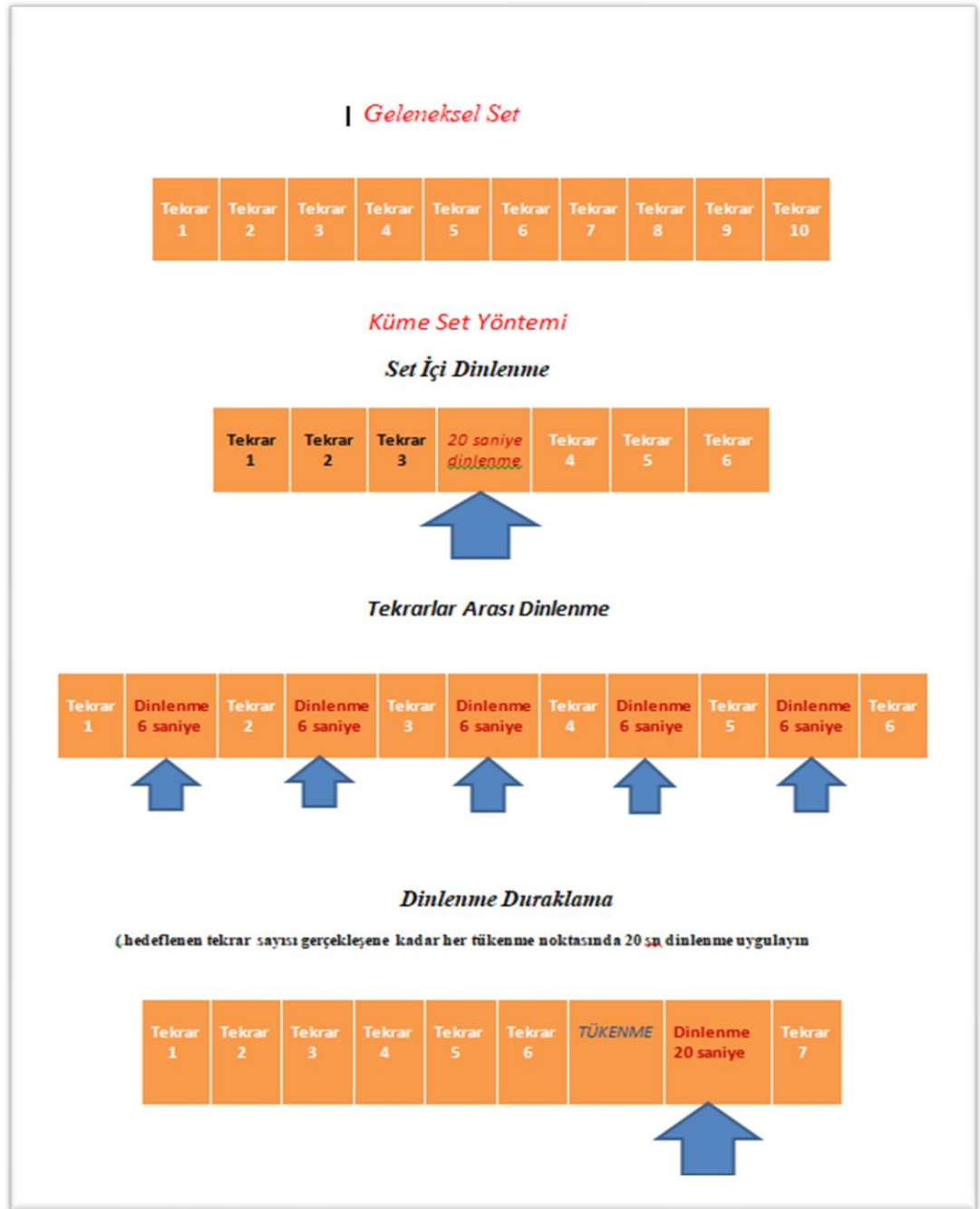
Kuvvet gelişimi için oluşturulan antrenman programlarında bir set içinde art arda tekrarlar yapıldığı geleneksel setlerle (GS) gerçekleştirilen direnç antrenmanları yorucudur ve enerji kullanılabilirliğinin ve hareket hızının azalmasına metabolik stresin artmasına neden olur (Gorostiaga ve ark., 2012; Gorostiaga ve ark., 2014; Sanchez-Medina ve González-Badillo, 2011; Tufano ve ark., 2016; Oliver ve ark., 2015).

Bu nedenle antrenmanları farklı varyasyonlarla çeşitlendirmek; toparlanma ve adaptasyonu, aşırı antrenmandan kaçınmayı ve performans değerlerinde yükselmeyi teşvik eder (Plisk ve Stone, 2003). Antrenman programında varyasyon kullanmanın sıklıkla gözden kaçan bir yöntemi, kullanılan setin yapısının manipüle edilmesidir. Geleneksel olarak, bir setin yapılandırılması, sporcunun setin her tekrarını, dinlenme yapılmadan arka arkaya gerçekleştirmesini gerektirir (Fleck ve Kraemer, 1997; Haff ve ark., 2003; Stone ve O'Bryant 1987). Son zamanlarda, bir

antrenman setinin yapısını değiştirmenin bir yolu olarak, setin çeşitli tekrarları arasında ek dinlenme uygulamaktır (Fleck ve Kraemer, 1997).

Bu tür bir set yapılandırılmasına küme set (cluster setleme) yöntemi denmektedir, yapılan her tekrar arasında 10-30 saniyelik dinlenme aralığı kullanılır (Haff ve ark., 2003; Siff ve Verkhoshansky, 1999).

Küme set, periyodik antrenmanda kullanılan mevcut antrenman bloğunun amacına veya odağına bağlı olarak, tekrarlar arası değişken dinlenme aralığı kullanılmasını, farklı tekrar sayılarını kümelendirme veya küme setin her tekrarında kullanılan direncin manipüle edilmesini içerebilecek çeşitli şekillerde kullanılabilir. Küme setin genellikle kullanılan iki tür yoğunluk değişikliği vardır, dalgalı ve artan küme yapılandırması. Dalgalı küme setinde, direnç piramit tipi bir tarzda arttırılır (Haff ve ark., 2003), artan set konfigürasyonu sırasında, birbirini takip eden her tekrarda direnç artar. G gelişimi performansını optimize etmek amacıyla set içi dinlenme sürelerinin manipülasyonu üzerine yapılan araştırmalar gittikçe artmaktadır. Farklı set içi dinlenme uygulamaları, tekrarlar arası dinlenme set içi dinlenme ve dinlenmeduraklatma yöntemi olarak farklı tanımlar kullanılsada genel başlık olarak küme set olarak bilinir (şekil 9) (Latella ve ark., 2019).



Şekil 9. Literatürde kullanılan genel direnç antrenman paradigmalarının (geleneksel setler ve küme setleme) şeması (Latella ve ark., 2019'den değiştirilerek kullanılmıştır).

5. GEREÇ VE YÖNTEM

5.1. Araştırma Evreni ve Örneklem

Araştırma, nicel araştırma yöntemlerinden biri olan deneysel bir model ile yapılmıştır. Araştırmanın hedef evreni, Türkiye'deki profesyonel ve amatör bütün futbolcuları ideal seçimini yansıtan soyut evrendir. Ulaşılabilir evren ise, araştırmacının ulaşabileceği, gerçekçi seçimi olan somut evrendir. (<http://w3.balikesir.edu.tr/~msackes/wp/wp-content/uploads/2012/03/BAY-Final-Konulari.pdf>;ErişimTarihi:26 Ocak 2022).

Bu bağlamda somut evren araştırmamızda Türkiye'de, İstanbul ili, Feriköy futbol kulübünde eğitim gören 18-25 yaş arası oyuncularını olarak belirlenmiştir. Çalışmanın 14 hafta gibi bir süre alması, örneklem seçiminde gönüllülüğü zorunlu kılmıştır. Bu bağlamda tesadüfi olmayan örnekleme yöntemlerinden kolayda örnekleme yöntemi tercih edilmiştir.

Deneysel çalışmalar da örneklem büyüklüğünün belirlenmesinde basit deneysel araştırmalar için 10-20 kadar küçük bir örneklem genişliğinin başarılı bir araştırma için uygun olacağını belirtmektedir (Büyüköztürk, Çakmak, Akgün, Karadeniz ve Demirel 2017, s. 97). Diğer yandan, deneysel araştırmalarda elde edilen sonuçların geçerli olabilmesi için örneklem büyüklüğünün 15 kişi ve üzerinde olması gerektiğini belirtmektedir (Arlı ve ark. 2001; Büyüköztürk ve ark.,2013). Bu yüzden araştırmamızda örneklem grubu 32 kişi olarak planlanmıştır. Belirlenen evrenden örneklem büyüklüğünü hesaplamak için Gpower programı (Faul ve ark., 2009) kullanılmıştır.

5.1.1. Araştırmanın yeri ve süresi

Araştırmaya etik kurul ve tez öneri onayı alındıktan sonra başlanmıştır ve 26 ay içerisinde sonlandırılmıştır. Araştırma, İstanbul ilinde gerçekleştirilmiştir.

5.1.2. Çalışmanın süresi

Araştırma süresi 26 ay olarak planlanmıştır. Bu sürecin planlaması içerisinde literatür tarama, uygulama dönemi, verilerin toplanması, istatistik ve sonuçların

değerlendirilmesi bulunmaktadır.

Literatür Tarama : 13.02.2020 – 04.02.2021

Uygulama Dönemi :08.06.2021 – 09.09.2021

Verilerin Toplanması ve İstatistik : 15.09.2021 – 10.02.2022

Sonuçların Değerlendirilmesi : 17.02.2022 – 11.04.2022

Saha uygulamaları istanbul ili şişli ilçesinde bulunan feriköy spor kulübü teslerinde futbol sahası ve kapalı salonda yapılmıştır. Araştırma, araştırmacı tarafından bizzat yürütülmüş ve iki araştırma asistanı destek vermiştir.

5.1.3. Problem cümlesi ve hipotezler

Problem Cümlesi ve Hipotezler Hıza Bağlı Kümelenmiş İlave Eksantrik Yükleme İle Geleneksel İlave Eksantrik Yükleme Antrenmanının Kuvvete Yönelik Biyomotor Özellikler Üzerine Etkisinin İncelenmesi.

- Hipotez 1: H1: Küme set yöntemi kullanılarak uygulanan ilave eksantrik yük antrenmanı ile geleneksel ilave eksantrik yük antrenmanı arasında seçili biyomotor özellikler üzerinden performans değerleri arasında fark vardır
- Hipotez 2: H1: Yavaş ve hızlı protokol uygulanarak yapılan geleneksel ilave eksantrik yük antrenmanı ile kümelenmiş ilave eksantrik yük antrenmanı çıktılarının seçili biyomotor performansı üzerinden hem grup içi hemde gruplar arası fark vardır.
- Hipotez 3: H1: İlave eksantrik yük antrenmanlarında Submaksimal yük uygulamak kuvvet ve güç performansını geliştirir.
- Hipotez 4: H1: Submaksimal yüklerle uygulanan İlave eksantrik yük antrenmanlarında küme set yöntemi uygulamak kuvvet ve güç performansını geliştirir.

5.1.4. Deneklerin seçimi

Araştırmamıza Marmara üniveristesi etik kurul onayı alındıktan sonra başlanılmıştır. Araştırmamıza katılan katılımcılardan herhangi bir ücret alınmamış ve herhangi bir

ücret ödenmemiştir. Katılımcılar 18 yaş ve üzeri olduğu için ailelerinden imzalı onam formu alınmaya gerek kalmadan çalışma başlatılmıştır.

Sporculara çalışmanın amaçları, araştırma planlaması, ölçüm süreçleri, sorumlulukların anlatılacağı sunum yapılmıştır. Araştırmaya katılacak sporculara beslenmelerine, dikkat etmeleri gerektiği vurgulanmıştır. Çalışmanın başlangıcında katılımcıların her birine, içinde çalışmaya alınma ölçütlerinin bulunduğu bir anket yapılmıştır (EK-1). Bunun yanında çalışmanın amacı, evreleri, ölçüm yöntemleri, araştırmacının ve katılımcıların sorumlulukları ile ilgili kapsamlı bilgi bulunan katılımcı bilgilendirme formu verilmiştir (EK-2). Bu aşamada, katılımcılara çalışmayı her an bırakmakta özgür oldukları vurgulanmıştır.

5.1.5. Çalışmaya alınma kriterleri

- 18-25 yaş aralığında olmak
- En az 2 yıllık kuvvet antrenmanı geçmişine sahip olmak
- Haftada 2 kez kuvvet antrenmanı yapıyor olmak
- Lisanslı sporcu olmak
- Antrenman performansını etkileyecek ek probleme sahip olmamak

5.1.6. Çalışmadan çıkarılma kriterleri

- Testlerin yapılacağı tarihlerde ölçümleri etkileyecek herhangi bir rahatsızlığı olmak
- Ölçümlerden önceki iki gün içerisinde yüksek şiddetli antrenman yapmış olmak
- Katılımcının gönüllü olarak araştırmadan ayrılması

Uygulama dönemi boyunca; yaralanma veya hastalık geçirmek sebebiyle çalışmalara katılamayan sporcular çalışmadan çıkarılmıştır. Hastalık veya sakatlık geçiren sporcular yerine başka bir sporcu çalışmaya dahil edilmemiştir.

5.1.7. Katılımcı bilgilendirme formu

Çalışmaya katılacak olan sporculara, çalışmanın adını, amacını, işleyişini, programını ve yapılacak olan testleri açıklayan ‘Katılımcı Bilgilendirme Formu’ (EK-2) anlatılıp dağıtılmıştır.

5.1.8. Katılımcı onam formu

Bu form; katılımcıyı bu araştırmanın antrenman süreçleri ve uygulanacak testler ile ölçümler hakkında bilgilendirmek amacıyla yapılmış, katılımcı bilgilendirme toplantısı ve imza karşılığı katılımcıya verilmiş, katılımcı bilgilendirme formu sonrasında, katılımcının özgür iradesi ile bu çalışmaya katılmaya gönüllü olduğunu ifadesi anlamını taşımaktadır (EK-3).

5.2. Veri Toplama Araçları

5.2.1. Yöntem

Araştırmamıza 18-25 aralığında (yaş:18.78±0,832) boy(1,73,34±7,23) kilo (69,59±6,02) 36*lisanslı sporcu katıldı. Sakatlık ve hastalık nedeniyle 4 sporcu çalışmadan çıkarıldı. Çalışmanın başlangıcında her bir katılımcıya 1 maksimum tekrar (1 MT) testi yapıldı. Daha sonra katılımcılar Hip Thrust (şekil 14) ve Back Squattan (şekil 15) oluşan egzersiz protokolünün yürütülmesi için rasgele metod ile kümelenmiş ilave eksantrik yük grubu (KİEY, n=16) ve geleneksel ilave eksantrik yük grubu (GİEY, n=16) olarak iki ana gruba ayrılmıştır. Hızlı yada yavaş antrenman programı ile başlamanın performans çıktıları üzerine farklı etkilerini görmek adına; oluşturulan gruplar kendi içinde randomize bir şekilde yavaş/hızlı (Y/H) ve hızlı/yavaş (H/Y) olarak iki ara gruba ayrıldı. (şekil 10)

K.İ.E.Y grubu : (K.İ.E.Y_{H/Y}, n=8) (K.İ.E.Y_{Y/H}, n=8) olarak

G.İ.E.Y grubunda (G.İ.E.Y_{H/Y}, n=8) (G.İ.E.Y_{Y/H}, n=8) olarak oluşturuldu

Çalışmanın ara testlerinin ardından grup içi çaprazlama yöntemi (crossover) kullanıldı.

Ön testlerin ardından ilk dört haftalık çalışmaya hızlı antrenman programı ile başlayan (H/Y) grup ara testlerin ardından ait olduğu grubun yavaş antrenman planını (Y/H) uygulamıştır.

5.2.2. Hareketin temposu

K.İ.E.Y hızlı uygulanan antrenman programı : 0.0.0.2 (20_{sn} dinlenme)

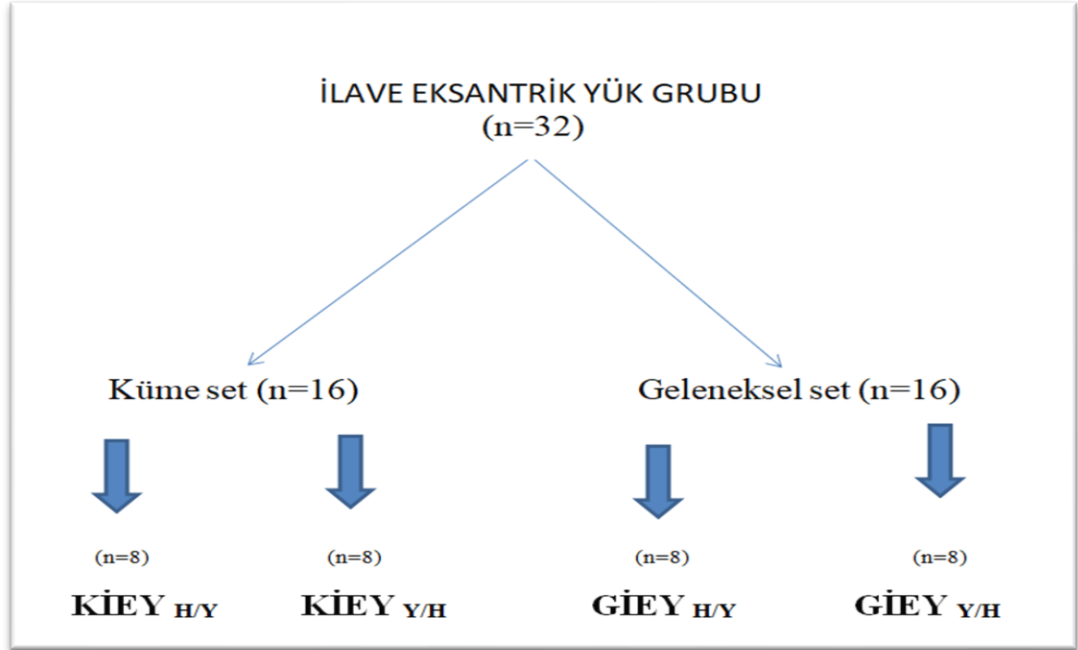
K.İ.E.Y yavaş uygulanan antrenman programı : 3.0.0.2 (20_{sn} dinlenme)

G.İ.E.Y hızlı uygulanan antrenman programı : 0.0.0.0

G.İ.E.Y yavaş uygulanan antrenman programı : 3.0.0.0

Antrenman programında egzersizle ilişkili dört sayının her biri, belirli “faz”ın (eksantrik, izometrik, konsantrik ve küme) saniye cinsinden ne kadar süreyle gerçekleştirilmesi gerektiğini gösterir. Örneğin, bir back squat hareketi şu tempoda olabilir: 6:0:0:0. İlk sayı (6), hareketin eksantrik fazını temsil eder. İkinci sayı (0)

izometrik fazı temsil eder. Üçüncü sayı (0) konsantrik fazı temsil eder. Son olarak, son sayı (0), tekrarlar arasındaki dinlenme miktarını temsil eder (Dietz ve Peterson, 2012).



Şekil 10. Grupların dağılımı

5.2.3. Antrenman protokolü

Bu çalışma bir müdahale antrenmanı olarak değerlendirilmiştir ve katılımcıların devam eden antrenman programına ilave olarak eklenmiştir. Çalışma grubu aynı takımdan seçildiği için antrenman programları arasında bir farklılık yoktur. Seçilen egzersizlerinin eksantrik aşaması kullanılan yükün şiddeti egzersiz seçimi, setler, tekrarlar, tempo ve frekans gibi direnç antrenman programının diğer tüm unsurları gruplar arasında aynıydı. Fakat yavaş ve hızlı yapan grupların tekrar sayıları eşit olduğu için (8 tekrar) Yavaş protokol gerçekleştirirken çalışan kasın gerilim altında kaldığı zaman daha uzundu bu nedenle süre olarak kapsamları farklıydı.

Çalışmamız 48 saat arayla haftada iki kez (Çarşamba ve Cuma günleri) olmak üzere 14 hafta olarak uygulandı. 1. hafta ön testler yapıldı. Ardından 4 hafta (2, 3, 4, 5. haftalar) antrenman uygulaması gerçekleştirildi. 6. hafta ara testler yapılarak 3 hafta temizlenme evresi verildi (7, 8, 9 haftalar). Ardından ikinci 4 haftalık (10, 11, 12, 13 haftalar) antrenman süreci başladı. 14. hafta son testler yapılarak çalışmanın saha kısmı tamamlandı (şekil 11).

Çalışmamız iki farklı set yapısında (küme ve geleneksel set) ve hareketin eksantrik fazı için iki farklı hızda planlanmıştır (hızlı <1sn, yavaş =3saniye).

Küme set grupları set içi dinlenme yöntemini (şekil 9) kullanarak her iki tekrarda bir 20 saniye dinlenme uyguladı (Bolin ve ark., 2014).

Setler arası dinlenme ise 2 dakikadır.

Geleneksel set grupları set içindeki tekrarları dinlenmeden arka arkaya uyguladı. Setler arası ise 3 dakika dinlenme uygulandı (şekil 16)

Hızlı protokolde hareketler mümkün olan en yüksek hızda gerçekleştirildi.

Yavaş protokolde ise eksantrik faz 3 saniyede (Douglas ve ark., 2018). gerçekleştirilirken diğer fazlar hiç bekleme yapılmadan hızlı bir şekilde gerçekleştirildi.

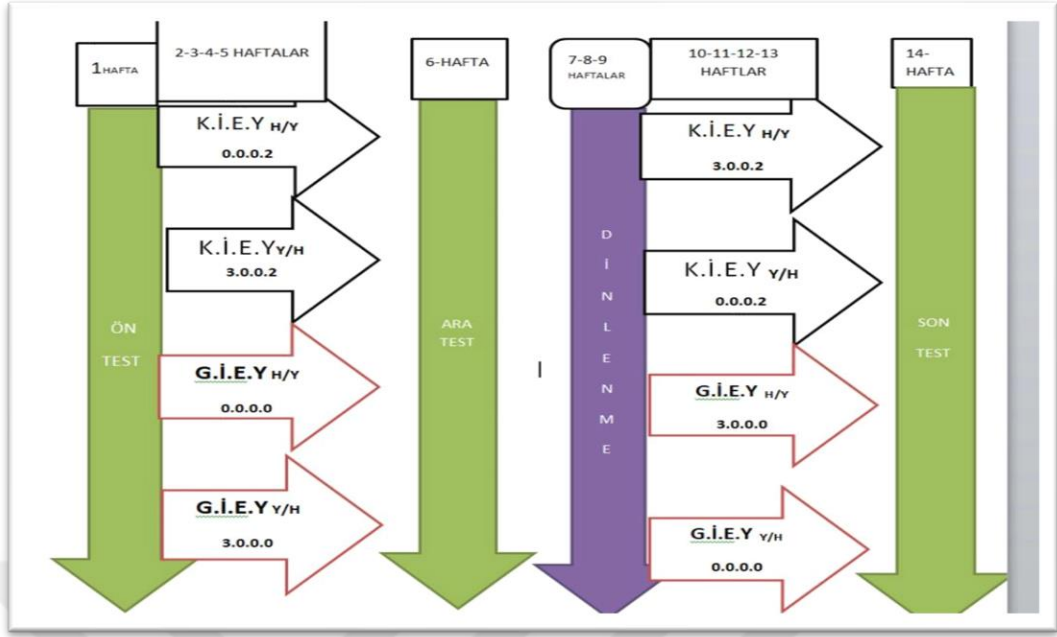
Farklı hızlarla başlamanın performans gelişimine olan etkilerini değerlendirmek için grup içi çaprazlama yöntemi kullanılmıştır. İlk dört hafta yavaş protokol uygulayan grup ara testler ve temizlenme evresinin ardından kendi ana grubunun hızlı protokolünü uyguladı.

Katılımcılar back squat ve hip thrust hareketlerini 8 uygulama haftası boyunca haftada iki kez 3 set 8 tekrar olarak gerçekleştirdiler.

Egzersizler öncesi 10 dakika ısınma protokolü uygulandı. 5 dakika mobilizasyon egzersizleri 5 dakika boş barla antrenmanda uygulanan hareketler kullanılarak ısınma gerçekleştirildi.

Küme set yöntemini kullanan gruplar (şekil 17) dinlenmenin bir dakikasını tekrarlar arası diğer 2 dakikasını setler arasında kullandılar. Fazlar arasındaki kilo farkı özel olarak tasarlanmış bara yerleştirilen eksantrik askı olarak isimlendirilen ilave kilo eklenebilen malzeme ile yapıldı (şekil 13). Eksantrik askı her katılımcının back squat ve hip thrust tekniğindeki en düşük iniş noktasına göre yükseklik için ayarlandı (Munger ve ark., 2017).

Bara monte edilen; eksantrik askı tabanının açısı nedeniyle, back squat ve hip thrust hareketlerini uygularken alt kısmındaki eğimle halterden ayrılacak şekilde tasarlanmıştır, böylelikle hareketin eksantrik kısmı konsantrik evreye göre daha fazla yüklenebilir (Doan ve ark., 2002; Walker ve ark., 2016). Eksantrik askılar her tekrarda eksantrik fazın sonunda bardan ayrılacağı için her tekrarın sonunda eksantrik askıları bara yerleştiren iki yardımcı bulunmuştur. Askıların bara yerleştirme işlemi maksimum 3 saniye sürmüştür (Wagle ve ark., 2021). Eksantrik fazı yavaş yapan sporcuların süreyi ayarlayabilmeleri için metronom kullanılmıştır. Antrenman uygulamasında kullanılacak yük her iki grup için de back squat ve hip thrust hareketlerinin konsantrik %50 1 MT, eksantrik %80 1 MT olarak belirlendi.



Şekil 11. 14 haftalık Antrenman planı

Uygulanacak Testler		
- 1 Maksimal Kuvvet testi	- 10-20-30m Sprint Test	- Illinois Agiliy Test
- Drop Jump Test	- Countermovement Jump Test	- Antropometrik ölçümler

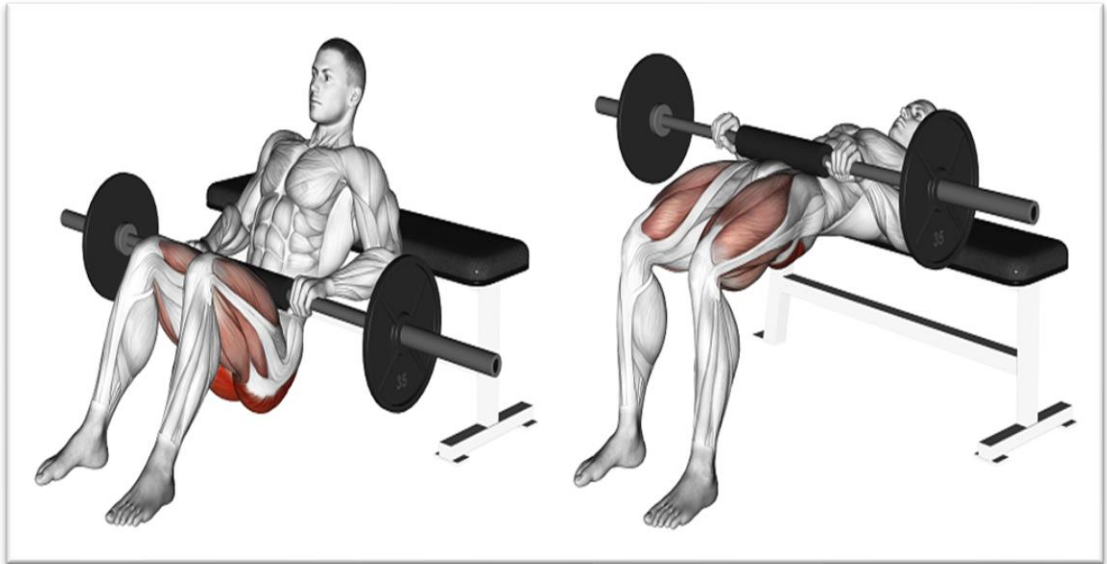
Şekil 12. Uygulanacak performans ölçüm testleri



Şekil 13. Eksantrik askı aparatı

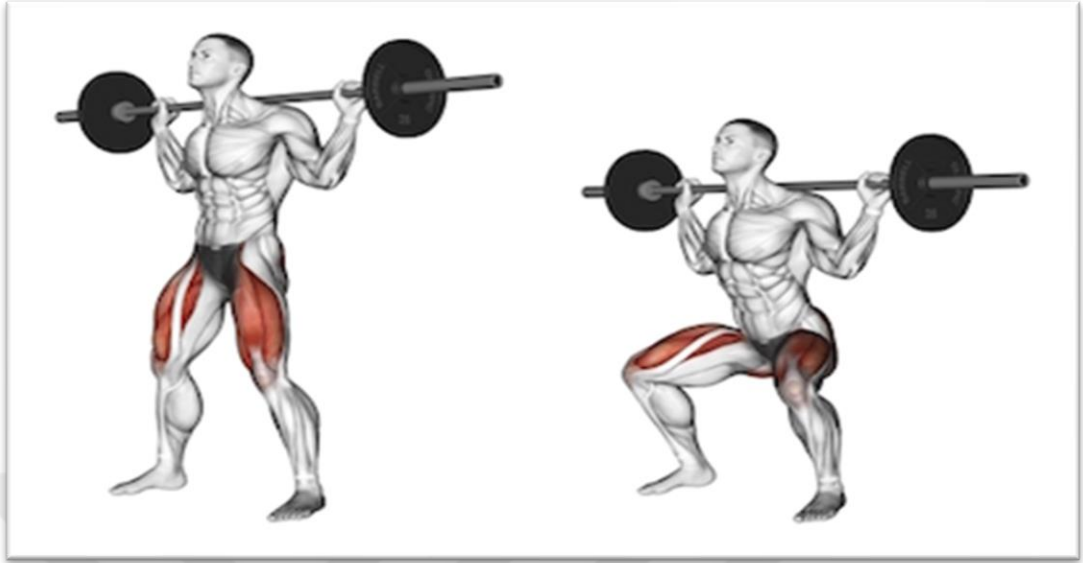
5.2.4. Antrenmanda uygulanacak hareketler

5.2.4.1. Hip thrust



Şekil 14. Hip Thrust hareketi (<https://www.thetrendspotter.net/how-to-do-a-hip-thrust/> Erişim Tarihi: 08.09.2022)

5.2.4.2. Back squat



Şekil 15. Back squat hareketi (<http://www.jasestuart.com/barbell-back-squats>
Erişim Tarihi 08.09.2022)

Geleneksel İlave Eksantrik Yük Grubu

1.set 8 tekrar	180 saniye dinlenme	2.set 8 tekrar	180 saniye dinlenme	3.set 8 tekrar
-------------------	------------------------	-------------------	------------------------	-------------------

Hızlı uygulanan Antrenman Programı

Hareket temposu 0.0.0.0 (eksantrik,izometrik,konsantrik,cluster)

Geleneksel ilave eksantrik yük hızlı antrenman programı hareket temposuna göre her fazın (eksantrik,izometrik,konsantrik,cluster) bekleme yapılmadan hızlı bir şekilde yapılmasını içerir. Back squat ve hip thrust hareketleri için katılımcı 1MT %50 si barda sabit %30 eksantrik askıya yüklenmiş bir şekilde %80 (1MT) ile hızlı bir eksantrik faz gerçekleştirdi. Eksantrik askı bardan ayrıldıktan hemen sonra hızlı bir şekilde barda takılı olan 1MT %50 si ile konsantrik faz gerçekleştirildi.Yardımcılar 3 saniye içinde askıyı bara takarak 2.tekrarı başlattılar ve bu şekilde 8 tekrar gerçekleştirildi. Ardından 3 dakikalık setler arası dinlenme yapıldı ve 2 ve 3.set aynı protokol çerçevesinde gerçekleştirildi. Diğer harekete geçmeden 5 dakika dinlenme verildi.

Yavaş Uygulanan Antrenman Programı

Hareket temposu 3.0.0.0 (eksantrik,izometrik,konsantrik,cluster)

Geleneksel ilave eksantrik yük yavaş antrenman programı hareket temposuna göre eksantrik fazın 3 saniye diğer fazların ise hiç bekleme yapılmadan hızlı bir şekilde yapılmasını içerir. 1MT %50 si barda sabit %30 eksantrik askıya yüklenmiş bir şekilde %80 (1MT) ile yavaş bir eksantrik faz gerçekleştirdi. Eksantrik askı bardan ayrıldıktan hemen sonra hızlı bir şekilde konsantrik faz gerçekleştirildi.Yardımcılar 3 saniye içinde askıyı bara takarak 2.tekrarı başlattılar ve bu şekilde 8 tekrar gerçekleştirildi. Ardından 3 dakikalık setler arası dinlenme yapıldı ve 2 ve 3.set aynı protokol çerçevesinde gerçekleştirildi. Diğer harekete geçmeden 5 dakika dinlenme verildi.

Şekil 16. Geleneksel ilave eksantrik yük grubu antrenman protokolü

Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük Grubu

1 . set 2-tekrar	20 saniye dinlenme	1.set 2-tekrar	20 saniye dinlenme	1.set 2-tekrar	20 saniye dinlenme	1.set 2-tekrar
---------------------	-----------------------	-------------------	-----------------------	-------------------	-----------------------	-------------------

120 saniye dinlenme

2 .set 2-tekrar	20 saniye dinlenme	2.set 2-tekrar	20 saniye dinlenme	2.set 2-tekrar	20 saniye dinlenme	2.set 2-tekrar
--------------------	-----------------------	-------------------	-----------------------	-------------------	-----------------------	-------------------

120 saniye dinlenme

3 .set 2-tekrar	20 saniye dinlenme	3.set 2-tekrar	20 saniye dinlenme	3.set 2-tekrar	20 saniye dinlenme	3.set 2-tekrar
--------------------	-----------------------	-------------------	-----------------------	-------------------	-----------------------	-------------------

Hızlı uygulanan Antrenman Programı

Hareket temposu 0.0.0.2^(eksantrik,izometrik,konsantrik,cluster)

Kümelenmiş ilave eksantrik yük hızlı antrenman programı hareket temposuna göre her fazın (eksantrik,izometrik,konsantrik,cluster) bekleme yapılmadan hızlı bir şekilde yapılmasını içerir. Katılımcı back squat ve hip thrust hareketleri için 1MT %50 si barda sabit %30 eksantrik askıya yüklenmiş bir şekilde %80 (1MT) ile hızlı bir eksantrik faz gerçekleştirdi. eksantrik askı bardan ayrıldıktan hemen sonra hızlı bir şekilde 1MT %50 si ile konsantrik faz gerçekleştirildi. Yardımcılar 3 saniye içinde askıyı bara takarak 2.tekrarı başlattılar.her iki tekrarda bir 20 saniyelik ara dinlenme verildi. Böylelikle 8 tekrar sonunda set içi 1 (bir) dakika diğer sete kadar 2 (iki) dakika toplamada 3 dakikalık dinlenme ile çalışma gerçekleştirildi. Diğer harekete geçmeden 5 dakika dinlenme verildi.

Yavaş Uygulanan Antrenman Programı

Hareket temposu 3.0.0.2^(eksantrik,izometrik,konsantrik,cluster)

Kümelenmiş ilave eksantrik yük yavaş antrenman programı hareket temposuna göre eksantrik fazın 3 saniye diğer fazların ise hiç bekleme yapılmadan hızlı bir şekilde yapılmasını içerir. 1MT %50 si barda sabit %30 eksantrik askıya yüklenmiş bir şekilde %80 (1MT) ile yavaş bir eksantrik faz gerçekleştirdi. Eksantrik askı bardan ayrıldıktan hemen sonra hızlı bir şekilde konsantrik faz gerçekleştirildi. Yardımcılar 3 saniye içinde askıyı bara takarak 2.tekrarı başlattılar. her iki tekrarda bir 20 saniyelik ara dinlenme verildi. Böylelikle 8 tekrar sonunda set içi 1 (bir) dakika diğer sete kadar 2 (iki) dakika toplamada 3 dakikalık dinlenme ile çalışma gerçekleştirildi. Diğer harekete geçmeden 5 dakika dinlenme verildi.

Şekil 17. Kümelenmiş ilave eksantrik yük grubu antrenman protokolü

5.3. Gereç

5.3.1. Boy ve vücut ağırlığı ölçümleri

Boy ölçümleri çıplak ayakla stadiometre kullanarak yapılmıştır. Her iki bacak üzerinde dengeli bir biçimde dururken başları dik pozisyonda, kollar vücudun yan tarafında ve avuç içleri bacaklara dönük olacak şekilde; kalça, topuklar ve kürek kemikleri dikey konumdaki platforma temas edecek şekilde ve denekler dik pozisyonda ayakta dururken boy ölçümleri alınmıştır (Kayihan ve Ersoz, 2010).

Vücut ağırlığı ölçümleri 0.01 kg'a duyarlı dijital göstergeli bir baskül kullanılarak yapılmıştır. Ölçümlerden önce ağırlıkları bilinen 50 gr'lık, 100 gr'lık, 250 gr'lık, 1 kg'lık ve 5 kg'lık ağırlıklar tek tek tartılarak ölçme hatası olmadığı görülmüştür. (Kayihan ve Ersoz, 2010).

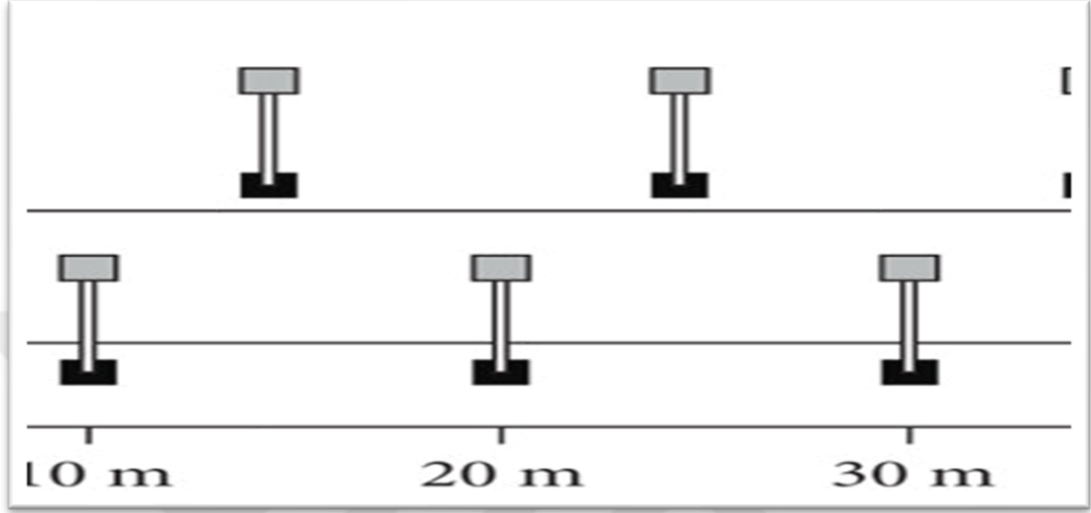
5.3.2. Maksimal kuvvet testi

Katılımcılar testten önce sabit bir bisiklet üzerinde 5 dakika bisiklet sürerek ısındılar. Bir dakikalık bir dinlenme süresinden sonra, katılımcılar hafif bir yükün 8-10 tekrarı (tahmin edilen 1MT'nin ~%50'si) yapılarak back squat ve hip thrust hareketlerine aşına oldular. Üç dakikalık bir dinlenmeden sonra, katılımcılar tüm hareket aralığı boyunca bir yük (tahmini 1MT'nin ~ %80'i) ile gerçekleştirdiler. Her başarılı performanstan sonra, başarısız bir deneme gerçekleşene kadar ağırlık arttı. Her deneme arasında üç dakikalık dinlenmeler verildi ve 1-MT'ye 6 denemede ulaşıldı ve her testte beş dakikalık dinlenme verildi. Toparlanmayı kolaylaştırmak ve yorgunluğun etkisini azaltmak için hareketler dönüşümlü olarak uygulandı (Seo DI, 2012).

5.3.3. 10-20-30 Metre sprint test

Sürat yetisini ölçmek için her 10 metrede bir sensörlü kapı kullanılarak (0-10 , 0-20 ve 0-30 m) 30 m bir sürat koşusu testi yapıldı. Sürat koşusu testi, açık havada sert bir zeminde yapıldı. Katılımcılar, koşuya ilk kapının yaklaşık 0,5 m arkasında ayakta başlangıç pozisyonundan başladılar. Fotoseller, uzuv hareketi nedeniyle yanlış bir sinyal yerine gövdenin hareketini yakalamak için yerden 0,6 m yükseğe (yaklaşık olarak kalça hizasına) yerleştirildi. 10 metre arayla dizilmiş yatay hız kaydeden 2

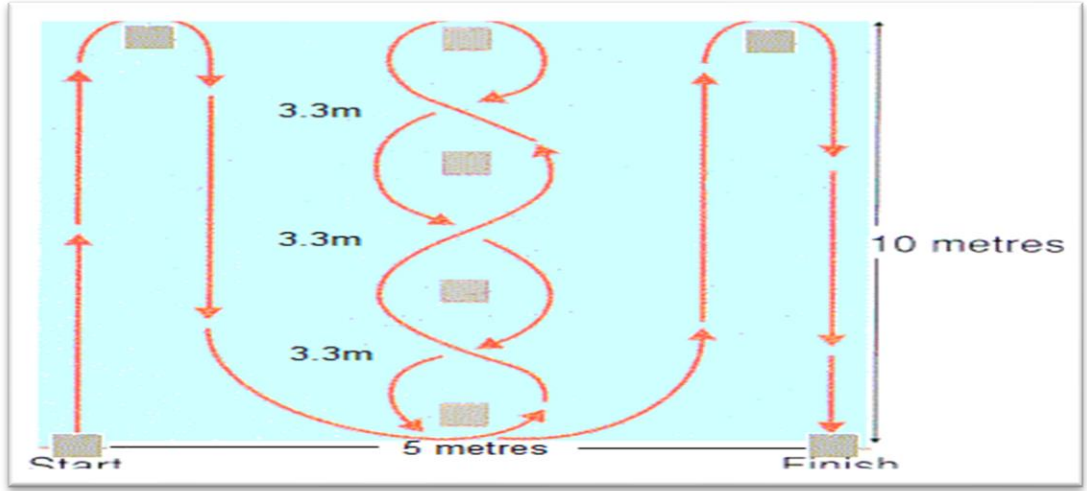
kızılötesi fotoelektrik kapı (Fusion Sport Smart Speed) ile ara değerler ölçüldü. Ölçümlerde 2 deneme yapıldı. Tekrarlar arası beş dakika dinlenme verildi. En iyi süre saniye cinsinden kayıt altına alındı (şekil 18) (Meylan ve Malatesta, 2009).



Şekil 18. 10-20-30m sürat testi (Chang ve ark., 2020).

5.3.4. Illinois çeviklik testi

Katılımcıların ani yön değiştirme hız performansı illinois çeviklik testi ile ölçülmüştür. Katılımcılardan maksimum hızda koşmaları istendi ve tekrarlar arası üç dakika dinlenme verilerek 2 kez tekrarlandı. En iyi değer saniye cinsinden kaydedildi. Katılımcıların koşu hızı hata payı 0,01/sn olan fotoseller (Smartspeed, Fusion Sport,) ile ölçülmüştür (şekil 19) (Doğru ve ark., 2020).

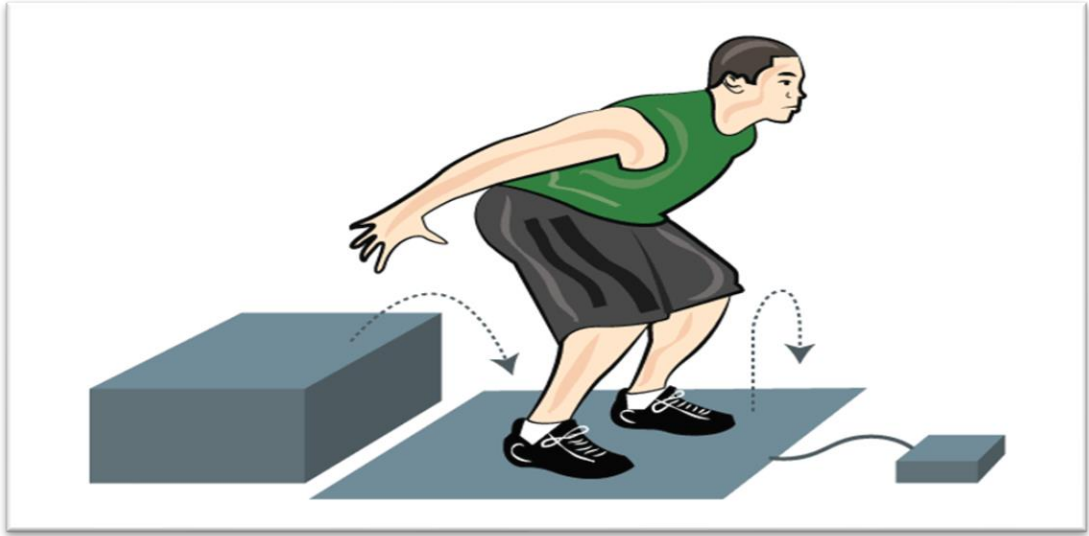


Şekil 19. Illinois çeviklik test parkuru (<https://www.brianmac.co.uk/illinois.htm>. Erişim Tarihi: 08.09.2022)

5.3.5. Drop jump test

Derinlik sıçraması değerlendirmesi iki taraflı olarak 0,50 m'den yükseklikten gerçekleştirildi (Douglas ve ark., 2018). Katılımcılar, her deneme arasında üç dakikalık toparlanma ile 3 maksimum deneme yaparak testi tamamladılar.

Katılımcılara, elleri belde derinlik sıçramalarını yapmaları ve harekete başlamadan evvel kutudan öne çıkmaları talimatı verildi. Açık bir şekilde, yerle temas sürelerini en aza indirmeleri ve yapabildikleri en yüksek seviyeye sıçramaları söylendi. Böylelikle; kısa bir yer temas süresine öncelik verildi. Tekniğin önemli ölçüde tehlikeye girdiği denemelerin kabul edilmediği durumlarda test tekrarlandı (şekil 20). Tüm sıçramalar eşzamanlı olarak iPhone 8plus (Balsobre, ıspanya) akıllı telefonunun 240 Hz yüksek hızlı video çekim özelliği ile kaydedildi. (Carlos ve ark., 2015; Bogataj ve ark.,2020; Turgut ve ark., 2018). Video çekimleri frontal düzlemde, sıçrama yapan katılımcının ayak parmaklarına odaklanarak yaklaşık 1.5m'lik mesafede gerçekleştirildi. Kaydedilen videolar MyJump akıllı telefon uygulaması kullanılarak analiz edildi (Carlos ve ark., 2015; Bogataj ve ark.,2020; Turgut ve ark., 2018).



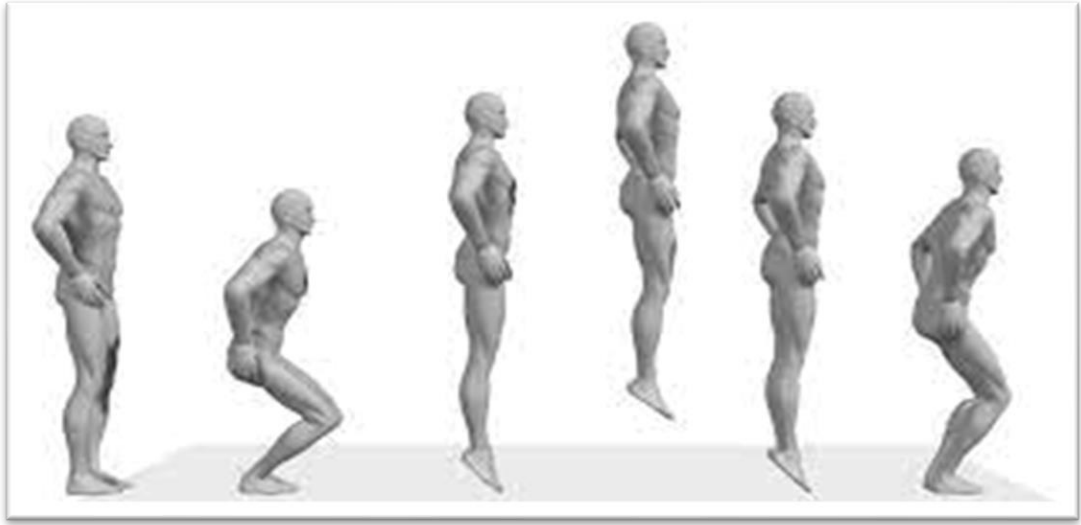
Şekil 20. Drop jump testi (<https://www.topendsports.com/testing/tests/drop-jump.htm>. Erişim Tarihi: 08.09.2022)

5.3.6. Countermovement jump test

Katılımcılar bacaklar kalça genişliğinde açık bir pozisyonda eller kalça üzerinde olacak şekilde sabitlenip yaklaşık 90^0 diz fleksiyonuna kadar hızlı bir çömelmenin ardından hiç beklemeden mümkün olduğunca hızlı bir şekilde yukarıya doğru dikey bir sıçrama gerçekleştirdiler.

Kalkış anında dizlerin bükülmemesine ve iniş sırasında her iki ayağın temas alanı içerisinde olmasına dikkat edildi. Üç dakikalık dinlenmeler içeren 3 tekrar yapıldı en iyi sonuç kaydedildi. Yanlış teknikle yapan katılımcılar için test tekrar edildi (şekil 21) (Pleša ve ark., 2022).

Tüm sıçramalar eşzamanlı olarak iPhone 8plus (Balsobre, İspanya) akıllı telefonunun 240 Hz yüksek hızlı video çekim özelliği ile kaydedildi (Carlos ve ark., 2015; Bogataj ve ark.,2020; Turgut ve ark., 2018). Video çekimleri frontal düzlemde, sıçrama yapan katılımcının ayak parmaklarına odaklanarak yaklaşık 1.5m'lik mesafede gerçekleştirildi. Kaydedilen videolar MyJump akıllı telefon uygulaması kullanılarak analiz edildi (Carlos ve ark., 2015; Bogataj ve ark.,2020; Turgut ve ark., 2018).



Şekil 21. Countermovement jump test (Alptekin ve ark., 2017)

5.3.7. My jump2 akıllı telefon uygulaması

Dikey sıçrama performansı, antrenörlerin, kondisyonerlerin ve spor bilimcilerinin alt ekstremité patlayıcı güç performansını belirlenmesinde kullandıkları önemli test yöntemlerinden biridir. Dikey sıçrama performansı genel olarak atletik yeteneğin bir göstergesi olarak kabul edilir. Bu özelliğin ölçülmesi aynı zamanda yetenek taramasında, antrenman programlarının hazırlanmasında ve fiziksel durumunun belirlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır (Buchheit ve Spencer, 2010; de Villarrea ve ark., 2011; Taipale ve ark., 2013; Rodacki ve ark., 2022).

Ayrıca dikey sıçrama performansı ile sinir-kas yorgunluğu arasında bir ilişki olduğu, bu nedenle sporcularda antrenman etkilerini görmek değerlendirmek için kullanıldığı bildirilmiştir (Gathercole ve ark., 2015). Performans değerlendirmesi için bu kadar önemli olan bir özelliğin geçerli ve güvenilir bir şekilde ölçmek için birçok cihaz ve yöntem geliştirilmiştir. Bunlar arasında en yaygın olarak kullanılan temas matları (Just Jump System, Ergo Jump), hız sistemleri (GymAware, ivme ölçerler), lineer pozisyon dönüştürücüleri (OptoJump, Myotest, Vertec) ve kuvvet platformları bulunmaktadır (Casartelli ve Müller, 2010; Glatthorn ve ark., 2011; Requena ve ark., 2012; Pueo ve ark., 2017; Haynes ve ark., 2018).

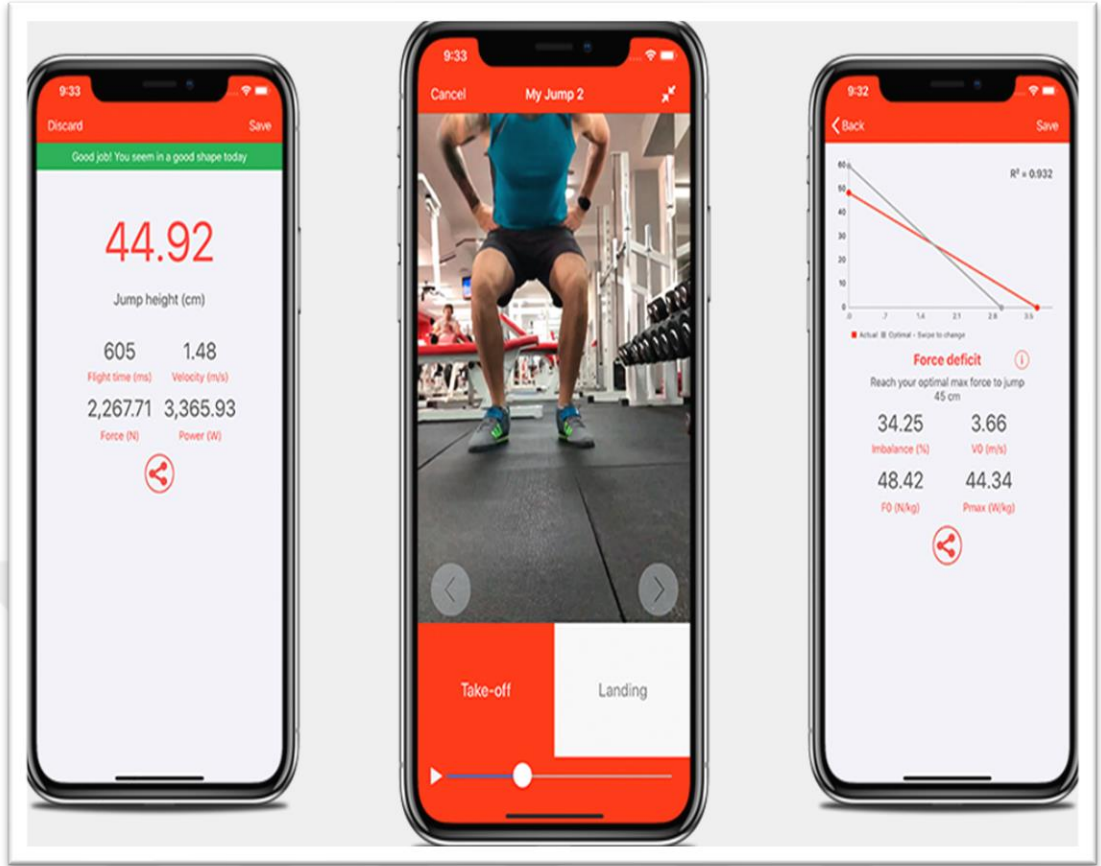
Kuvvet platformları dikey sıçramanın ölçülmesinde “altın standart” olarak kabul edilmektedir (Kibele, 1998; Moir, 2008; Glatthorn ve ark., 2011; Requena ve ark.,

2012). Kuvvet platformları sıçrama esnasında platform üzerindeki ve havada kalınan süreleri çok yüksek frekans aralığında (500-1000 Hz) ölçerek sıçrama yüksekliğini hesaplanmasını sağlamaktadır (Walsh ve ark., 2006; Glatthorn ve ark., 2011). Fakat bununla birlikte kuvvet platformları boyut, ağırlık ve pratik kullanım açısından dezavantajlara sahiptir. Bu nedenlerden dolayı da bu yöntem pratik ve kullanışlı olduğu söylenemez.

Kısa bir süre önce akıllı telefon üreticisi olan Apple Şirketi (USA), 120 Hz (iPhone 5S) ve 240 Hz'ye (iPhone 6S) kadar yüksek hızlarda kayıt yapabilen telefon geliştirerek piyasaya sürmüştür (şekil 22).

Bu teknoloji ile birlikte tasarımcılar dikey sıçramanın ölçülmesi için “MyJump” ismini verdikleri pratik ve kullanışlı bir akıllı telefon uygulaması geliştirmişlerdir (Balsalobre ve ark., 2015). MyJump akıllı telefon uygulaması sporcunun sıçrama esnasında havada kaldığı süreyi notasyon yöntemini kullanarak belirledikten sonra dikey sıçrama yüksekliğini hesaplayan bir uygulamadır.

MyJump akıllı telefon uygulamasının geçerliliği ve güvenilirliği daha önce tasarımcıları tarafından kuvvet platformu kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Balsalobre ve ark., 2015). Çalışmalarının sonucunda çok yüksek sınıf içi korelasyon katsayıları (ICC) (0,97–0,99), Pearson korelasyonları ($r=0,97-0,99$) ve küçük ortalama farklılıklarını (0,2 cm) rapor etmişlerdir. (Turgut ve ark., 2018)



Şekil 22. My jump2 uygulaması (https://www.carlos-balsalobre.com/index_sp.html
Erişim Tarihi: 08.09.2022)

5.4.İstatistiksel analiz

Araştırma kapsamında belirlenen hipotezlere uygun olarak toplanan veri seti elektronik ortamda kayıt altına alınmıştır. Elde edilen verilerin analiz kısmında homojenliği tespit etmek için Skewness ve Kurtosis değerleri ve Kolmogorov-Smirnov değerleri incelenmiştir. Gruplar arası ön-ara-son test ortalamalarını karşılaştırmak için Tekrarlı Ölçümler için Anova testi kullanılmıştır. Grup içi ön-son test ortalamalarını karşılaştırmak için ise Sample T-Testi kullanılmıştır. Tüm istatistiksel analizler için anlamlılık değeri $p<0.05$ olarak belirlenmiştir. İstatistiksel analizler SPSS 26.0 (Armonk, NY: IBM Corp, 2019) paket programı kullanılarak yapılmıştır.

6. BULGULAR

6.1. Katılımcıların Tanımlayıcı Bilgileri

Çalışmaya Feriköy Spor Kulübünden en az 2 yıl kuvvet antrenmanı geçmiş olan ($\bar{X}_{\text{yaş}}$: $18,78 \pm 0,83$ yıl, $\bar{X}_{\text{boy}_{\text{uzn.}}}$: $173,34 \pm 7,23$ cm., $\bar{X}_{\text{vüc. ağır.}}$: $69,59 \pm 6,02$ kg.) 32 amatör erkek futbolcu katılmıştır.

Gruplar	Back squat ortalamaları (kg)		Hip thrust ortalamaları (kg)	
KİEY _{H/Y}	79,62±7,87	81,81±7,00	67,50±8,21	70,12±7,65
KİEY _{Y/H}	84±5,68		72,75±6,51	
GİEY _{H/Y}	84,37±12,08	84,37±9,46	67,75±6,38	69,50±5,91
GİEY _{Y/H}	83,30±6,78		71,25±5,20	

Şekil 23. Back squat ve hip thrust 1MT ortalamaları

Futbolculara Uygulanan Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük ve Geleneksel İlave Eksantrik Yük Antrenmanı arasındaki DJ-RKİ değerlerindeki farklılığa ilişkin Tekrarlı Ölçümler Anova Sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

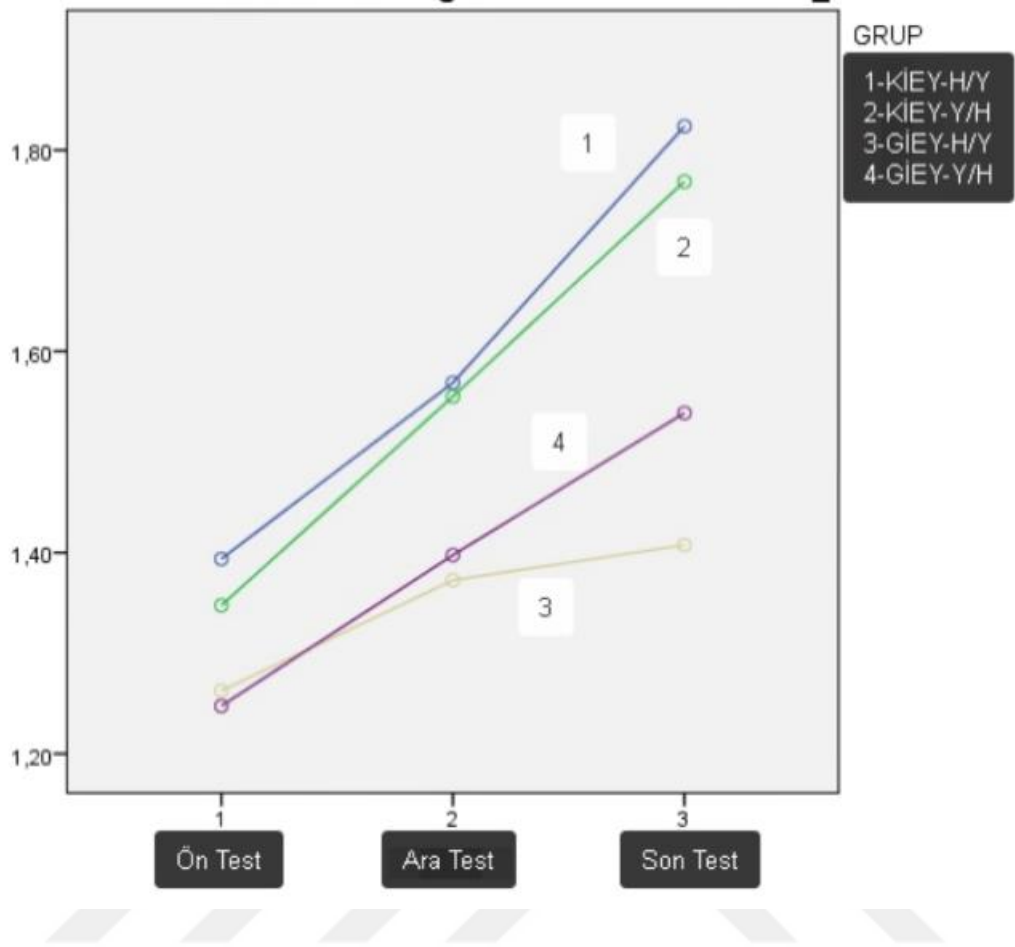
Tablo 1. Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük ve Geleneksel İlave Eksantrik Yük Antrenmanı arasındaki DJ-RKİ değerlerindeki farklılığa ilişkin Tekrarlı Ölçümler Anova Sonuçları.

Ölçüm	Yöntem	Grup	Ön Test ($\bar{x} \pm Ss$)	Ara Test ($\bar{x} \pm Ss$)	Son Test ($\bar{x} \pm Ss$)	Ön Ara Gelişim	Ara Son Gelişim	F	P	η^2
DJ- RKİ*	KİEY*	H/Y*	1,39 $\pm$,218	1,54 $\pm$,210	1,77 $\pm$,174	%11	%15	3,414	,031	0,26
		Y/H*	1,34 $\pm$,287	1,52 $\pm$,217	1,71 $\pm$,211	%13	%13			
	GİEY*	H/Y*	1,26 $\pm$,155	1,37 $\pm$,141	1,40 $\pm$,160	%9	%3			
		Y/H*	1,24 $\pm$,117	1,34 $\pm$,117	1,46 $\pm$,123	%8	%9			

*KİEY: kümelenmiş İlave eksantrik Yük *GİEY: geleneksel ilave eksantrik yük *H/Y: hızlı/yavaş *Y/H: yavaş/hızlı
*DJ-RKİ: drop jump reaktif kuvvet indeksi

Tablo 1 incelendiğinde 4 farklı antrenman protokolüne katılan futbolcuların DJ-RKİ değerlerinin ön ara ve son test değerleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir [$F_{(3-28)}=3,414$, $p < 0.05$].

4 farklı protokol grubunun ön-ara ve ara-son testleri arasındaki yüzdesel değişim oranları incelendiğinde ise KİEY gruplarının ön-ara test yüzdesel gelişimleri diğer protokollerden daha fazla olduğu görülmektedir. Ara son testler bakımından incelendiğinde ise yine KİEY test protokolü gruplarının GİEY gruplarına göre yüzdesel gelişimlerinde daha fazla artış görülmektedir. Buna göre hızlı ile başlayıp yavaş ile devam eden KİEY, en etkili antrenman yöntemi olarak belirlenmiştir.



Şekil 24. Grupların DJ-RKİ performanslarının karşılaştırılması

Futbolculara Uygulanan Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük ve Geleneksel İlave Eksantrik Yük Antrenmanı arasındaki CMJ değerlerindeki farklılığa ilişkin Tekrarlı Ölçümler Anova Sonuçları Tabalo 2’ de Verilmiştir.

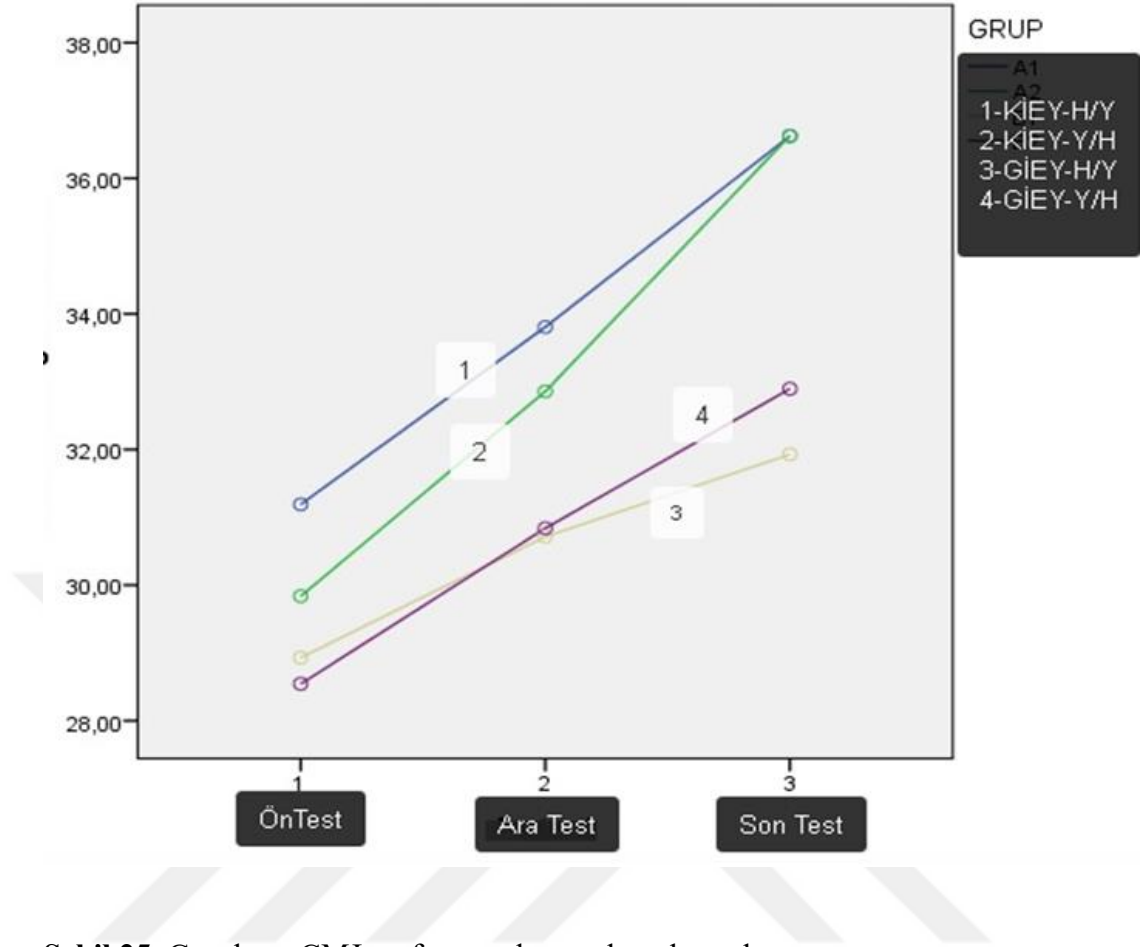
Tablo 2. Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük ve Geleneksel İlave Eksantrik Yük Antrenmanı arasındaki CMJ değerlerindeki farklılığa ilişkin Tekrarlı Ölçümler Anova sonuçları.

Ölçüm	Yöntem	Grup	Ön Test ($\bar{x} \pm Ss$)	Ara Test ($\bar{x} \pm Ss$)	Son Test ($\bar{x} \pm Ss$)	Ön-Ara Gelişim	Ara-Son Gelişim	F	P	η^2
CMJ*	KİEY*	H/Y*	31,19 $\pm$ 2,76	33,80 $\pm$ 1,42	36,62 $\pm$ 1,39	%9	%8	5,550	,004	0,37
		Y/H*	29,83 $\pm$,812	32,85 $\pm$,608	36,62 $\pm$ 1,15	%10	%11			
	GİEY*	H/Y*	28,93 $\pm$ 1,82	30,71 $\pm$ 1,77	31,92 $\pm$ 1,21	%6	%4			
		Y/H*	28,54 $\pm$ 3,52	30,83 $\pm$ 2,94	32,89 $\pm$ 3,17	%8	%7			

*KİEY: kümelenmiş İlave eksantrik Yük *GİEY: geleneksel ilave eksantrik yük *H/Y: hızlı/yavaş *Y/H: yavaş/hızlı
*CMJ: countermovement jump

Tablo 2 incelendiğinde 4 farklı antrenman protokolüne katılan futbolcuların CMJ değerlerinin ön ara ve son test değerleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir [$F_{(3-28)}=5,550$, $p<0.05$].

4 farklı protokol grubunun ön-ara ve ara-son testleri arasındaki yüzdesel değişim oranları incelendiğinde ise KİEY gruplarının ön ara test yüzdesel gelişimleri diğer protokollerden daha fazla olduğu görülmektedir. Ara son testler bakımından incelendiğinde ise yine KİEY test protokolü gruplarının GİEY gruplarına göre yüzdesel gelişimlerinde daha fazla artış görülmektedir. Buna göre yavaş ile başlayıp hızlı ile devam eden KİEY, en etkili antrenman yöntemi olarak belirlenmiştir.



Şekil 25. Grupların CMJ performanslarının karşılaştırılması

Futbolculara Uygulanan Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük ve Geleneksel İlave Eksantrik Yük Antrenmanı arasındaki Illinois Çeviklik Testi (İÇT) değerlerindeki farklılığa ilişkin Tekrarlı Ölçümler Anova Sonuçları Tablo 3’de Verilmiştir.

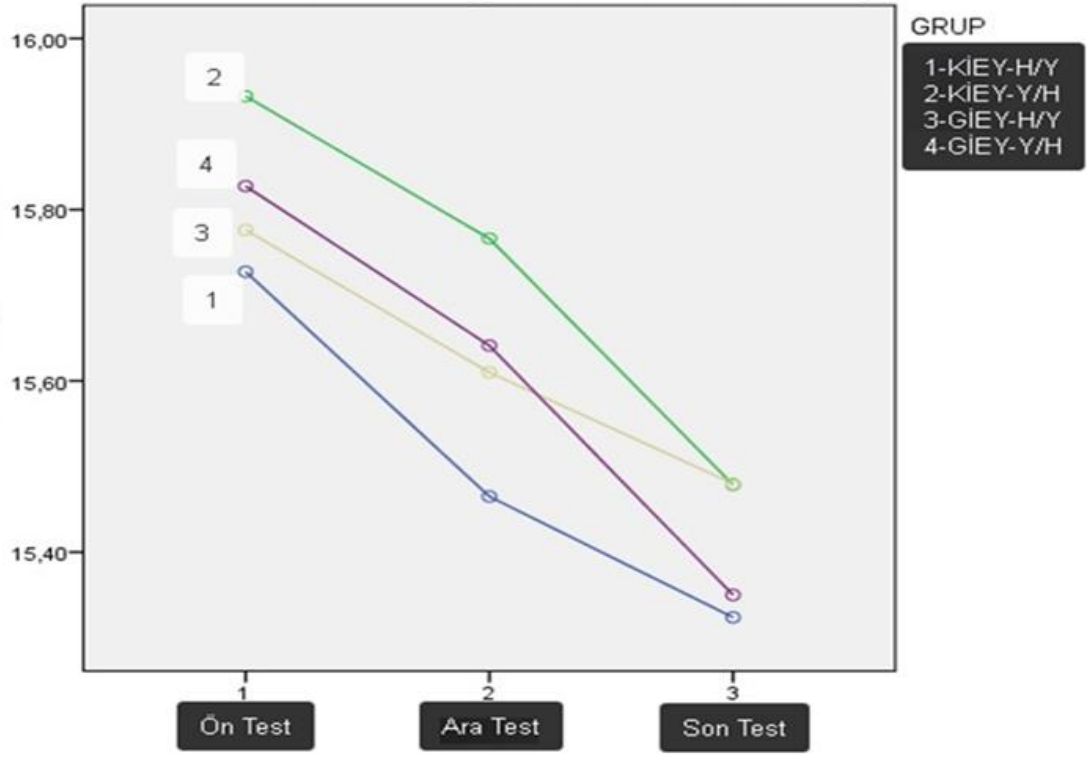
Tablo 3. Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük ve Geleneksel İlave Eksantrik Yük Antrenmanı arasındaki İÇT değerlerindeki farklılığa ilişkin Tekrarlı Ölçümler Anova Sonuçları.

Ölçüm	Yöntem	Grup	Ön Test ($\bar{x} \pm Ss$)	Ara Test ($\bar{x} \pm Ss$)	Son Test ($\bar{x} \pm Ss$)	Ön-Ara Gelişim	Ara-Son Gelişim	F	P	η^2
İÇT*	KİEY*	H/Y*	15,72 $\pm$,255	15,46 $\pm$,252	15,32 $\pm$,249	%2	%1	,806	,501	0,07
		Y/H*	15,93 $\pm$,337	15,76 $\pm$,347	15,47 $\pm$,380	%1	%2			
	GİEY*	H/Y*	15,77 $\pm$,227	15,61 $\pm$,289	15,48 $\pm$,303	%1	%1			
		Y/H*	15,82 $\pm$,319	15,64 $\pm$,275	15,35 $\pm$,222	%1	%1			

*KİEY: kümelenmiş İlave eksantrik Yük *GİEY: geleneksel ilave eksantrik yük *H/Y: hızlı/yavaş *Y/H: yavaş/hızlı
*İÇT: illinois çeviklik testi

Tablo 3 incelendiğinde 4 farklı antrenman protokolüne katılan futbolcuların İÇT değerlerinin ön ara ve son test değerleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığı görülmektedir [$F_{(3-28)}=806$, $p> 0.05$].

4 farklı protokol grubunun ön-ara ve ara-son testleri arasındaki yüzdesel değişim oranları incelendiğinde ise KİEY grupları ön ara test yüzdesel gelişimleri diğer protokollerden daha fazla olduğu görülmektedir. Ara son testler bakımından incelendiğinde ise yine KİEY gruplarının test protokolü diğerlerine göre yüzdesel gelişimleri daha fazla artış görülmektedir. Buna göre yön değiştirme hızı için KİEY, en etkili antrenman yöntemi olarak belirlenmiştir.



Şekil 26. Grupların İÇT performanslarının karşılaştırılması

Futbolculara Uygulanan Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük ve Geleneksel İlave Eksantrik Yük Antrenmanı arasındaki 10 Metre Sürat Testi değerlerindeki farklılığa ilişkin Tekrarlı Ölçümler Anova Sonuçları Tablo 4’de Verilmiştir.

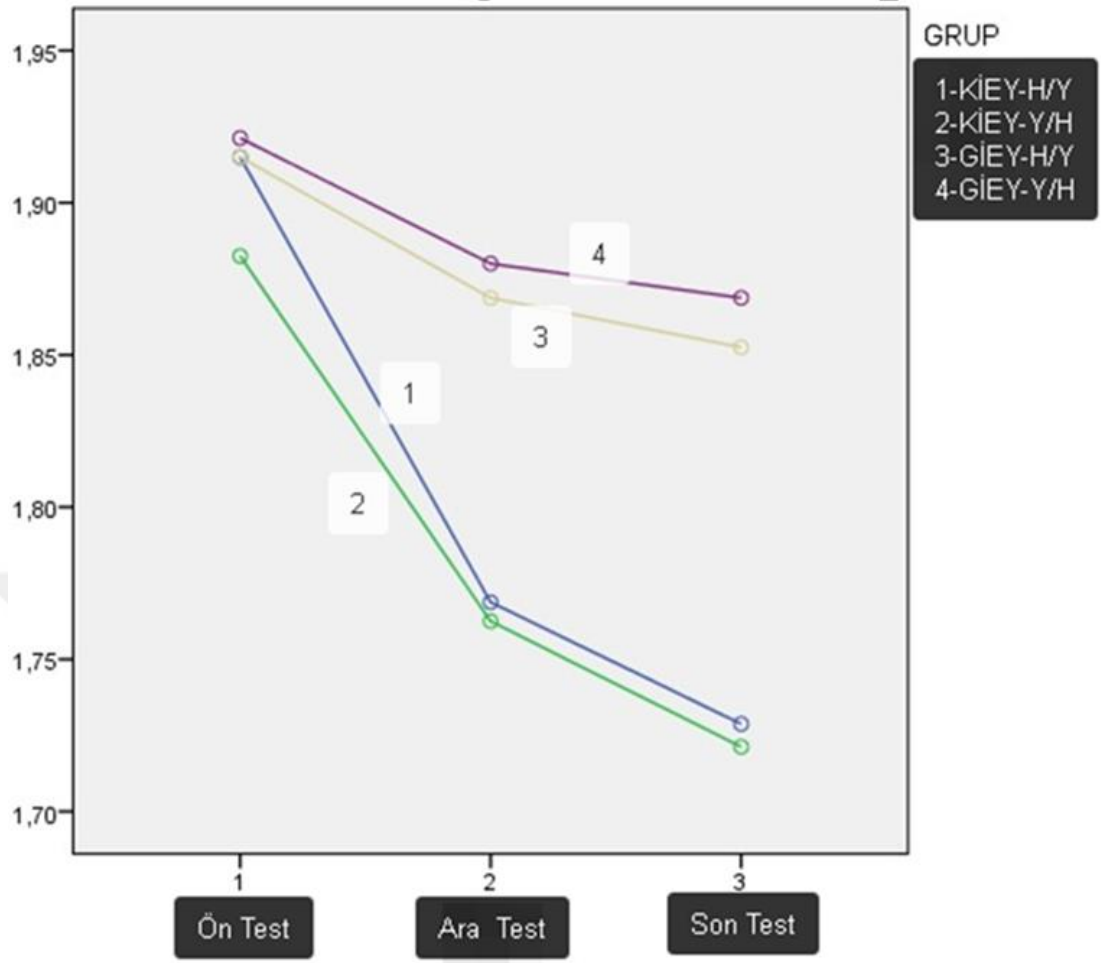
Tablo 4. Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük ve Geleneksel İlave Eksantrik Yük Antrenmanı arasındaki 10m sürat değerlerindeki farklılığa ilişkin Tekrarlı Ölçümler Anova Sonuçları.

Ölçüm	Yöntem	Grup	Ön Test ($\bar{x} \pm Ss$)	Ara Test ($\bar{x} \pm Ss$)	Son Test ($\bar{x} \pm Ss$)	Ön- Ara Gelişim	Ara- Son Gelişim	F	P	η^2
10m Sürat Testi	KİEY*	H/Y*	1,91 $\pm$,035	1,76 $\pm$,077	1,72 $\pm$,055	%8	%2	3,207	,038	0,25
		Y/H*	1,88 $\pm$,097	1,76 $\pm$,042	1,72 $\pm$,043	%6	%2			
	GİEY*	H/Y*	1,91 $\pm$,131	1,86 $\pm$,109	1,85 $\pm$,111	%2	%1			
		Y/H*	1,92 $\pm$,089	1,88 $\pm$,097	1,86 $\pm$,085	%2	%1			

*KİEY: kümelenmiş ilave eksantrik Yük *GİEY: geleneksel ilave eksantrik yük *H/Y: hızlı/yavaş *Y/H: yavaş/hızlı

Tablo 4 incelendiğinde 4 farklı antrenman protokolüne katılan futbolcuların 10m sürat değerlerinin ön ara ve son test değerleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir [$F_{(3-28)}=3,207$, $p<0.05$].

4 farklı protokol grubunun ön-ara ve ara-son testleri arasındaki yüzdesel değişim oranları incelendiğinde ise KİEY_{H/Y} ön ara test yüzdesel gelişimleri diğer protokollerden daha fazla olduğu görülmektedir. Ara son testler bakımından incelendiğinde ise KİEY_{Y/H} test protokolü diğerlerine göre yüzdesel gelişimleri daha fazla artış görülmektedir. Buna göre 10m sürat gelişimi için K.İ.E.Y en etkili antrenman yöntemi olarak belirlenmiştir.



Şekil 27. Grupların 10m sürat performanslarının karşılaştırılması

Futbolculara Uygulanan Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük ve Geleneksel İlave Eksantrik Yük Antrenmanı arasındaki 20 Metre Sürat Testi değerlerindeki farklılığa ilişkin Tekrarlı Ölçümler Anova Sonuçları Tablo 5’ de Verilmiştir.

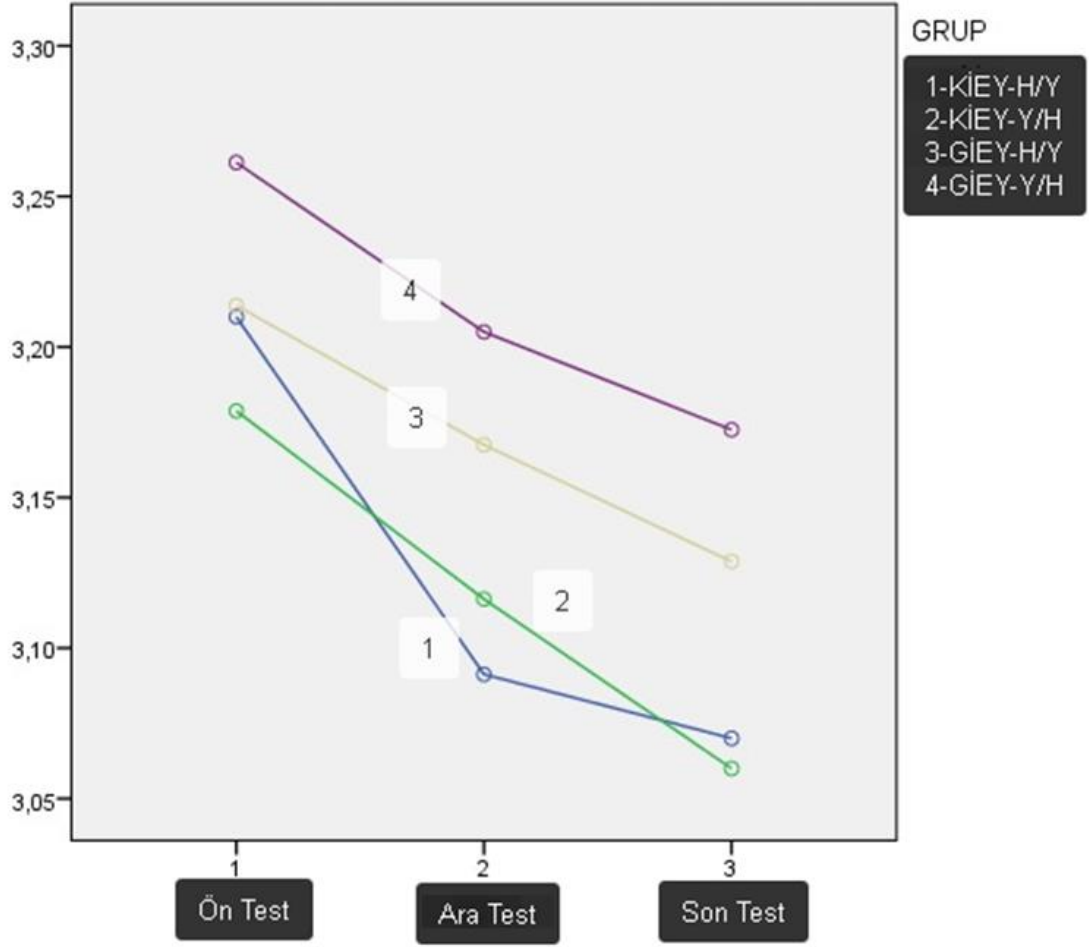
Tablo 5. Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük ve Geleneksel İlave Eksantrik Yük Antrenmanı arasındaki 20 m sürat değerlerindeki farklılığa ilişkin Tekrarlı Ölçümler Anova Sonuçları.

Ölçüm	Yöntem	Grup	Ön Test ($\bar{x} \pm Ss$)	Ara Test ($\bar{x} \pm Ss$)	Son Test ($\bar{x} \pm Ss$)	Ön- Ara Gelişim	Ara- Son Gelişim	F	P	η^2
20 m Sürat	KİEY*	H/Y*	3,21 $\pm$,092	3,09 $\pm$,055	3,07 $\pm$,049	%4	%1	32,635	,000	,538
		Y/H*	3,17 $\pm$,248	3,11 $\pm$,167	3,06 $\pm$,135	%2	%2			
	GİEY*	H/Y*	3,21 $\pm$,123	3,16 $\pm$,098	3,12 $\pm$,098	%1	%1			
		Y/H*	3,26 $\pm$,164	3,20 $\pm$,137	3,17 $\pm$,103	%2	%1			

*KİEY: kümelenmiş İlave eksantrik Yük *GİEY: geleneksel ilave eksantrik yük *H/Y: hızlı/yavaş *Y/H: yavaş/hızlı

Tablo 5 incelendiğinde 4 farklı antrenman protokolüne katılan futbolcuların 20 m sürat değerlerinin ön ara ve son test değerleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir [$F_{(3-28)} = 32,635$, $p < 0.05$].

4 farklı protokol grubunun ön-ara ve ara-son testleri arasındaki yüzdesel değişim oranları incelendiğinde ise KİEY_{H/Y} ön ara test yüzdesel gelişimleri diğer protokollerden daha fazla olduğu görülmektedir. Ara son testler bakımından incelendiğinde ise KİEY_{Y/H} test protokolü diğerlerine göre yüzdesel gelişimleri daha fazla artış görülmektedir. Buna göre 20 m gelişimi için KİEY en etkili antrenman yöntemi olarak belirlenmiştir.



Şekil 28. Grupların 20m sürat performanslarının karşılaştırılması

Futbolculara Uygulanan Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük ve Geleneksel İlave Eksantrik Yük Antrenmanı arasındaki 30 Metre Sürat Testi değerlerindeki farklılığa ilişkin Tekrarlı Ölçümler Anova Sonuçları Tablo 6'da Verilmiştir.

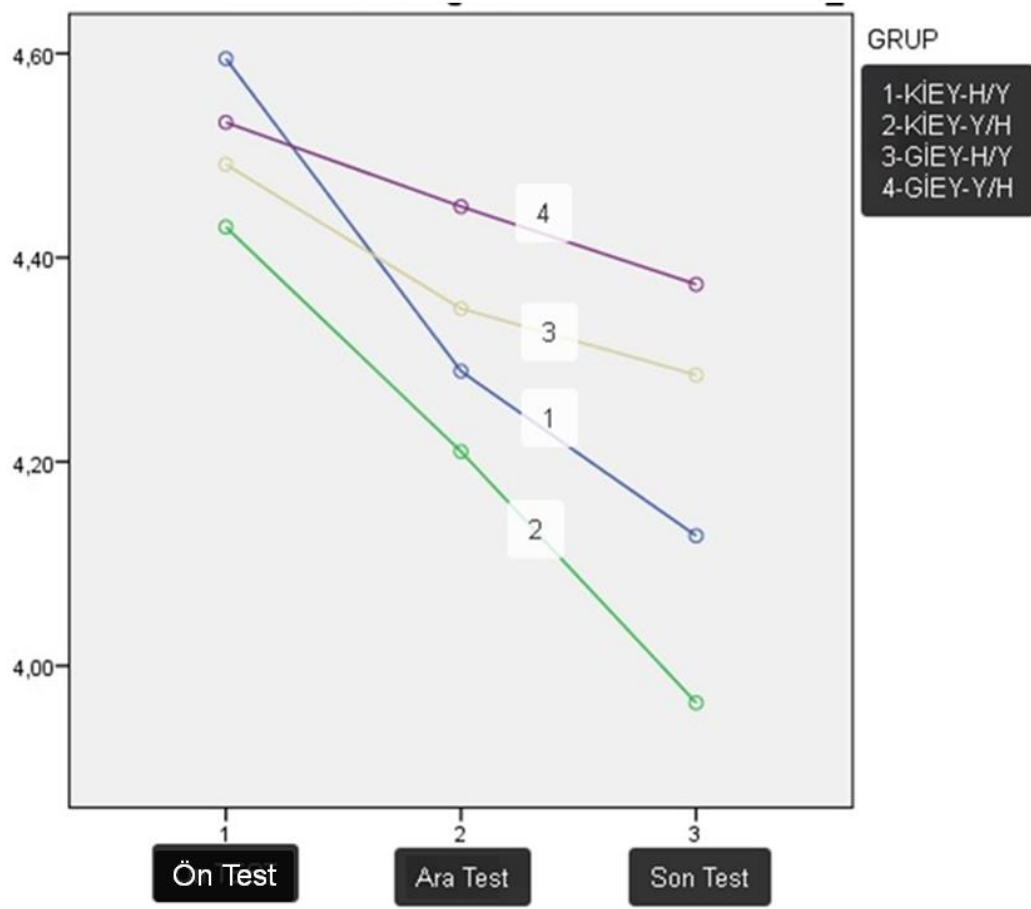
Tablo 6. Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük ve Geleneksel İlave Eksantrik Yük Antrenmanı arasındaki 30m sürat değerlerindeki farklılığa ilişkin Tekrarlı Ölçümler Anova Sonuçları

Ölçüm	Yöntem	Grup	Ön Test ($\bar{x} \pm Ss$)	Ara Test ($\bar{x} \pm Ss$)	Son Test ($\bar{x} \pm Ss$)	Ön- Ara Gelişim	Ara- Son Gelişim	F	P	η^2
30 m Sürat	KİEY*	H/Y*	4,59 $\pm$,220	4,36 $\pm$,131	4,12 $\pm$,119	%5	%2	3,353	,033	,264
		Y/H*	4,43 $\pm$,258	4,25 $\pm$,162	3,96 $\pm$,130	%4	%3			
	GİEY*	H/Y*	4,49 $\pm$,225	4,33 $\pm$,147	4,28 $\pm$,149	%3	%1			
		Y/H*	4,53 $\pm$,191	4,45 $\pm$,189	4,37 $\pm$,190	%2	%2			

*KİEY: kümelenmiş İlave eksantrik Yük *GİEY: geleneksel ilave eksantrik yük *H/Y: hızlı/yavaş *Y/H: yavaş/hızlı

Tablo 6 incelendiğinde 4 farklı antrenman protokolüne katılan futbolcuların 30m sürat değerlerinin ön ara ve son test değerleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir [$F_{(3-28)}=3,353$, $p<0.05$]

4 farklı protokol grubunun ön-ara ve ara-son testleri arasındaki yüzdesel değişim oranları incelendiğinde ise KİEY_{H/Y} ön ara test yüzdesel gelişimleri diğer protokollerden daha fazla olduğu görülmektedir. Ara son testler bakımından incelendiğinde ise KİEY_{Y/H} test protokolü diğerlerine göre yüzdesel gelişimleri daha fazla artış görülmektedir. Buna göre 30 m gelişimi için KİEY en etkili antrenman yöntemi olarak belirlenmiştir.



Şekil 29. Grupların 30m sürat performanslarının karşılaştırılması

Futbolculara Uygulanan Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük ve Geleneksel İlave Eksantrik Yük Antrenmanı arasındaki Back Squat 1MT değerlerindeki farklılığa ilişkin Tekrarlı Ölçümler Anova Sonuçları Tablo 7’de Verilmiştir.

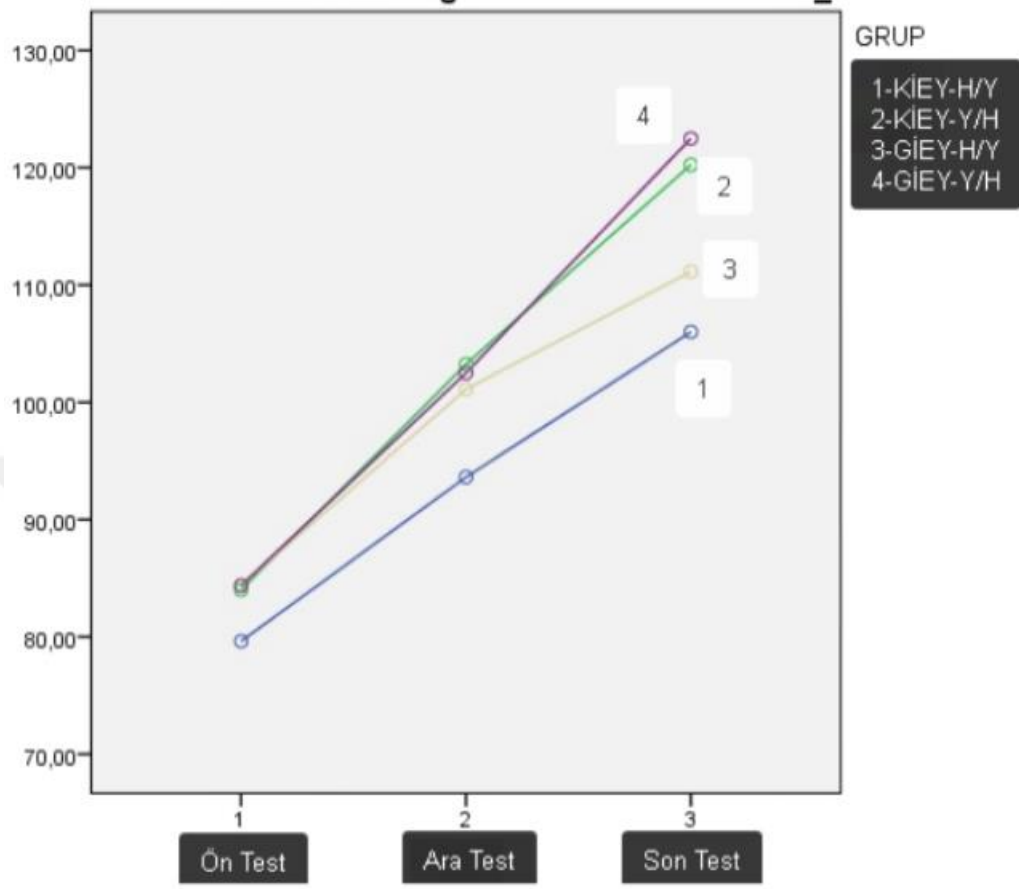
Tablo 7. Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük ve Geleneksel İlave Eksantrik Yük Antrenmanı arasındaki back squat değerlerindeki farklılığa ilişkin Tekrarlı Ölçümler Anova Sonuçları

Ölçüm	Yöntem	Grup	Ön Test ($\bar{x} \pm Ss$)	Ara Test ($\bar{x} \pm Ss$)	Son Test ($\bar{x} \pm Ss$)	Ön-Ara Gelişim	Ara-Son Gelişim	F	P	η^2
BS 1MT*	KİEY*	H/Y*	79,62 $\pm$ 7,87	93,62 $\pm$ 8,79	106,00 $\pm$ 10,50	%18	%13	6,033	,003	0,39
		Y/H*	84,00 $\pm$ 5,68	103,25 $\pm$ 7,51	120,25 $\pm$ 9,09	%23	%16			
	GİEY*	H/Y*	84,37 $\pm$ 12,08	101,12 $\pm$ 18,86	111,12 $\pm$ 20,68	%20	%10			
		Y/H*	84,37 $\pm$ 6,78	102,50 $\pm$ 8,01	122,50 $\pm$ 7,91	%21	%20			

*KİEY: kümelenmiş İlave eksantrik Yük *GİEY: geleneksel ilave eksantrik yük *H/Y: hızlı/yavaş *Y/H: yavaş/hızlı
*BS-1MT: back squat 1 maksimal tekrar

Tablo 7 incelendiğinde 4 farklı antrenman protokolüne katılan futbolcuların back squat değerlerinin ön ara ve son test değerleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir [$F_{(3-28)}=6,033$, $p<0.05$].

4 farklı protokol grubunun ön-ara ve ara-son testleri arasındaki yüzdesel değişim oranları incelendiğinde ise KİEY_{Y/H} ön ara test yüzdesel gelişimleri diğer protokollerden daha fazla olduğu görülmektedir. Ara son testler bakımından incelendiğinde ise GİEY_{Y/H} test protokolü diğerlerine göre yüzdesel gelişimleri daha fazla artış görülmektedir. Buna göre yavaş ile başlayıp hızlı ile devam eden protokoller, maksimal kuvvet gelişimi için en etkili antrenman yöntemi olarak belirlenmiştir.



Şekil 30. Grupların back squat performanslarının karşılaştırılması

Futbolculara Uygulanan Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük ve Geleneksel İlave Eksantrik Yük Antrenmanı arasındaki hip thrust 1MT değerlerindeki farklılığa ilişkin Tekrarlı Ölçümler Anova Sonuçları Tablo 8’de Verilmiştir.

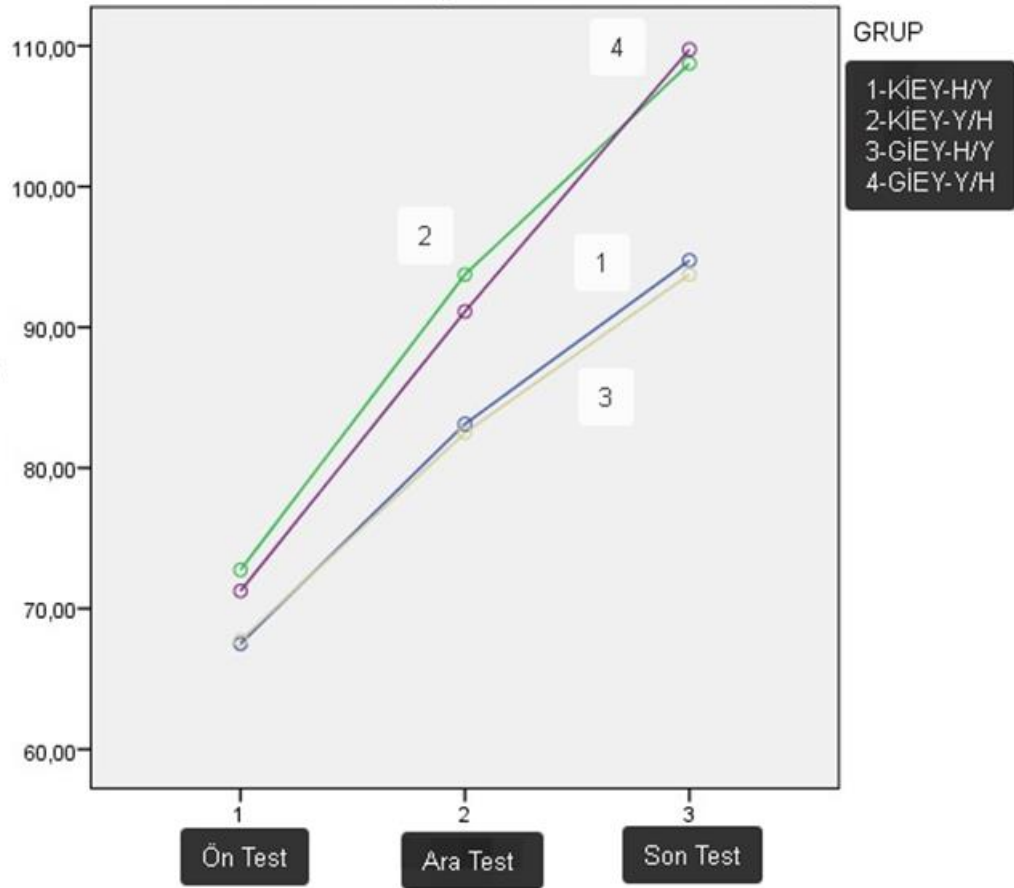
Tablo 8. Kümelenmiş İlave Eksantrik Yük ve Geleneksel İlave Eksantrik Yük Antrenmanı arasındaki hip thrust değerlerindeki farklılığa ilişkin Tekrarlı Ölçümler Anova Sonuçları.

Ölçüm	Yöntem	Grup	Ön Test ($\bar{x} \pm Ss$)	Ara Test ($\bar{x} \pm Ss$)	Son Test ($\bar{x} \pm Ss$)	Ön- Ara Gelişim	Ara- Son Gelişim	F	P	η^2
HT 1MT*	KİEY*	H/Y*	67,50 $\pm$ 8,21	83,12 $\pm$ 7,95	94,75 $\pm$ 10,60	%24	%18	5,355	,005	0,36
		Y/H*	72,75 $\pm$ 6,51	93,75 $\pm$ 6,29	108,75 $\pm$ 6,43	%29	%16			
	GİEY*	H/Y*	67,75 $\pm$ 6,38	82,50 $\pm$ 7,54	93,75 $\pm$ 8,92	%22	%14			
		Y/H*	71,25 $\pm$ 5,20	91,12 $\pm$ 4,05	109,75 $\pm$ 5,28	%28	%20			

*KİEY: kümelenmiş İlave eksantrik Yük *GİEY: geleneksel ilave eksantrik yük *H/Y: hızlı/yavaş *Y/H: yavaş/hızlı
*HT-1MT: hip thrust 1 maksimal tekrar

Tablo 8 incelendiğinde 4 farklı antrenman protokolüne katılan futbolcuların hip thrust değerlerinin ön ara ve son test değerleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir [$F_{(3-28)}=5,355$, $p < 0.05$].

4 farklı protokol grubunun ön-ara ve ara-son testleri arasındaki yüzdesel değişim oranları incelendiğinde ise KİEY_{H/Y} ön ara test yüzdesel gelişimleri diğer protokollerden daha fazla olduğu görülmektedir. Ara son testler bakımından incelendiğinde ise GİEY_{Y/H} test protokolü diğerlerine göre yüzdesel gelişimleri daha fazla artış görülmektedir. Buna göre yavaş ile başlayıp hızlı ile devam eden antrenman protokolü, maksimal kuvvet gelişimi için en etkili antrenman yöntemi olarak belirlenmiştir.



Şekil 31. Grupların Hip thrust performanslarının karşılaştırılması

Tablo 9. KİEY_{H/Y} Grubunun Grup İçi Ön-Son Test Değerlerine İlişkin T-Testi Sonuçları

Grup	Değişken	Ön Test	Son Test	t	p
KİEY _{H/Y}	RKİ	1,39 ± ,218	1,77 ± ,174	-8,796	,000
	CMJ	31,19 ± 2,76	36,62 ± 1,39	-8,299	,000
	10m	1,91 ± ,035	1,72 ± ,055	8,215	,000
	20m	3,21 ± ,092	3,07 ± ,049	4,833	,002
	30m	4,59 ± ,220	4,12 ± ,119	7,403	,000
	İÇT	15,72 ± ,255	15,32 ± ,249	8,413	,000
	BS	79,62 ± 7,87	106,00 ± 10,50	-19,003	,000
	HT	67,50 ± 8,21	94,75 ± 10,60	-21,800	,000

KİEY_{H/Y}: kümelenmiş ilave eksantrik yük hızlı/yavaş DJ-RKİ: drop jum reaktif kuvvet indeksi CMJ: countermovement jump İÇT: illinois çeviklik testi BS1MT: back squat 1 maksimal tekrar HT1MT: hip thrust 1 maksimal tekrar

Tablo 9 incelendiğinde KİEY_{H/Y} grubunun tüm değişkenlerde ön-son test değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmektedir ($p<0.05$).

Tablo 10. KİEY_{Y/H} Grubunun Grup İçi Ön-Son Test Değerlerine İlişkin T-Testi Sonuçları

Grup	Değişken	Ön Test	Son Test	t	p
KİEY_{Y/H}	RKİ	1,34 ± ,287	1,71 ± ,211	-12,004	,000
	CMJ	29,83 ± ,812	36,62 ± 1,15	-26,107	,000
	10m	1,88 ± ,097	1,72 ± ,043	5,813	,001
	20m	3,17 ± ,248	3,06 ± ,135	2,344	,049
	30m	4,43 ± ,258	3,96 ± ,130	5,440	,001
	İÇT	15,93 ± ,337	15,47 ± ,380	7,077	,000
	BS	84,00 ± 5,68	120,25 ± 9,09	-17,456	,000
	HT	72,75 ± 6,51	108,75 ± 6,43	-16,335	,000

KİEY_{Y/H}: kümelenmiş ilave eksantrik yük yavaş/hızlı **DJ-RKİ**: drop jum reaktif kuvvet indeksi **CMJ**: countermovement jump **İÇT**: illinois çeviklik testi **BS1MT**: back squat 1 maksimal tekrar **HT1MT**: hip thrust 1 maksimal tekrar

Tablo 10 incelendiğinde KİEY_{Y/H} grubunun tüm değişkenlerde ön-son test değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmektedir ($p<0.05$).

Tablo 11. GİEY_{H/Y} Grubunun Grup İçi Ön-Son Test Değerlerine İlişkin T-Testi Sonuçları

Grup	Değişken	Ön Test	Son Test	t	p
GİEY_{H/Y}	RKİ	1,26 ± ,155	1,40 ± ,160	-7,186	,000
	CMJ	28,93 ± 1,82	31,92 ± 1,21	-9,826	,000
	10m	1,91 ± ,131	1,85 ± ,111	3,551	,009
	20m	3,21 ± ,123	3,12 ± ,098	3,307	,013
	30m	4,49 ± ,225	4,28 ± ,149	2,771	,028
	İÇT	15,77 ± ,277	15,48 ± ,303	5,822	,001
	BS	84,37 ± 12,08	111,12 ± 20,68	-6,844	,000
	HT	63,75 ± 6,38	93,75 ± 8,92	-18,722	,000

GİEY_{H/Y}: Geleneksel ilave eksantrik yük hızlı/yavaş **DJ-RKİ**: drop jum reaktif kuvvet indeksi **CMJ**: countermovement jump **İÇT**: illinois çeviklik testi **BS1MT**: back squat 1 maksimal tekrar **HT1MT**: hip thrust 1 maksimal tekrar

Tablo 11 incelendiğinde $GİEY_{H/Y}$ grubunun tüm değişkenlerde ön-son test değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmektedir ($p<0.05$).

Tablo 12. $GİEY_{Y/H}$ Grubunun Grup İçi Ön-Son Test Değerlerine İlişkin T-Testi Sonuçları

Grup	Değişken	Ön Test	Son Test	t	p
$GİEY_{Y/H}$	RKİ	1,24 ± ,117	1,46 ± ,123	-10,702	,000
	CMJ	28,54 ± 3,52	32,89 ± 3,17	-12,003	,000
	10m	1,92 ± ,089	1,86 ± ,085	2,966	,021
	20m	3,26 ± ,164	3,17 ± ,103	2,861	,024
	30m	4,53 ± ,191	4,37 ± ,190	9,196	,000
	İÇT	15,82 ± ,319	15,35 ± ,222	5,712	,001
	BS	84,37 ± 6,78	122,50 ± 7,91	-19,463	,000
	HT	71,25 ± 5,20	109,75 ± 5,28	-28,251	,000

$GİEY_{Y,H}$: Geleneksel ilave eksantrik yük yavaş/hızlı **DJ-RKİ:** drop jum reaktif kuvvet indeksi **CMJ:** countermovement jump **İÇT:** illinois çeviklik testi **BS1MT:** back squat 1 maksimal tekrar **HT1MT:** hip thrust 1 maksimal tekrar

Tablo 12 incelendiğinde $GİEY_{Y/H}$ grubunun tüm değişkenlerde ön-son test değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmektedir ($p<0.05$).

7. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırmanın amacı; Hıza Bağlı Kümelenmiş İlave Eksantrik Yükleme ile Geleneksel İlave Eksantrik Yükleme Antrenmanının Kuvvete Yönelik Biyomotor Özellikler Üzerine Etkisinin İncelenmesi. Bu amaçla 10-20-30 sürat, illinois çeviklik testi ,(İÇT) drop jump, reaktif kuvvet endeksi (DJ-RKE) countermovement jump (CMJ) ve 1 maksimal kuvvet (1 MT) testleri ön ara ve son test olarak uygulanmıştır. Standart bir yöntemle yapılan bu çalışmamızda öncelikle gruplar arası maksimal kuvvet gelişiminde ki değişimler tartışılacaktır.

Maksimal kuvvet (1MT): İEY antrenmanında Submaksimal yükler kullanarak yapılan (Eks: %80-Kon: %50 1MT) bu çalışmada, küme set ve geleneksel set gruplarında back squat ve hip thrust hareketlerinde maksimal kuvvet gelişiminin gözlemlendiği, küme set ile geleneksel set arasındaki gelişimsel farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Tüm grupların grup içi gelişimsel farklılıklarında istatistiksel olarak anlamlıydı ($p<0.05$). Maksimal kuvvet gelişimi açısından yüzdesel değişimler karşılaştırıldığında ise; küme set ve geleneksel set gruplarının ön-ara test sonuçlarına göre; **KİEY_{Y/H}** grubu her iki hareket için en yüksek yüzdeyi elde ederken **GİEY_{Y/H}** grubu **KİEY_{Y/H}** grubuna çok yakın yüzdelere elde etti. Ara-son ölçümlere göre ise **GİEY_{Y/H}** grubunun yüzdesel değişimi en fazlaydı.

GİEY_{H/Y} grubunda; **back squat** gelişimi ara test %20, son test %10, **hip thrust** gelişimi ara test %22, son test %14.

GİEY_{Y/H} grubunda ise **back squat** ara test %21, son test %20, **hip thrust** ara test %28, Son test %20.

KİEY_{H/Y} grubunda; **back squat** gelişimi ara test %18, son test %13, **hip thrust** gelişimi ara test %24, son test %18.

KİEY_{Y/H} grubunda ise **back squat** ara test %23, son test %16, **hip thrust** ara test %29, Son test %16, olarak gerçekleşti.

Bu çalışmada İEY antrenmanında, küme set yöntemi kullanmanın geleneksel set yöntemine göre maksimal kuvvet gelişimi açısından bir üstünlüğü olmadığı ortaya konmuştur. Bu çalışmada kullanılan set yöntemlerinin bir üstünlüğü olmadığı görülmesine rağmen kuvvet gelişimi için yapılan İEY antrenmanlarında submaksimal yükler kullanmayı tavsiye eden çalışmaların (Ojasto ve Häkkinen, 2009; Aboodarda ve ark., 2014; Hughes ve ark., 2016) sonuçları ile uyum içindedir.

Farklı hızlarla başlamanın performans gelişimine olan etkileri açısından bakıldığında hem Geleneksel set hem de Küme set gruplarında yavaş ile başlayıp hızlı ile devam eden protokollerinin yüzdesel değişimleri daha fazla olmuştur.

İEY antrenmanlarında Maksimal kuvvet gelişimi için supramaksimal yükler kullanmak en yaygın yöntemdir. Bu nedenle maksimal kuvvet gelişiminde Submaksimal yükler kullanan çalışmalar literatürde yok denecek kadar azdır. Submaksimal yükleme stratejisi İEY çalışmalarında genellikle patlayıcı ve pliometrik performans gelişimi hedeflendiği durumlarda kullanılır (Aboodarda ve ark., 2014; Hughes ve ark., 2016). Maksimum güç ve nöromüsküler aktivitenin submaksimal İEY ile arttığını gösteren çalışmalar bulunmakla beraber (Ojasto ve Hakkinen, 2009) İEY çalışmalarında birçok farklı submaksimal yük yöntemi kullanılmıştır (Eksantrik/ Konsantrik: %60/50 1MT, %70/50 1MT, %80/50 1MT, %90/50 1MT). Fakat performans gelişimi için optimal olarak belirlenmiş submaksimal yük (eksantrik/konsantrik) oranı hakkında bir kesinlik yoktur (Ojasto ve Hakkinen, 2009)

Douglas ve arkadaşlarının rugby sporcuları üzerine yaptıkları bir çalışmada; katılımcılara ilk 4 hafta yavaş İEY (3saniye), ikinci 4 hafta da ise hızlı İEY antrenmanını uygulamışlar. Yavaş olarak uygulanan İEY 'nin ardından uygulanan hızlı İEY antrenmanında ilk dört haftaya göre düşüşler gözlenmiş. Yavaş fazın hızlı faza göre alt vücut kuvvetini arttırmadaki üstünlüğü ortaya koymuşlardır, (Douglas ve ark., 2018). Bu sonuçlar bizim çalışmamızın sonuçlarını desteklemektedir.

Kuvvet gelişimi için İEY antrenmanlarını kullanan sınırlı sayıda çalışmada, araştırmalarda kullanılan farklı protokoller nedeniyle ortaya farklı sonuçlar konmuştur. Hortobagyi ve meslektaşları tarafından yapılan bir çalışmada, antrenmansız kadın sporcuların geleneksel kuvvet antrenmanına kıyasla %40-%50

eksantrik aşırı yük kullanarak yaptıkları İEY antrenmanına diz ekstansörlerinde iki kat daha fazla güç kazanımı elde ettiler. Bu çalışma sırasında gözlemlenen büyük kuvvet kazanımları (%27), antrenmansız bir popülasyona uygulanan uyarının yeniliğinden kaynaklanıyor olabilir (Hortobagyi ve ark., 2001).

Yine başka bir çalışmada %100 konsantrik 1MT'ye eşdeğer eksantrik aşırı yük ve %40 1MT'ye eşdeğer konsantrik yük kullanarak yapılan bir çalışmada. Sadece 6 haftalık antrenmandan sonra, geleneksel yüklemeye kıyasla kuvvet seviyelerinde önemli gelişmeler gözlemlendi ve İEY antrenmanlarının hamstringlerde daha fazla kuvvet kazanımı sağlayabileceğine dair kanıt ortaya konmuştur. (Kaminski ve ark., 1998)

Kısa süreli İEY çalışmalarında kas kalınlığında, fasikül açısında veya fasikül uzunluğunda net bir değişiklik gözlemlenmediğinden, kuvvet gelişiminin nöral mekanizmalar tarafından desteklenmekte olduğu düşünülmektedir (Douglas ve ark., 2018).

Güç, sürat ve yön değiştirme becerisi: Çalışmamızda patlayıcı performansın değerlendirmesinde 10-20-30m sürat, illinois çeviklik testi (İÇT) drop jump- reaktif kuvvet indeksi (DJ-RKİ) countermovement jump (CMJ) testleri kullanılmıştır. Submaksimal yüklerle iki farklı hız ve iki farklı set yapısında yapılan İEY çalışmalarında dört grubunda ön-ara, ara-son test sonuçlarına göre performans değerlerinde gelişim sergilediği görülmüştür. Bu sonuçlar İEY antrenmanlarında submaksimal yükler kullanımının patlayıcı ve pliometrik performansta gelişim sağladığını ortaya koyan çalışmaları desteklemektedir (Ojasto ve Häkkinen, 2009; Aboodarda ve ark., 2014; Hughes ve ark., 2016).

CMJ, DJ-RKİ: Bu çalışmada ($KIEY_{H/Y}$), ($KIEY_{Y/H}$), ($GIEY_{H/Y}$), ($GIEY_{Y/H}$) gruplarının dikey sıçrama performansını karşılaştırdığımızda DJ-RKİ ve CMJ test sonuçları gruplar arası sonuçları istatistiksel olarak anlamlıydı ($p<0.05$.) Tüm grupların grup içi gelişimsel farklılıkları da istatistiksel olarak anlamlıydı ($p<0.05$).

$GIEY_{H/Y}$ grubunda, **CMJ** gelişimi ara test %6, son test %4, **DJ-RKİ** gelişimi ara test, %9, son test, %3.

KİEY_{Y/H} grubunda, **CMJ** gelişimi ara test %8, son test %7, **DJ-RKİ** gelişimi ara test, %8, Son test, %9

KİEY_{H/Y} grubunda; **CMJ** gelişimi ara test %9, son test %8, **DJ-RKİ** gelişimi ara test, %11 son test, %15

KİEY_{Y/H} grubunda ise **CMJ** gelişimi ara test %10, son test %11, **DJ-RKİ** gelişimi ara test, %13, Son test, %13, olarak gerçekleşti.

Dört grup arasındaki **DJ-RKİ** sonuçlarının yüzdesel gelişimlerini karşılaştırdığımızda ise ön-ara test sonuçları **KİEY_{Y/H}** grubunun yüzdesel gelişimleri diğer üç gruba göre daha fazlaydı. Ara-son test sonuçlarına göre ise **KİEY_{H/Y}** grubunun yüzdesel değişimleri daha fazlaydı. **DJ-RKİ** gelişimini farklı set yapılarının etkisi üzerinden değerlendirdiğimizde ise **küme set** gruplarının gelişim değerleri **geleneksel set** gruplarının gelişim değerlerinden fazla olmuştur.

CMJ sonuçlarının yüzdesel gelişimlerini karşılaştırdığımızda ise ön-ara ve ara-son test sonuçlarına göre **KİEY_{Y/H}** grubunun yüzdesel gelişimleri diğer üç gruba göre daha fazlaydı. Farklı set yapılarının etkisi üzerinden baktığımızda ise **İEY** antrenmanlarında küme yöntemi kullanan grupların performans gelişimleri daha fazla gerçekleşmiştir.

4 grubun iki dikey sıçrama performanslarını karşılaştırdığımızda geleneksel set gruplarının genel olarak son test performanslarının gelişim yüzdeleri ara test performans gelişim yüzdelerine göre genel olarak düştüğünü görmekteyiz. Küme gruplarında ise gelişim değerleri genel olarak artmış ya da bir önceki gelişim seviyesini koruyarak aynı miktarda artmıştır. Bu sonuçlar bize patlayıcı performans gelişiminde küme set yöntemi kullanmanın daha yüksek güç çıktıları ortaya koyduğunu söyleyen çalışmalarla uyum içindedir (Hansen ve ark., 2011; Morales-Artacho ve ark., 2018; Keoghve ark., 1999).

Lloyd ve arkadaşları adolesan sporcularda **İEY** antrenmanlarının drop jump ve **RSİ** performansı üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada vücut ağırlığına ek %15 ilave yük kullanarak sıçrama yüksekliğinde ve **RSİ'** de istatistiksel olarak anlamlı artışlar tespit etmişlerdir (Lloyd ve ark., 2021). Bu sonuçlar yaş ortalaması 18 olan katılımcılarımızla gerçekleştirdiğimiz çalışmamamızın sonuçlarını desteklemektedir.

İlave eksantrik yüklemenin CMJ performansı üzerindeki etkilerini değerlendirmek için yapılan bir çalışmada vücut kütleinin %30'una denk gelen ek yük sağlayan elastik band kullanan grupta dikey zemin reaksiyon kuvvetleri (%6,34), güç çıkışı (%23,21), İmpulse darbe (%16,65) ve sıçrama yüksekliği (%9,52) artış göstermiştir. (Aboodarda ve ark., 2013) yapılan çalışmanın sıçrama yüksekliğindeki yüzdesel değişimler çalışmamızdaki yüzdesel değişimlerle uygunluk göstermektedir.

Yine Aboodarda ve arkadaşları, bu sefer, drop jump uygulayarak yaptıkları çalışmada vücut kütleinin %30'una denk gelen ek yük sağlayan elastik bant kullanmışlar ve daha fazla kuvvet geliştirme oranı (KGO) buldular, (Aboodarda ve ark., 2014).

Çalışmamızda da ortaya konduğu gibi İEY'nin gençlerde atlama yüksekliğinde önemli, akut artışlar uyandırabildiğinin ana bulgusu, yetişkin sporcular için ortaya konmuş mevcut literatürle tutarlıdır. (Lloyd ve ark., 2021)

Sürat ve yön değiştirme becerisi: Bu çalışmada ($KİEY_{H/Y}$), ($KİEY_{Y/H}$), ($GİEY_{H/Y}$), ($GİEY_{Y/H}$) gruplarının 10-20-30m sürat test sonuçlarının gruplar arası sonuçları istatistiksel olarak anlamlıydı ($p<0.05$). Tüm grupların grup içi gelişimsel farklılıklarında istatistiksel olarak anlamlıydı ($p<0.05$). Yön değiştirme becerisini ölçmek için kullandığımız illinois test sonuçları ise gruplar arası istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p>0.05$). Fakat grup içi gelişimsel değişim tüm gruplarda istatistiksel olarak anlamlıydı ($p>0.05$). Yüzdesel gelişimleri değerlendirdiğimizde ise 10m ve 20m sürat testinde $KİEY_{H/Y}$ ön-ara test değerlerinde en fazla gelişim gösteren grup olmuştur. Ara-son test sonuçlarına göre $KİEY_{H/Y}$ ve $KİEY_{Y/H}$ benzer yüzdelik gelişim gösterdiler. 30m test sonuçlarının yüzdelik değişiminde yine $KİEY_{H/Y}$ grubu daha fazla gelişim gösterirken, Ara-son test sonuçlarına göre $KİEY_{Y/H}$ grubunun yüzdelik değişimi daha fazla olmuştur. İÇT sonuçlarının yüzdelik gelişimlerini değerlendirdiğimizde bütün grupların gelişim gösterdiği görülmektedir. Ön-ara test sonuçlarında $KİEY_{H/Y}$ grubu ara-son test değerlerinde ise $KİEY_{Y/H}$ grubunun yüzdelik değerleri diğer gruplardan fazla olmuştur.

$GİEY_{H/Y}$ grubunda; **10m** gelişimi ara test %2, son test %1, **20m** gelişimi ara test %1, son test %1, **30m** gelişimi ara test %3, son test %1, İÇT gelişimi ara test %1, son test %1

KİEY_{Y/H} grubunda; **10m** gelişimi ara test %2,

Son test %1, **20m** gelişimi ara test %2, son test %1, **30m** gelişimi ara test %2, son test %2, İÇT gelişimi ara test %1, son test %1

KİEY_{H/Y} grubunda; **10m** gelişimi ara test %2, son test %1, **20m** gelişimi ara test %4, son test %1, **30m** gelişimi ara test %5, son test %2, İÇT gelişimi ara test %2, son test %1

KİEY_{Y/H} grubunda; **10m** gelişimi ara test %2, son test %2, **20m** gelişimi ara test %2, son test %2, **30m** gelişimi ara test %4, son test %1, İÇT gelişimi ara test %1, son test %2

Dört grup arasındaki 10-20-30m sürat ve İÇT sonuçların Farklı set yapılarının etkisi üzerinden baktığımızda ise İEY antrenmanlarında küme yöntemi kullanan grupların performans gelişimleri daha fazla gerçekleşmiştir. Özellikle hızlı ile başlayıp yavaş ile devam eden küme set grubunun (**KİEY_{H/Y}**) hızlı antrenman evresinde daha büyük yüzdesel gelişimler gösterdiği ortaya konmuştur.

Yaptığımız çalışmada koşu hızındaki değişimler bütün katılımcılarda bireysel olarak gelişmişken ortaya konan gelişim dikey sıçrama performansındaki gelişimlerin gerisinde kalmıştır. Bridgeman ve Ark, yaptıkları bir çalışmada vücut ağırlığı ve vücut ağırlığı +%20 ek yük kullanan iki grupla 4 hafta süren çalışmasında İEY gruplarının hızında anlamlı bireysel gelişmeler meydana gelmesine rağmen, tüm gruplar üzerindeki gelişimin büyüklüğü, dikey sıçrama performansında görülen gelişmelere kıyasla daha azdı (sırayla 10 ve 30m'de %2.2 ve %2). (Bridgeman ve ark., 2020) bu değerlendirme bizim çalışmamızda ortaya koyduğumuz sonuçlarla uygunluk göstermektedir.

Back squat hareketi ile gerçekleştirilen 8 haftalık İEY antrenmanının ardından reaktif kuvvet indeksinde küçük artışlar sağlayan rugby oyuncularını, geleneksel yüklemeye kıyasla hızlı İEY protokollerinde uzama kısımla döngüsünde iyileşmeler göstermiştir. Bununla birlikte, bu çalışmanın ilk 4 haftasında yavaş İEY protokolü kullanan grup ikinci 4 haftada hızlı protokole geçtiklerinde sporcularının performans değerlerinde ki gelişim yavaş protokoldan daha azdı (Douglas ve ark., 2018).

Bizim de 8 haftalık çalışmamızın ilk dört haftasında geleneksel İEY yöntemini kullanarak ilk dört hafta yavaş ikinci 4 hafta hızlı prokole geçen grupların sürat değerlerinin gelişim yüzdesi yavaş evreye göre daha azdı.

Rekreasyonel olarak takım sporlarıyla uğraşan erkek (23 yaş) ve kadın (25 yaş) sporculara eksantrik kas hareketlerini sağlayan hız ve çeviklik unsurları içeren bir antrenman programı uygulanmış ve bu araştırma sonucunda, 6 haftalık eğitimden sonra çalışmamıza benzer şekilde bireysel değerlerde YDB hız performansında gelişim ortaya konmuştur (Lockie ve ark., 2014).

İEY antrenmanlarını farklı şekilde tasarlayarak 10 haftalık bir kuvvet antrenmanının YDB üzerine etkilerini inceleyen çalışmada. 17 yaşındaki genç futbolcularda YDB sırasında kinetik parametreler ölçmek üzere izo-ataletsel bir volan eğitim cihazı kullanmışlardır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, eğitimin ardından YDB hız kinetiklerinde anlamlı gelişmeler rapor etmişlerdir (Hoyo ve ark., 2016).

Başka bir çalışmada ise 17 yaşındaki elit genç futbolcularda ilave izo-ataletsel eksantrik kas hareketleri ve ek tüm vücut titreşimi içeren 11 haftalık bir kuvvet antrenmanının pliometri, doğrusal hız ve ağırlık yüklü egzersizleri içeren geleneksel kombine antrenmana kıyasla YDB'nin hız performansı üzerindeki etkilerini inceledi. Bu çalışmanın bulguları, titreşim uyaranları ile birlikte İEY ile yapılan kuvvet antrenmanının, yön değiştirme hız performansını geleneksel antrenmandan daha fazla geliştirdiğini göstermiştir (Tous-Fajardo ve ark.,2016).

Eksantrik kuvvet ile YDB performansı arasındaki ilişkileri araştıran başka bir çalışmada araştırmacılar, daha büyük eksantrik yükleri tolere etme yeteneğinin YDB performansının artmasıyla sonuçlanabileceği rapor etmişlerdir (Spiteri ve ark., 2014; Friedmann ve ark., 2004).

İlave eksantrik yük kullanarak yön değiştirme becerisini ölçen çalışma sayısı çok azdır. İncelediğimiz çalışmaların gelişim değerlerinin bizim çalışmamız sonucu elde edilen gelişim değerlerinden fazla olduğunu görmekteyiz (Hoyo ve ark., 2016; Tous-Fajardo ve ark.,2016; Lockie ve ark., 2014). Bu duruma gerekçe olarak yön değiştirme becerisi için seçilen test yönteminin sürelerinin farklılığından kaynaklandığını düşünmekteyiz. İncelediğimiz Çalışmalarda 10 saniyenin altında

tamamlanan test yöntemleri tercih edilmiştir. Bizim çalışmamızda tercih edilen test yönteminin ortalaması 15 saniyedir. Paylayıcı güç performansının ortaya konmasında Atp-cp sistemin etkinliğini düşündüğümüzde (Ünal, 2019), daha kısa süreli ölçüm yöntemlerinin YDB için daha iyi sonuçlar verebileceğini düşünmekteyiz.

İEY antrenmanlarının güç (Sheppard ve Kieran Young 2010; Cavagna ve ark., 1968; Komi ve Bosco, 1978), çeviklik (de Hoyo ve ark., 2016; Tous-Fajardo ve ark., 2016; Spiteri ve ark., 2014) ve sürat (Bridgeman ve ark., 2020; Tous-Fajardo ve ark., 2016; Spiteri ve ark., 2014) gelişimi üzerine etkisi incelendiğinde İEY kullanımının geleneksel set yöntemine göre daha iyi sonuçları ortaya koyduğu görülmektedir. (Hansen ve ark., 2011), Squat veya türevlerini içeren bir antrenman programını takiben, küme setlerinin kullanımının geleneksel setlerin kullanımına kıyasla aktivasyon sonrası kuvvet gelişiminde ve jump squat hareketinin zirve hız (peak velocity) özelliklerinde daha büyük değişikliklere neden olduğunu gösterdi (Friedmann ve ark., 2010; Friedmann ve ark., 2004; Walker ve ark., 2017).

Bizim de çalışmamızda ortaya koyduğumuz gibi, birçok çalışmada küme set uygulaması, hız ve güç özelliklerini geliştirme uygulaması olarak ön plana çıkmıştır (Hansen ve ark., 2011; Morales-Artacho ve ark., 2018). İEY antrenmanlarında küme yöntemi kullanan sınırlı sayıda çalışmada ise Küme set uygulamasının özellikle hız ve güç gelişimi sağlamak için etkili bir yöntem olarak kullanıldığını görmekteyiz (Hansen ve ark., 2011; Keoghve ark., 1999).

Akut olarak, böyle bir yöntem, sporcunun daha az metabolik stres ve yorgunluğa maruz kalmasına neden olurken daha yüksek güç çıktılarına sahip olmasını sağladığı bildirilmektedir (Munger ve ark., 2017).

Diğer yandan yakın zamanda yapılan İEY çalışmalarında küme set yönteminin, eksantrik aşırı yüklemenin tek tekrarında veya bütün tekrarlarında uygulanması, kullanılan geleneksel yüklemeye kıyasla eksantrik işi (W_{Eks}) önemli ölçüde arttırdığı ortaya konmuştur (Ojasto ve Häkkinen, 2009; Doan ve ark., 2002; wagle ve ark., 2022).

Yapılan başka bir çalışmada dört farklı antrenman yöntemi karşılaştırılmış (1. Geleneksel kuvvet antrenmanda geleneksel set (GKAGS), 2: Geleneksel kuvvet

antrenmanda küme set (GKAKS), 3: İlave eksantrik yük antrenmanında geleneksel set (İEYGS), 4: ilave eksantrik yük antrenmanında küme set (İEYKS). Çalışmada konsantrik yük olarak 1MT %80 eksantrik yük olarak ise 1MT %105 kullandılar. Dört grup karşılaştırıldığında konsantrik çıktılarda ortalama hız ortalama güç ilave eksantrik yük küme (İEYKS) grubu diğer gruplara oranlara üstün etkiler ortaya koydu ($p < 0,001$), özellikle ortalama güç ve ortalama hız üzerinde etkili olduğu görüldü (wagle ve ark., 2022).

uzama hızının güç performansına olan etkilerine baktığımızda çalışmamızda genel olarak yavaş uzama fazında (3 saniye) gerçekleşen yüzdesel değişimler daha iyi ve daha tutarlı sonuçlar ortaya koymaktadır.

Rugby sporcularına yapılan bir 8 haftalık bir çalışmada ilk 4 haftada yavaş eksantrik faz (3 saniye) uygulayan grubun güç ve sürat gelişimleri ikinci 4 haftada hızlı uygulanan eksantrik fazın (<1 saniye) güç ve sürat gelişim değerlerinden daha fazla olmuştur. Bu sonuçlar çalışmamızın sonuçlarıyla desteklenmektedir (Douglas ve ark., 2018).

Eksantrik kasılmanın uzama hızına göre performans gelişimlerinin araştırıldığı bir çalışmada eksantrik fazda 2 saniye 4 saniye ve 6 saniyelik kasılma süreleri karşılaştırılmış, Maksimal kuvvette (2S, 4S veya 6S) tüm gruplar 4 haftalık eğitim süresi boyunca 1RM'de %8,9-13,2 oranında gelişim olduğu ortaya konmuştur. Fakat güç perfonmansını ölçmek için yapılan dikey sıçrama testlerinde 2S grubu anlamlı gelişim gösterirken 4S grubunda gelişim olmadı 6S grubunda ise performans değerlerinde gerileme söz konusuydu (Mike, 2015).

Eksantrik fazda güç ve sürat gelişiminde kasın uzama hızının optimal sürenin ne olması gerektiği ile ilgili bir netlik yoktur.

Eksantrik bir kasılma sırasında kas, harici bir yük tarafından geliştirilen enerjiyi emer. Bu nedenle, eksantrik bir kas hareketi sırasında, kas tendon sisteminin amortisör-yay bileşeni görevi görür. Üretilen kuvvetlere enerji sağlar. Bu bağlamda, uzun süreli uzama hızlarında tepe hızdaki azalmanın önerilen başka bir mekanik açıklaması UKD ile açıklamasını gerektirir. UKD, kas kuvveti oluşumunda ve eksantrik aktivitede önemli bir bileşen olarak kabul edilmektedir. UKD sırasındaki

zaman önemli bir unsurdur. UKD sırasında eksantrik fazdan konsantrik faz geçiş sırasında, geçiş süresinin uzun olması elastik enerjinin ısı olarak kaybına neden olur ve bundan dolayı kuvvet üretme kapasitesine katkıda bulunamaz (Vogt ve Hoppeler, 1985)

Fakat Eksantrik fazın yavaş bir şekilde çalıştırılmasının (6 saniye) kasın elastik enerji üretme ve kullanma kapasitesini optimal seviyeye çıkarmak için elit seviye bir eğitim olduğunu, sonrasında daha hızlı uzama hızları kullanıldığında ise ortaya konan elastik enerji ile konsantrik olarak üretilen güç performansını arttırdığı öne sürülmektedir. Yani uzun süreli yavaş eksantrik fazların akut performans gelişiminden daha çok kas tendon yapısını geliştirerek kalıcı performans gelişimlerini sağladığı ileri sürülmektedir (Dietz ve Peterson, 2012).

Yine başka bir çalışmada 30 ve 210°/s'lik iki farklı eksantrik kasılma hızında bisikletçilere yapılan çalışmada; hızlı kasılmada elde edilen değerlerin yavaş hızda elde edilenlerden önemli ölçüde düşük olduğunu ortaya konmuştur. Aynı çalışmada hızlı eksantrik çalışmasından 4 gün sonra vastus lateralis'teki kas ağrısı, yavaş hızda yapılan eksantrik uygulamasından önemli ölçüde daha yüksekti (Ueda ve ark., 2020)

Ayrıca hızlı bir eksantrik egzersiz protokolünün, yavaş bir egzersiz protokolüne göre Z çizgilerinde (Sarkomer yapısında) daha fazla bozulmaya neden olduğunu gösterilmiştir (Shepstone ve ark., 2005).

7.1. Sonuç ve Öneriler

Mevcut araştırma, dört farklı grubun iki farklı hızda (hızlı-yavaş) İEY stratejisi kullanarak iki farklı set yapılarını (geleneksel, küme) dikkate alan nadir çalışmalardandır. Sonuç olarak bu çalışma submaksimal yükler kullanılarak yapılan İEY antrenmanlarında maksimal kuvvet gelişimi için küme set ve geleneksel set yönteminin benzer sonuçlar ortaya koyduğunu göstermiş ve maksimal kuvvet gelişimi için Küme set yönteminin geleneksel set yönteminden bir üstünlüğü olmadığını ortaya koymuştur. İEY antrenmanlarında supramaksimal yüklerle çalışmanın yorgunluk oluşturduğu için submaksimal yükler kullanılması tavsiye eden çalışmalarla da uyum içindedir (Ojasto ve Häkkinen, 2009; Godard ve ark., 1998; Brandenburg ve ark., 2002). Fakat mevcut literatür geleneksel kuvvet antrenmanları

ile İEY arasındaki performans değişimlerine odaklanmış durumda, bu nedenle İEY kendi içinde farklı hız, set, yük, tekrar gibi unsurları kıyaslayacak çalışmalara ihtiyaç duymaktadır. Submaksimal eks/kon oranını belirlemek uygun optimal yükleme stratejileri oluşturmak adına farklı branşlarda farklı yaş gruplarında daha çok araştırma yapılmalıdır.

İEY antrenman yöntemi nöromüsküler sistem için yüksek derecede yük oluşturduğundan, performans değerlerini gerçekleştirmek için yeterli bir toparlanma süresi olmadığı sürece, takım sporları için 8 haftalık İEY antrenmanı uygun olmayabilir (Douglas ve ark., 2018).

Submaksimal yükler kullanmanın patlayıcı kuvvet performansı üzerine etkisini özetlemek gerekirse; Gruplar arası ön test son test ölçümlerinin yüzdesel gelişimlerine göre sonuçları değerlendirdiğimizde. Tüm grupların yüzdesel değişimleri ön test son test ölçümlerine göre arttı küme yöntemini kullanan grupların güç odaklı performans değerleri daha fazla artış göstermiştir. Farklı hızlarla başlamanın etkilerine baktığımızda yavaş başlayan protokoller daha tutarlı değişimler sergilemiştir. Sonuç olarak ilave eksantrik yük çalışmalarında küme set yönteminin kullanılması güç, yön değiştirme becerisi ve sürat gelişimi için tavsiye edilebilir.

8. KAYNAKLAR

Abbott BC, Bigland B, Ritchie JM. The physiological cost of negative work. The Journal of physiology, 1952;117(3), 380.

Aboodarda Saied J, et al. Does performing drop jumps with additional eccentric loading improve jump performance?. The Journal of Strength & Conditioning Research.2014;28.8: 2314-2323.

Aboodarda SJ, Byrne JM, Samson M, Wilson BD, Mokhtar AH, Behm DG. Does performing drop jumps with additional eccentric loading improve jump performance? J Strength Cond Res. 2014;28(8):2314–

Aboodarda SJ, Yusof A, Osman NA, Thompson MW, Mokhtar AH. Enhanced performance with elastic resistance during the eccentric phase of a countermovement jump. International journal of sports physiology and performance.2013;8(2),181-187.

Ahtiainen JP, Pakarinen A, Alen M, Kraemer WJ, Häkkinen K. Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. European journal of applied physiology, 2003,89(6), 555-563.

Alptekin A, Aritan S, Harbili E. Investigation of joint reaction forces and moments during the countermovement and squat jump. Pamukkale Journal of Sport Sciences, 2017;8(3), 58-71.

American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. Medicine and science in sports and exercise, 2009;41(3), 687-708.

Arlı, M. Nazik H. Bilimsel araştırmaya giriş. [Introduction to scientific research]. Ankara: Gazi Kitabevi, (2001). 77, 356. (In Turkish)

Aronson D, Violan MA, Dufresne SD, Zangen D, Fielding RA, Goodyear LJ. Exercise stimulates the mitogen-activated protein kinase pathway in human skeletal muscle. *The Journal of clinical investigation*, 1997;99(6), 1251-1257.

Askling C, Karlsson J, Thorstensson A. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 2003;13(4), 244-250.

Bagni MA, Colombini B, Geiger P, Berlinguer Palmini R, Cecchi G. Non-cross-bridge calcium-dependent stiffness in frog muscle fibers. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 2004; 286(6), C1353-C1357.

Bamman MM, Shipp JR, Jiang J, Gower BA, Hunter GR, Goodman A, Urban RJ. Mechanical load increases muscle IGF-I and androgen receptor mRNA concentrations in humans. *American journal of physiology-endocrinology and metabolism*, 2001;280(3), E383-E390.

Barash IA, Peters D, Fridén J, Lutz GJ, Lieber RL. Desmin cytoskeletal modifications after a bout of eccentric exercise in the rat. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 2002;283(4), R958-R963.

Barash IA, Mathew L, Ryan AF, Chen J, Lieber RL. Rapid muscle-specific gene expression changes after a single bout of eccentric contractions in the mouse. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 2004;286(2), C355-C364.

Barnett, A. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes. *Sports medicine*, 2006;36(9), 781-796.

Başpınar, Ö. Futbolcularda izokinetik kas kuvvetinin anaerobik güce etkisi. Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, yüksek lisans tezi, 2009, Denizli (Danışman: Dr. F Koçak).

Berg HE, Tesch AA. Gravity -independent ergometer to be used for resistance training in space. *Aviation, space, and environmental medicine*, 1994;65(8), 752-756.

Bird SP, Tarpenning KM, Marino FE. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness. *Sports medicine*, 2005;35(10), 841-851.

Bloomer, R. J. The role of nutritional supplements in the prevention and treatment of resistance exercise-induced skeletal muscle injury. *Sports Medicine*, 2007;37(6), 519-532.

Bobbert MF, Huijing PA, van Ingen Schenau GJ. Drop jumping. I. The influence of jumping technique on the biomechanics of jumping. *Med Sci Sports Exerc*, 1987;19(4), 332-8.

Bogataj Š, Pajek M, Hadžić V, Andrašić S, Padulo J, Trajković N. Validity, reliability, and usefulness of My Jump 2 App for measuring vertical jump in primary school children. *International journal of environmental research and public health*. 2020; 17(10), 3708.

Bolin JH, Edwards JM, Finch WH, Cassady JC. Applications of cluster analysis to the creation of perfectionism profiles: a comparison of two clustering approaches. *Frontiers in psychology*. 2014;5,343.

Brahm H, Piehl-Aulin K, Saltin B, Ljunghall S. Net fluxes over working thigh of hormones, growth factors and biomarkers of bone metabolism during short lasting dynamic exercise. *Calcified tissue international*, 1997;60(2), 175-180.

Brandenburg JE, Docherty D. The effects of accentuated eccentric loading on strength, muscle hypertrophy, and neural adaptations in trained individuals. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2002;16(1)25-32.

Bricout VA, Germain PS, Serrurier BD, Guezennec CY. Changes in testosterone muscle receptors: effects of an androgen treatment on physically trained rats. *Cellular and molecular biology (Noisy-le-Grand, France)*, 1994;40(3), 291-294.

Bridgeman LA, McGuigan MR, Gill ND. A case study investigating the effects of an accentuated eccentric load drop jump training program on strength, power, speed and change of direction. *Sport Perf Sci*. 2020.(1-4)

Bridgeman LA. The Effects of Accentuated Eccentric Loading during Drop Jumps on Strength, Power, Speed and Exercise-Induced Muscle Damage (Doctoral dissertation, Auckland University of Technology). 2016 (Supervisor(s)McGuigan, Michael; Gill, Nicholas; Dulson, Deborah)

Brooks GA, Fahey TD, White TP. Exercise physiology: human bioenergetics and its applications (No. Ed. 2). Mayfield publishing company. (1996).

Brown SJ, Child RB, Day SH, Donnelly AE. Exercise-induced skeletal muscle damage and adaptation following repeated bouts of eccentric muscle contractions. Journal of sports sciences, 1997;15(2), 215-222.

Buchheit M, Spencer MAS. Reliability, usefulness, and validity of a repeated sprint and jump ability test. Int J Sports Physiol Perform, 2010;5(1), 3-17

Buresh R, Berg K, French J. The effect of resistive exercise rest interval on hormonal response, strength, and hypertrophy with training. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2009;23(1), 62-71.

Büyüköztürk Ş, Kılıç Çakmak E, Akgün ÖE, Karadeniz Ş, Demirel F. Bilimsel araştırma yöntemleri [Scientific research methods]. Ankara: Pegem Publications. 2014;17. 17th edition. 1,25 (In Turkish)

Byrne C, Twist C, Eston R. Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage. Sports medicine, 2004; 34(1), 49-69.

Byrnes WC, Clarkson PM, White JS, Hsieh SS, Frykman PN, Maughan RJ. Delayed onset muscle soreness following repeated bouts of downhill running. Journal of applied physiology, 1985;59(3), 710-715.

Campbell SG, Campbell KS. Mechanisms of residual force enhancement in skeletal muscle: insights from experiments and mathematical models. Biophysical reviews, 2011;3(4), 199-207.

Campbell SG, Hatfield PC, Campbell KS. A mathematical model of muscle containing heterogeneous half-sarcomeres exhibits residual force enhancement. *PLoS computational biology*, 2011;7(9), e1002156.

Carlos B, Fernández Mark G, Richard Anthony L, The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance 2015;33(15):1574-9

Casartelli N, Müller RMN. Validity and reliability of the Myotest accelerometric system for the assessment of vertical jump height. *J Strength Cond Res*, 2010;24(11), 3186-93.

Cavagna GA, Dusman B, Margaria R. Positive work done by a previously stretched muscle. *Journal of applied physiology*. 1968;24(1):21–32.

Chaabene H, Prieske O, Negra Y, Granacher U. Change of direction speed: Toward a strength training approach with accentuated eccentric muscle actions. *Sports Medicine*, 2018;48(8), 1773-1779.

Chaabene H, Prieske O, Negra Y, Granacher U. Change of direction speed: Toward a strength training approach with accentuated eccentric muscle actions. *Sports Medicine*, 2018;48(8), 1773-1779.

Chang Wen-Dien, Lu Chi-Cheng. Sport-Specific Functional Tests and Related Sport Injury Risk and Occurrences in Junior Basketball and Soccer Athletes. *BioMed Research International*. 2020;2020. 1-8. 10.1155/2020/8750231.

Chen TC, Nosaka K, Sacco P. Intensity of eccentric exercise, shift of optimum angle, and the magnitude of repeated-bout effect. *Journal of applied physiology*, 2007; 102(3), 992-999.

Chen YW, Nader GA, Baar KR, Fedele MJ, Hoffman EP, Esser KA. Response of rat muscle to acute resistance exercise defined by transcriptional and translational profiling. *The Journal of physiology*, 2002;545(1), 27-41.

Cheung K, Hume PA, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness. *Sports medicine*, 2003;33(2), 145-164.

Clarkson PM, Nosaka K, Braun B. Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Medicine and science in sports and exercise*, 1992;24(5), 512-520.

Clarkson PM, Nosaka K, Braun B. Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Medicine and science in sports and exercise*, 1992; 24(5), 512-520.

Clarkson PM. Exercise-induced muscle damage-animal and human models: Exercise-induced muscle damage-animal and human models. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1992;24(5), 510-511.

Coffey VG, Hawley JA. The molecular bases of training adaptation. *Sports medicine*, 2007;37(9), 737-763.

Crameri RM, Aagaard P, Qvortrup K, Langberg H, Olesen J, Kjær, M. Myofibre damage in human skeletal muscle: effects of electrical stimulation versus voluntary contraction. *The Journal of physiology*, 2007;583(1), 365-380.

Crameri RM, Langberg H, Magnusson P, Jensen CH, Schrøder HD, Olesen JL, Kjaer M. Changes in satellite cells in human skeletal muscle after a single bout of high intensity exercise. *The Journal of physiology*, 2004;558(1), 333-340.

Crewther B, Keogh J, Cronin J, Cook C. Possible stimuli for strength and power adaptation. *Sports medicine*, 2006;36(3), 215-238.

Croisier JL, Camus G, Venneman I, Deby-Dupont G, Juchmes-Ferir A, Lamy M, Duchateau J. Effects of training on exercise-induced muscle damage and interleukin 6 production. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*, 1999;22(2), 208-212.

Croisier JL, Foidart-Dessalle M, Tinant F, Crielaard JM, Forthomme B. An isokinetic eccentric programme for the management of chronic lateral epicondylar tendinopathy. *British journal of sports medicine*, 2007;41(4), 269-275.

Croisier JL, Forthomme B, Namurois MH, Vanderthommen M, Crielaard JM. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *The American journal of sports medicine*, 2002;30(2), 199-203.

Croisier JL, Forthomme B, Namurois MH, Vanderthommen M, Crielaard JM. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *The American journal of sports medicine*, 2002;30(2), 199-203.

de Hoyo M, Sañudo B, Carrasco L, Mateo-Cortes J, Domínguez-Cobo S, Fernandes O, Gonzalo Sk, O. Effects of 10-week eccentric overload training on kinetic parameters during change of direction in football players. *Journal of sports sciences*. 2016;34(14), 1380-1387.

de Hoyo, M, Pozzo M, Sañudo B, Carrasco L, Gonzalo-Skok O, Domínguez-Cobo S, Morán-Camacho E. Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 2015;10(1), 46-52.

de Villarreal ESS, Izquierdo M, Gonzalez-Badillo JJ. Enhancing jump performance after combined vs. maximal power, heavy-resistance, and plyometric training alone. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2011; 25(12), 3274-3281

Deliceoğlu G, Müniroğlu S. The Effects of the speed function on some technical elements in soccer. *The Sport Jurnal*, 2005; 8(3), 21-26.

Dietz C, Peterson B. Triphasic training: A systematic approach to elite speed and explosive strength performance. *Bye Dietz Sport Enterprise*; 2012.

Doan BK, Newton RU, Marsit JL, Triplett-McBride NT, Koziris LP, Fry AC, Kraemer WJ. Effects of increased eccentric loading on bench press 1RM. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2002; 16(1), 9-13.

Doğru Zafer et al. Farklı Çeviklik Testleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. [Examining the Relationship Between Different Agility Tests] Journal of Global Sport and Education Research.2020; 3.2: 1-14. (In Turkish)

Douglas J, Pearson S, Ross A, McGuigan M. Effects of accentuated eccentric loading on muscle properties, strength, power, and speed in resistance-trained rugby players. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2018;32(10), 2750-2761.

Douglas J, Pearson S, Ross A, McGuigan M. Effects of accentuated eccentric loading on muscle properties, strength, power, and speed in resistance-trained rugby players. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2018;32(10), 2750-2761.

Douglas J, Pearson S, Ross A, McGuigan M. Effects of Accentuated Eccentric Loading on Muscle Properties, Strength, Power, and Speed in Resistance-Trained Rugby Players: J Strength Cond Res 2018;32:2750– 61.

Douglas J, Pearson S, Ross A, McGuigan M. Effects of accentuated eccentric loading on muscle properties, strength, power, and speed in resistance-trained rugby players. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2018;32(10), 2750-2761.

Douglas J, Pearson S, Ross A, McGuigan, M. Chronic adaptations to eccentric training: a systematic review. Sports Medicine, 2017;47(5), 917-941.

Duchateau J, Baudry S. Insights into the neural control of eccentric contractions. Journal of Applied Physiology,2014; 116(11), 1418-1425.

Edman KA. Residual force enhancement after stretch in striated muscle. A consequence of increased myofilament overlap? J Physiol. 2012;590(Pt 6):1339-45.

Edman KAP, Elzinga G, Noble MIM. Residual force enhancement after stretch of contracting frog single muscle fibers. J Gen Physiol 1982;80: 769-784,

Edman, KAP, Mulieri LA, Scubon-Mulieri B. Non-Hyperbolic Force-Velocity Relationship in Single Muscle Fibres 1. *Acta Physiologica Scandinavica*, 1976;98(2), 143-156.

Elmer SJ, LaStayo PC. Revisiting the positive aspects of negative work. *Journal of Experimental Biology*, 2014;217(14), 2434-2436.

Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang AG. Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior research methods*. 2009;41(4),1149-1160.

Faulkner JA. Terminology for contractions of muscles during shortening, while isometric, and during lengthening. *J Appl Physiol* 95: 455-459, 2003.

Fernandez-Gonzalo, R, Lundberg TR, Alvarez-Alvarez L, de Paz, JA. Muscle damage responses and adaptations to eccentric-overload resistance exercise in men and women. *European journal of applied physiology*, 2014;114(5), 1075-1084.

Flanagan EP, Comyns TM. The use of contact time and the reactive strength index to optimize fast stretch-shortening cycle training. *Strength & Conditioning Journal*, 2008;30(5), 32-38.

Flanagan EP, Harrison AJ. Muscle dynamics differences between legs in healthy adults. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2007;21(1), 67.

Flanagan EP. An examination of the slow and fast stretch shortening cycle in cross country runners and skiers. In *ISBS-Conference Proceedings Archive*. (2007, December).

Flann KL, LaStayo PC, McClain DA, Hazel M, Lindstedt SL. Muscle damage and muscle remodeling: no pain, no gain. *Journal of Experimental Biology*, 2011;214(4), 674-679.

Fleck SJ, Kraemer WJ. *Designing Resistance Training Programs* (2nd ed). Champaign, IL: Human Kinetics, 1997.

Forthomme B, Wieczorek V, Frisch A, Crielaard JM, Croisier JL. Shoulder pain among high-level volleyball players and preseason features. *Medicine and science in sports and exercise*, 2013;45(10), 1852-1860.

Franchi MV, Reeves ND, Narici MV. Skeletal muscle remodeling in response to eccentric vs. concentric loading: morphological, molecular, and metabolic adaptations. *Frontiers in physiology*, 2017;8, 447.

Fridén J, Lieber RL. Segmental muscle fiber lesions after repetitive eccentric contractions. *Cell and tissue research*, 1998;293(1), 165-171.

Friden J, Sjöström M, Ekblom B. Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. *International journal of sports medicine*, 1983;4(03), 170-176.

Friden JAN, Lieber RL. Induced muscle injury. *Human studies*, 1992;5, 521-530.

Friedmann B, Kinscherf R, Vorwald S, Muller H, Kucera K, Borisch S, et al. Muscular adaptations to computer-guided strength training with eccentric overload. *Acta Physiol Scand J*. 2004; 182:77–88.

Friedmann-Bette B, Bauer T, Kinscherf R, Vorwald S, Klute K, Bischoff D, et al. Effects of strength training with eccentric overload on muscle adaptation in male athletes. *Eur J Appl Physiol*. 2010;108(4):821–36

Friedmann-Bette B, Bauer T, Kinscherf R, Vorwald S, Klute K, Bischoff, D, Billeter R. Effects of strength training with eccentric overload on muscle adaptation in male athletes. *European journal of applied physiology*. 2010;108(4), 821-836.

Gathercole, R, Sporer B, Stellingwerff T, Sleivert G. Alternative countermovement-jump analysis to quantify acute neuromuscular fatigue. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2015;10(1), 84–92.

Gault ML, Willem ME. Aging, functional capacity and eccentric exercise training. *Aging and disease*, 2013; 4(6), 351.

Glatthorn JF, Gouge S, Nussbaumer S, Stauffacher S, Impellizzeri FM, M. N. (2011). Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *J Strength Cond Res.*, 25(2), 556–560.

Godard MP, Wygand JW, Carpinelli RN, Catalano S, Otto RM. Effects of accentuated eccentric resistance training on concentric knee extensor strength. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 1998;12, 26-29.

Gonzalo-Skok O, Tous-Fajardo J, Valero-Campo C, Berzosa C, Bataller AV, Arjol-Serrano JL, Mendez-Villanueva A. Eccentric-Overload Training in Team-Sport Functional Performance: Constant Bilateral Vertical Versus Variable Unilateral Multidirectional Movements. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 2017;12(7).

Gordon AM, Huxley AF, Julian FJ. The variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fibres. *The Journal of physiology.* 1966 May 1;184(1):170-92.

Gorostiaga EM, Navarro-Amezqueta I, Calbet JA, Hellsten Y, Cusso R, Guerrero M, Izquierdo M. Energy metabolism during repeated sets of leg press exercise leading to failure or not. *PloS one*, 2012,7(7), e40621.

Gorostiaga EM, Navarro-Amézqueta I, Calbet JA, Sánchez-Medina L, Cusso R, Guerrero M, Izquierdo M. Blood ammonia and lactate as markers of muscle metabolites during leg press exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2014;28(10), 2775-2785.

Granzier HL, Labeit S. The giant protein titin: a major player in myocardial mechanics, signaling, and disease. *Circulation research*, 2004;94(3), 284-295.

Guilhem G, Cornu C, Guével A. Neuromuscular and muscle-tendon system adaptations to isotonic and isokinetic eccentric exercise. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, 2010;53(5), 319-341.

Haff GG, Burgess S, Stone MH. Cluster training: theoretical and practical applications for the strength and conditioning professional. *Prof Strength Cond*, 2008;12, 12-17.

Haff GG, Whitley A, McCoy LB, O'Bryant HS, Kilgore JL, Haff EE, Pierce K, Stone MH. Effects of different set configurations on barbell velocity and displacement during a clean pull. *J Strength Cond Res* 17: 95–103, 2003.

Hameed M, Lange KHW, Andersen JL, Schjerling P, Kjaer M, Harridge SDR, Goldspink G. The effect of recombinant human growth hormone and resistance training on IGF-I mRNA expression in the muscles of elderly men. *The Journal of physiology*, 2004;555(1), 231-240.

Hansen KT, Cronin JB, Pickering SL, Newton, MJ. Does cluster loading enhance lower body power development in preseason preparation of elite rugby union players?. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2011; 25(8), 2118-2126.

Haynes T, Bishop C, Antrobus M, Brazier J. “The validity and reliability of the my jump 2 app for measuring the reactive strength index and drop jump performance.”, *The Journal of sports medicine and physical fitness* (2018).

Headley SA, Henry K, Nindl BC, Thompson BA, Kraemer WJ, Jones MT. Effects of lifting tempo on one repetition maximum and hormonal responses to a bench press protocol. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2011;25(2), 406-413.

Herzog W, Leonard, TR. The history dependence of force production in mammalian skeletal muscle following stretch-shortening and shortening-stretch cycles. *Journal of biomechanics*, 2000;33(5), 531-542.

Herzog W, Schappacher G, DuVall M, Leonard TR, Herzog JA. Residual force enhancement following eccentric contractions: a new mechanism involving titin. *Physiology*, 2016;31(4), 300-312.

Herzog W. The role of titin in eccentric muscle contraction. *Journal of Experimental Biology*, 2014;217(16), 2825-2833.

Herzog W. Mechanisms of enhanced force production in lengthening (eccentric) muscle contractions. *Journal of Applied Physiology*, 2014;116(11), 1407-1417.

Hessel A L, Lindstedt SL, Nishikawa KC. Physiological mechanisms of eccentric contraction and its applications: a role for the giant titin protein. *Frontiers in physiology*, 2017; 8, 70.

Hill AV. Production and Absorption of Work by Muscle: Work absorbed in stretching a contracting muscle can reverse the chemical processes of activity. *Science*, 1960;131(3404), 897-903.

Hill AV. The mechanics of active muscle. *Proc R Soc Lond B Biol Sci*. 1953;141(902):104-17

Hill M, Goldspink G. Expression and splicing of the insulin-like growth factor gene in rodent muscle is associated with muscle satellite (stem) cell activation following local tissue damage. *The Journal of physiology*, 2003;549(2), 409-418.

Hody S, Leprince P, Sergeant K, Renaut J, Croisier JL, Wang F, Rogister B. Human muscle proteome modifications after acute or repeated eccentric exercises. *Med Sci Sports Exerc*, 2011;43(12), 2281-2296.

Hoppeler H. Moderate load eccentric exercise; a distinct novel training modality. *Frontiers in physiology*, 2016; 7, 483.

Horowitz R, Kempner ES, Bisher ME, Podolsky RJ. A physiological role for titin and nebulin in skeletal muscle. *Nature*, 1986;323(6084), 160-164.

Hortobágyi T, Devita P, Money J, Barrier J. Effects of standard and eccentric overload strength training in young women. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(7):1206–12

Hortobágyi T, Katch FI. Eccentric and concentric torque-velocity relationships during arm flexion and extension. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 1990;60(5), 395-401.

Howatson G, Van Someren KA. The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. *Sports medicine*, 2008;38(6), 483-503.

Hughes JD, Massiah RG, Clarke RD. The potentiating effect of an accentuated eccentric load on countermovement jump performance. *J Strength Cond Res.* 2016;30(12):3450–5

Hughes JD, Massiah RG, Clarke RD. The potentiating effect of an accentuated eccentric load on countermovement jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* 2016;30(12), 3450-3455.

Huxley AF, Simmons RM. Proposed mechanism of force generation in striated muscle. *Nature*, 1971;233(5321), 533-538.

Huxley AF. Muscle structure and theories of contraction. *Prog. Biophys. Biophys. Chem*, 1957; 7, 255-318.

Huxley AF. *Reflections on Muscle*. Liverpool: Liverpool University Press, 1980.

Huxley, Andrew F. "Muscle structure and theories of contraction." *Prog. Biophys. Biophys. Chem* 7 (1957): 255-318.

Hyldahl RD, Hubal MJ. Lengthening our perspective: morphological, cellular, and molecular responses to eccentric exercise. *Muscle & nerve*, 2014;49(2), 155-170.

IBM Corp. Released 2019. *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 26.0*. Armonk, NY: IBM Corp

Isner-Horobeti ME, Dufour SP, Vautravers P, Geny B, Coudeyre E, Richard R. Eccentric exercise training: modalities, applications and perspectives. *Sports medicine*, 2013;43(6), 483-512.

Isner-Horobeti ME, Dufour SP, Vautravers P, Geny B, Coudeyre E, Richard R. Eccentric exercise training: modalities, applications and perspectives. *Sports medicine*, 2016; 43(6), 483-512.

İnal AN. *Futbol'da Eğitim Öğretim*, Ankara, 2. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım, 2004; S.15

Jones DA, Newham DJ, Round JM, Tolfree SE. Experimental human muscle damage: morphological changes in relation to other indices of damage. *The Journal of physiology*, 1986;375(1), 435-448.

Jorgensen K. Force-velocity relationship in human elbow flexors and extensors. *Int Ser Biomech.* 1976;1:145–51.

Joumaa V, Rassier DE, Leonard TR, Herzog W. The origin of passive force enhancement in skeletal muscle. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 2008;294(1), C74-C78.

JoumaaV, Leonard TR, Herzog W. Residual force enhancement in myofibrils and sarcomeres. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2008;275(1641), 1411-1419.

Julian FJ, Morgan DL. The effect on tension of non-uniform distribution of length changes applied to frog muscle fibres. *J Physiol.* 1979;293:379-92.

Julian V, Thivel D, Costes F, Touron J, Boirie Y, Pereira B, Richard R. Eccentric training improves body composition by inducing mechanical and metabolic adaptations: a promising approach for overweight and obese individuals. *Frontiers in physiology*, 2018;9, 1013.

Kaminski TW, Wabbersen CV, Murphy RM. Concentric versus enhanced eccentric hamstring strength training: clinical implications. *J Athl Train.* 1998;33(3):216–21

Katz B. The relation between force and speed in muscular contraction. *The Journal of physiology*, 1939;96(1), 45.

Kaux JF, Drion P, Libertiaux V, Colige A, Hoffmann A, Nussgens B, Croisier JL. Eccentric training improves tendon biomechanical properties: a rat model. *Journal of Orthopaedic Research*, 2013;31(1), 119-124.

Kaya S, Pınar S. Effects of triphasic training model combined with two different cluster sets on vertical jump and reactive strength index. *Physical Education of Students*, 2022;26(4):199–206.

Kayihan, Gurhan & Ersoz, Gulfem. (2010). Assessment of Ankara Police College students' body composition. *International Journal of Human Sciences.* 7.

Keogh JW, Wilson GJ, Weatherby RE. A cross-sectional comparison of different resistance training techniques in the bench press. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, (1999). 13(3), 247-258.

Kibele A. Possibilities and limitations in the biomechanical analysis of countermovement jumps: A methodological study. *Journal of Applied Biomechanics*, 1998;14(1), 105–117.

Kibler WB, Chandler TJ, Uhl T, Maddux RE. A musculoskeletal approach to the preparticipation physical examination: Preventing injury and improving performance. *The American journal of sports medicine*, 1989;17(4), 525-531.

Kjaer M, Heinemeier KM. Eccentric exercise: acute and chronic effects on healthy and diseased tendons. *Journal of Applied Physiology*, 2014;116(11), 1435-1438.

Koh TJ, Brook SV. Lengthening contractions are not required to induce protection from contraction-induced muscle injury. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 2001;281(1), R155-R161.

Komi PV, Bosco C. "Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women." *Medicine and science in sports* 1978; 10.4 261-265.

Komi PV. Stretch-shortening cycle. *Strength and power in sport*, 2003; 2, 184-202.

Komi PV. Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of biomechanics*, 2000;33(10), 1197-1206.

Komi PV. The stretch-shortening cycle and human power output. *Human muscle power*, 1986;27-39.

Kostek MC, Chen YW, Cuthbertson DJ, Shi R, Fedele MJ, Esser KA, Rennie MJ. Gene expression responses over 24 h to lengthening and shortening contractions in human muscle: major changes in CSRP3, MUSTN1, SIX1, and FBXO32. *Physiological genomics*.2007.

Kramer HF, Goodyear LJ. Exercise, MAPK, and NF- κ B signaling in skeletal muscle. *Journal of applied physiology*, 2007;103(1), 388-395.

Labeit S, Kolmerer B. Titins: giant proteins in charge of muscle ultrastructure and elasticity. *Science*, 1995;270(5234), 293-296.

LaStayo P, Marcus R, Dibble L, Frajacomo F, Lindstedt S. Eccentric exercise in rehabilitation: safety, feasibility, and application. *Journal of Applied Physiology*, 2014;116(11), 1426-1434.

LaStayo PC, Ewy GA, Pierotti DD, Johns RK, Lindsted S. The positive effects of negative work: increased muscle strength and decreased fall risk in a frail elderly population. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 2003;58(5), M419-M424.

Lastayo PC, Reich TE, Urquhart M, Hoppeler H, Lindstedt SL. Chronic eccentric exercise: improvements in muscle strength can occur with little demand for oxygen. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 1999; 276(2), R611-R615.

LaStayo PC, Woolf JM, Lewek MD, Snyder-Mackler L, Reich T, Lindstedt SL. Eccentric muscle contractions: their contribution to injury, prevention, rehabilitation, and sport. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 2003;33(10), 557-571.

Latella C, Teo WP, Drinkwater EJ, Kendall K, Haf GG. The acute neuromuscular responses to cluster set resistance training: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 2019;49(12), 1861-1877.

Lauritzen F, Paulsen G, Raastad T, Bergersen LH, Owe SG. Gross ultrastructural changes and necrotic fiber segments in elbow flexor muscles after maximal voluntary eccentric action in humans. *Journal of applied physiology*, 2009;107(6), 1923-1934.

Lavender AP, Nosaka K. A light load eccentric exercise confers protection against a subsequent bout of more demanding eccentric exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2008;11(3), 291-298.

Lee EJ, Joumaa V, Herzog W. New insights into the passive force enhancement in skeletal muscles. *Journal of biomechanics*, 2007;40(4), 719-727.

Leonard TR, DuVall M, Herzog W. Force enhancement following stretch in a single sarcomere. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 2010;299(6), C1398-C1401.

Leonard TR, Herzog W. Regulation of muscle force in the absence of actin-myosin-based cross-bridge interaction. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 2010;299(1), C14-C20.

Lephart SM, Pincivero DM, Giraido JL, Fu FH. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *The American journal of sports medicine*, 1997;25(1), 130-137.

Lieber R L, Fridén J. Mechanisms of muscle injury after eccentric contraction. *Journal of science and medicine in sport*, 1999;2(3), 253-265.

Lieber R, Friden J. Selective damage of fast glycolytic muscle fibres with eccentric contraction of the rabbit tibialis anterior. *Acta Physiologica Scandinavica*, 1988;133(4), 587-588.

Linari M, Piazzesi G, Dobbie I, Koubassova N, Reconditi M, Narayanan T, Lombardi V. Interference fine structure and sarcomere length dependence of the axial x-ray pattern from active single muscle fibers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2000;97(13), 7226-7231.

Linari M, Woledge RC, Curtin NA. Energy storage during stretch of active single fibres from frog skeletal muscle. *The Journal of physiology*, 2003;548(2), 461-474.

Lindstedt SL, LaStayo PC, Reich TE. When active muscles lengthen: properties and consequences of eccentric contractions. *Physiology*, 2001;16(6), 256-261.

Lloyd RS, Howard S, Pedley J, Read P, Gould Z, Oliver J. The acute effects of accentuated eccentric loading on drop jump kinetics in adolescent athletes (2021).

Lockie RG, Schultz AB, Callaghan SJ, Jeffriess MD. The effects of traditional and enforced stopping speed and agility training on multidirectional speed and athletic function. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2014;28(6), 1538-1551.

Lockie RG, Schultz AB, Callaghan SJ, Jeffriess MD. The effects of traditional and enforced stopping speed and agility training on multidirectional speed and athletic function. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2014;28(6), 1538-1551

Majeedkutty NA, Yiing PS, Paul A. Accentuated eccentric training: effects on horizontal jump distance and muscle strength among young adults. *MOJ Yoga Physical Ther*, 2018;3(3), 59-62.

Maroto-Izquierdo, S., García-López, D., & de Paz, J. A. (2017). Functional and muscle-size effects of flywheel resistance training with eccentric-overload in professional handball players. *Journal of human kinetics*, 60(1), 133-143.

McArdle F, Spiers S, Aldemir H, Vasilaki A, Beaver A, Iwanejko L, Jackson MJ. Preconditioning of skeletal muscle against contraction-induced damage: the role of adaptations to oxidants in mice. *The Journal of physiology*, 2004;561(1), 233-244.

McClymont D, Hore A. Use of the reactive strength index (RSI) as an indicator of plyometric training conditions. In *Science and Football V: The proceedings of the fifth World Congress on Sports Science and Football*, Lisbon, Portugal (2003, April) (Vol. 408, p. 16).

McHugh MP, Connolly DA, Eston RG, Gleim GW. Exercise-induced muscle damage and potential mechanisms for the repeated bout effect. *Sports medicine*, 1999;27(3), 157-170.

McHugh MP, Connolly DA, Eston RG, Gleim GW. Exercise-induced muscle damage and potential mechanisms for the repeated bout effect. *Sports medicine*, 1999;27(3), 157-170.

McHugh MP. Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 2003;13(2), 88-97.

McHugh MP. Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 2003;13(2), 88-97.

McKelvey L, Shorten GD, O'Keeffe GW. Nerve growth factor-mediated regulation of pain signalling and proposed new intervention strategies in clinical pain management. *Journal of neurochemistry*, 2013;124(3), 276-289.

Merrigan, J., Borth, J., Taber, C., Suchomel, T., & Jones, M. (2022). Application of Accentuated Eccentric Loading to Elicit Acute and Chronic Velocity and Power Improvements: A Narrative Review. *International Journal of Strength and Conditioning*, 2(1).

Meyer K, Steiner R, Lastayo P, Lippuner K, Allemann Y, Eberli F, Hoppeler H. Eccentric exercise in coronary patients: central hemodynamic and metabolic responses. *Medicine and science in sports and exercise*, 2003;35(7), 1076-1082.

Meylan C, Malatesta D. Effects of in-season plyometric training within soccer practice on explosive actions of young players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2009;23(9),2605-2613.

Mike JN. The effects of eccentric contraction duration of muscle strength, power production, vertical jump and soreness. The University of New Mexico (2015).

Mike Jonathan, Kerksick Chad, Kravitz Len How to Incorporate Eccentric Training Into a Resistance Training Program. *Strength and Conditioning Journal*. 2015;37. 5-17. 10.1519/SSC.000000000000114.

Minozzo FC, Lira CA. Muscle residual force enhancement: a brief review. *Clinics*, 2013;68, 269-274.

Mizumura K, Taguchi T. Delayed onset muscle soreness: Involvement of neurotrophic factors. *The journal of physiological sciences*, 2016;66(1), 43-52.

Mjølsnes R, Arnason A, Østhagen T, Raastad T, Bahr R. A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 2004;14(5), 311-317.

Moir GL. Three different methods of calculating vertical jump height from force platform data in men and women. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 2008;12(4), 207–218.

Morales-Artacho AJ, Padial P, García-Ramos A, Pérez-Castilla A, Feriche B. Influence of a cluster set configuration on the adaptations to short-term power training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2018;32(4), 930-937.

Morgan DL. An explanation for residual increased tension in striated muscle after stretch during contraction. *Exp Physiol*. 1994;79:831-8.

Morgan DL. New insights into the behavior of muscle during active lengthening. *Biophysical journal*, 1990;57(2), 209-221.

Munger CN, Archer DC, Leyva WD, Wong MA, Coburn JW, Costa PB, Brown LE. Acute effects of eccentric overload on concentric front squat performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*.2017;31(5), 1192-1197.

Murase S, Terazawa E, Hirate K, Yamanaka H, Kanda H, Noguchi K, Mizumura K. Upregulated glial cell line-derived neurotrophic factor through cyclooxygenase-2 activation in the muscle is required for mechanical hyperalgesia after exercise in rats. *The Journal of physiology*, 2013;591(12), 3035-3048.

Naczki M, Naczki A, Brzenczek-Owczarzak W, Arlet, J, Adach Z. Impact of inertial training on strength and power performance in young active men. *Journal of strength and conditioning research*, 2016;30(8), 2107-2113.

Nagy A, Grama L, Huber T, Bianco P, Trombitas K, Granzier HL, Kellermayer MSZ. Hierarchical extensibility in the PEVK domain of skeletal-muscle titin. *Biophysical Journal*, 2005;89(1), 329-336.

Nardone A, Schieppati M. Selective recruitment of high threshold human motor units during voluntary isotonic lengthening of active muscles. *J Physiol*. 1989;409:451–71

Nardone A, Schieppati M. Shift of activity from slow to fast muscle during voluntary lengthening contractions of the triceps surae muscles in humans. *J Physiol*. 1988;395:363–81.

Neubauer O, Sabapathy S, Ashton KJ, Desbrow B, Peake JM, Lazarus R, Bulmer AC. Time course-dependent changes in the transcriptome of human skeletal muscle during recovery from endurance exercise: from inflammation to adaptive remodeling. *Journal of Applied Physiology*, 2014;116(3), 274-287.

Nie H, Madeleine P, Arendt-Nielsen, L, Graven-Nielsen, T. Temporal summation of pressure pain during muscle hyperalgesia evoked by nerve growth factor and eccentric contractions. *European Journal of Pain*, 2009;13(7), 704-710.

Nishikawa KC, Monroy JA, Uyeno TE, Yeo SH, Pai DK, Lindstedt SL. Is titin a ‘winding filament’? A new twist on muscle contraction. *Proceedings of the royal society B: Biological sciences*, 2012;279(1730), 981-990.

Norrbrand L, Fluckey JD, Pozzo M, Tesch PA. Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size. *European journal of applied physiology*, 2008;102(3), 271-281.

Norrbrand L, Tous-Fajardo J, Vargas R, Tesch PA. Quadriceps muscle use in the flywheel and barbell squat. *Aviation, space, and environmental medicine*, 2011;82(1), 13-19.

Nosaka K, Aoki MS. Repeated bout effect: research update and future perspective. *Brazilian Journal of Biomotricity*, 2011;5(1), 5-15.

Nosaka K, Clarkson PM. Muscle damage following repeated bouts of high force eccentric exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 1995;27(9), 1263-1269.

Nosaka K, Newton M, Sacco P. Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 2002;12(6), 337-346.

Nosaka K, Newton M. Repeated eccentric exercise bouts do not exacerbate muscle damage and repair. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2002;16(1), 117-122.,

Nosaka K. Muscle soreness and damage and the repeated-bout effect. *Skeletal muscle damage and repair*, 2008;59-76.

Nosaka K. Exercise-induced muscle damage and delayed onset muscle soreness (DOMS). 2011

Nosaka K. Exercise-induced muscle damage and delayed onset muscle soreness (DOMS) 2011.

Nosaka, K, Aoki MS. Repeated bout effect: research update and future perspective. *Brazilian Journal of Biomotricity*, 2011;5(1), 5-15.

Ojasto T, Hakkinen K. Effects of different accentuated eccentric load levels in eccentric-concentric actions on acute neuromuscular, maximal force, and power responses. *J Strength Cond Res*. 2009;23(3):996–1004.

Ojasto T, Häkkinen K. Effects of different accentuated eccentric load levels in eccentric-concentric actions on acute neuromuscular, maximal force, and power responses. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2009;23(3), 996-1004.

Ojasto T, Häkkinen K. Effects of different accentuated eccentric loads on acute neuromuscular, growth hormone, and blood lactate responses during a hypertrophic protocol. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2009; 23(3), 946-953.

Oliver JM, Kreutzer A, Jenke S, Phillips MD, Mitchell JB, Jones MT. Acute response to cluster sets in trained and untrained men. *European journal of applied physiology*. 2015;115(11), 2383-2393.

Oranchuk DJ, Storey AG, Nelson AR, Cronin JB. Scientific basis for eccentric quasi-isometric resistance training: a narrative review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2019;33(10), 2846-2859.

Overend TJ, Versteegh TH, Thompson E, Birmingham TB, Vandervoort A A. Cardiovascular stress associated with concentric and eccentric isokinetic exercise in young and older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 2000;55(4), B177-B182.

Paschali V, Nikolaidis MG, Theodorou AA, Deli CK, Raso V, Jamurtas AZ, Koutedakis Y. The effects of eccentric exercise on muscle function and proprioception of individuals being overweight and underweight. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2013; 27(9), 2542-2551.

Paschalis V, Nikolaidis MG, Giaka G, Theodorou AA, Sakellariou GK, Fatouros IG, Jamurtas AZ. Beneficial changes in energy expenditure and lipid profile after eccentric exercise in overweight and lean women. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 2010;20(1), e103-e111.

Paulsen G, Ramer Mikkelsen U, Raastad T, Peake JM. Leucocytes, cytokines and satellite cells: what role do they play in muscle damage and regeneration following eccentric exercise?. *Exercise immunology review*, 18.2012

Peake JM, Neubauer O, Della Gatta PA, Nosaka K. Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *Journal of applied physiology*, 2017;122(3), 559-570.

Piazzesi G, Francini, F, Linari M, Lombardi, V. Tension transients during steady lengthening of tetanized muscle fibres of the frog. *The Journal of physiology*, 1992;445(1), 659-711.

Pinniger GJ, Ranatunga KW, Offer GW. Crossbridge and non-crossbridge contributions to tension in lengthening rat muscle: force-induced reversal of the power stroke. *The Journal of physiology*, 2006;573(3), 627-643.

Pleša J, Kozinc Ž, Smajla D, Šarabon N. The association between reactive strength index and reactive strength index modified with approach jump performance. *Plos one*.2022;17(2), e0264144.

Plisk SS, Stone MH. Periodization strategies. *Strength Cond* 25: 19–37, 2003.

Powers K, Schappacher-Tilp G, Jinha A, Leonard T, Nishikawa K, Herzog W. Titin force is enhanced in actively stretched skeletal muscle. *Journal of Experimental Biology*,2014; 217(20), 3629-3636.

Pozzo M, Alkner B, Norrbrand L, Farina D, Tesch PA. Muscle-fiber conduction velocity during concentric and eccentric actions on a flywheel exercise device. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*, 2006;34(2), 169-177.

Proske U, Morgan DL. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *The Journal of physiology*, 2001;537(2), 333-345.

Pueo B, Lipinska P, Jiménez-Olmedo JM, Zmijewski P, Hopkins WG. “Accuracy of jump-mat systems for measuring jump height.”, *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2017; 12(7)

Pun C, Syed A, Rassier DE. History-dependent properties of skeletal muscle myofibrils contracting along the ascending limb of the force–length relationship. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2010;277(1680), 475-484.

Radke MH, Polack C, Methawasin M, Fink C, Granzier HL, Gotthardt M. Deleting full length titin versus the titin M-band region leads to differential mechanosignaling and cardiac phenotypes. *Circulation*, 2009;139(15), 1813-1827.

Ramírez-Campillo R, González-Jurado JA, Martínez C, Nakamura FY, Peñailillo L, Meylan CM, Izquierdo M. Effects of plyometric training and creatine supplementation on maximal-intensity exercise and endurance in female soccer players. *Journal of science and medicine in sport*, 2016;19(8), 682-687.

Rassier DE, Herzog W. Relationship between force and stiffness in muscle fibers after stretch. *Journal of Applied Physiology*, 2005;99(5), 1769-1775.

Rassier DE, Leite FS, Nocella M, Cornachione AS, Colombini B, Bagni MA. Non-crossbridge forces in activated striated muscles: a titin dependent mechanism of regulation?. *Journal of muscle research and cell motility*, 2015;36(1), 37-45.

Rassier DE. The mechanisms of the residual force enhancement after stretch of skeletal muscle: non-uniformity in half-sarcomeres and stiffness of titin. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2012;279(1739), 2705-2713.

Reeves ND, Maganaris CN, Longo S, Narici MV. Differential adaptations to eccentric versus conventional resistance training in older humans. *Experimental physiology*, 2009;94(7), 825-833.

Requena B, Requena F, García I, de Villarreal ESS, Pääsuke M. Reliability and validity of a wireless microelectromechanicals based system (Keimove\texttrademark) for measuring vertical jumping performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11(1), 115–122.

Requena B, Requena F, García I, de Villarreal ESS, Pääsuke M. Reliability and validity of a wireless microelectromechanicals based system (Keimove\texttrademark) for measuring vertical jumping performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2012;11(1), 115–122

Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *Journal of athletic training*, 2002;37(1), 71.

Rodacki A, Rodacki LF, Fowler NE, Bennett SJ. Vertical jump coordination : Fatigue effects Vertical jump coordination : fatigue effects. *Medicine & Science in Sports and Exercise*, (February), 2002;34(1), 105–116.

Roig M, O'Brien K, Kirk G, Murray R, McKinnon P, Shadgan B, Reid WD. 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*, 2009;43(8), 556-568.

Roig M, Shadgan B, Reid WD. Eccentric exercise in patients with chronic health conditions: a systematic review. *Physiotherapy Canada*, 2008;60(2), 146-160.

Romero-Rodriguez D, Gual G, Tesch PA. Efficacy of an inertial resistance training paradigm in the treatment of patellar tendinopathy in athletes: a case-series study. *Physical Therapy in Sport*, 2011;12(1), 43-48.

Roots H, Offer GW, Ranatunga, KW. Comparison of the tension responses to ramp shortening and lengthening in intact mammalian muscle fibres: crossbridge and non-crossbridge contributions. *Journal of muscle research and cell motility*, 2007;28(2), 123-139.

Roux PP, Blenis J. ERK and p38 MAPK-activated protein kinases: a family of protein kinases with diverse biological functions. *Microbiology and molecular biology reviews*, 2004;68(2), 320-344.

Sanchez-Medina L, González-Badillo JJ. Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and science in sports and exercise*, 2011;43(9), 1725-1734.

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

Seo DI, Kim E, Fahs CA, Rossow L, Young K, Ferguson SL, So WY. Reliability of the one-repetition maximum test based on muscle group and gender. *Journal of sports science & medicine*. 2012; 11(2), 221.

Seynnes OR, de Boer M, Narici MV. Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. *Journal of applied physiology*, 2007;102(1), 368-373.

Sheppard JM, Kieran Young. "Using additional eccentric loads to increase concentric performance in the bench throw." *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24.10-2853-2856.

Shibata K, Takizawa K, Nosaka K., & Mizuno, M. (2021). Effects of prolonging eccentric phase duration in parallel back-squat training to momentary failure on muscle cross-sectional area, squat one repetition maximum, and performance tests in university soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(3), 668-674.

Siff MC, Verkhoshansky YU. *Supertraining*. Denver, CO: Supertraining International, 1999.

Spiteri T, Nimphius S, Hart NH, Specos C, Sheppard JM, Newton RU. Contribution of strength characteristics to change of direction and agility performance in female basketball athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2014;28(9), 2415-2423.

Stoecker U, Telley IA, Stüssi E, Denoth, J. A multisegmental cross-bridge kinetics model of the myofibril. *Journal of theoretical biology*, 2009;259(4), 714-726.

Stone MH, O'Bryant HO. *Weight Training: A Scientific Approach*. Minnesota: Burgess, 1987.

Suarez-Arrones L, Saez de VE, Núñez FJ, Di Salvo V, Petri C, Buccolini A, Mendez-Villanueva A. In-season eccentric-overload training in elite soccer players: Effects on body composition, strength and sprint performance. *PloS one*, 2018;13(10), e0205332.

Sugi H, Tsuchiya T. Enhancement of mechanical performance in frog muscle fibres after quick increases in load. *The Journal of Physiology*, 1981;319(1), 239-252.

Sugi H. Tension changes during and after stretch in frog muscle fibres. *The Journal of Physiology*, 1972;225(1), 237-253.

Taipale RS, Mikkola J, Vesterinen V, Nummela A, Häkkinen K. Neuromuscular adaptations during combined strength and endurance training in endurance runners: Maximal versus explosive strength training or a mix of both. *European Journal of Applied Physiology*, 2013;113(2), 325–335

Takekura H, Fujinami N, Nishizawa T, Ogasawara H, Kasuga N. Eccentric exercise-induced morphological changes in the membrane systems involved in excitation—contraction coupling in rat skeletal muscle. *The Journal of physiology*, 2001;533(2), 571-583.

Telley IA, Stehle R, Ranatunga KW, Pfitzer G, Stüssi E, Denoth J. Dynamic behaviour of half-sarcomeres during and after stretch in activated rabbit psoas myofibrils: sarcomere asymmetry but no ‘sarcomere popping’. *The Journal of physiology*, 2006;573(1), 173-185.

Tesch PA, Ekberg A, Lindquist DM, Trieschmann JT. Muscle hypertrophy following 5-week resistance training using a non-gravity-dependent exercise system. *Acta Physiologica Scandinavica*, 2004;180(1), 89-98.

Tous-Fajardo J, Gonzalo-Skok O, Arjol-Serrano JL, Tesch P. Enhancing change-of-direction speed in soccer players by functional inertial eccentric overload and vibration training. *International Journal of Sports Physiology & Performance*. 2016;11(1):66–73.

Tous-Fajardo J, Gonzalo-Skok O, Arjol-Serrano JL, Tesch P. Enhancing change-of-direction speed in soccer players by functional inertial eccentric overload and vibration training. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 2016;11(1).

Tsuchiya T, Sugi H. Muscle stiffness changes during enhancement and deficit of isometric force in response to slow length changes. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1988;226, 503-511.

Tufano JJ, Conlon JA, Nimphius S, Brown LE, Seitz LB, Williamson BD, Haff GG. Maintenance of velocity and power with cluster sets during high-volume back squats. *International journal of sports physiology and performance*, 2016; 11(7), 885-892.

Turgut A, Özkurt ÇG, Gelen E. Dikey sıçrama performansının belirlenmesinde akıllı telefon uygulaması kullanılabilir mi? [Can a smartphone app be used to determine vertical jump performance?]. *International Journal of Sport Exercise and Training Sciences - IJSETS*. 2018; 4 (2), 79-83. DOI: 10.18826/useeabd.437153 (In Turkish)

Turrini P, Gaetano C, Antonelli A, Capogrossi MC, Aloe L. Nerve growth factor induces angiogenic activity in a mouse model of hindlimb ischemia. *Neuroscience letters*, 2002;323(2), 109-112.

Ünal m. Egzersiz Fizyolojisi 1.basım, Medikal Sağlık ve Yayıncılık Ltd.Şti.Tıp Kitapevleri., İstanbul; 2019, s: 125-133

Vogt M, Hoppeler HH. Eccentric exercise: mechanisms and effects when used as training regime or training adjunct. *Journal of applied Physiology*. 2014

Vogt M, Hoppeler HH. Eccentric exercise: Mechanisms and effects when used as training regime or training adjunct. *J Appl Physiol* (1985) 116: 1446–1454, 2014

Wagle JP, Cunanan AJ, Carroll KM, Sams ML, Wetmore A, Bingham GE, Stone MH. Accentuated eccentric loading and cluster set configurations in the back squat: A kinetic and kinematic analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2021; 35(2), 420-427

Wagle JP, Lates AD, Greer BK, Taber CB. Accentuated eccentric loading and cluster set configurations in the bench press. *The Journal of Strength & Conditioning Research*.2022;36(6), 1485-1489.

Wagle JP, Taber CB, Cunanan AJ, Bingham GE, Carroll KM, DeWeese BH, Stone MH. Accentuated eccentric loading for training and performance: A review. *Sports Medicine*, 2017; 47(12), 2473-2495.

Walcott S and Herzog W. Modeling residual force enhancement with generic crossbridge models. *Math Biosci* 216: 172-186, 2008

Walker S, Blazevich AJ, Haff GG, Tufano JJ, Newton RU, Hakkinen K. Greater strength gains after training with accentuated eccentric than traditional isoinertial loads in already strength-trained men. *Front Physiol.* 2016;7:149.

Walker S, Häkkinen K, Haff GG, Blazevich AJ, Newton RU. Acute elevations in serum hormones are attenuated after chronic training with traditional isoinertial but not accentuated eccentric loads in strength-trained men. *Physiological reports.* 2017; 5(7), e13241

Walsh M, Arampatzis A, Schade, F, Brüggemann GP. The effect of drop jump starting height and contact time on power, work performed, and moment of force. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2004;18(3), 561-566.

Walsh S, Reindl R, Harvey E, Berry G, Beckman L, Steffen T. Biomechanical comparison of a unique locking plate versus a standard plate for internal fixation of proximal humerus fractures in a cadaveric model. *Clinical Biomechanics*, 2006;21(10), 1027-1031

Watanabe, K., Nair, P., Labeit, D., Kellermayer, M. S., Greaser, M., Labeit, S., & Granzier, H. Molecular mechanics of cardiac titin's PEVK and N2B spring elements. *Journal of Biological Chemistry*, 2002;277(13), 11549-11558.

Wilson GJ, Wood GA, Elliott BC. Optimal stiffness of series elastic component in a stretch-shorten cycle activity. *Journal of applied physiology*, 1991; 70(2), 825-833.

Yang S, Alnaqeeb M, Simpson H, Goldspink G. Cloning and characterization of an IGF-1 isoform expressed in skeletal muscle subjected to stretch. *Journal of Muscle Research & Cell Motility*, 1996;17(4), 487-495.

Yang SY, Goldspink G. Different roles of the IGF-I Ec peptide (MGF) and mature IGF-I in myoblast proliferation and differentiation. *FEBS letters*, 2002;522(1-3), 156-160.

Yarrow JF, Borsa PA, Borst SE, Sitren HS, Stevens BR, White LJ. Early-phase neuroendocrine responses and strength adaptations following eccentric-enhanced resistance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* 2008; 22(4), 1205-1214.

Yarrow JF, Borsa PA, Borst SE, Sitren HS, Stevens BR, White LJ. Neuroendocrine responses to an acute bout of eccentric-enhanced resistance exercise. *Medicine and science in sports and exercise*. 2007; 39(6), 941.

Young, W. Laboratory strength assessment of athletes. *New studies in athletics*, (1995). 10, 89-89.

Yu JG, Carlsson L, Thornell LE. Evidence for myofibril remodeling as opposed to myofibril damage in human muscles with DOMS: an ultrastructural and immunoelectron microscopic study. *Histochemistry and cell biology*, 2004;121(3), 219-227.

Zatsiorsky V M, Kraemer WJ, Fry AC. *Science and practice of strength training*. Human Kinetics. (2020).