

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI**

**TAM SQUAT HAREKETİNİN İTME EVRESİNDEKİ KİNETİK -
KİNEMATİKLERİN SPRINT VE SIÇRAMA PERFORMANSI İLE
İLİŞKİSİ**

DOKTORA TEZİ

İbrahim CAN

**TRABZON
Haziran, 2014**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI**

**TAM SQUAT HAREKETİNİN İTME EVRESİNDEKİ KİNETİK -
KİNEMATİKLERİN SPRINT VE SIÇRAMA PERFORMANSI İLE
İLİŞKİSİ**

İbrahim CAN

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü'nce Doktora Unvanı
Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. Hamit CİHAN**

**TRABZON
Haziran, 2014**

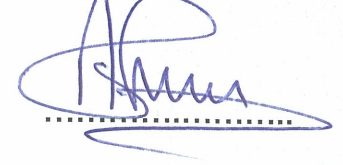
K.T.Ü Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne;

Bu çalışma jürimiz tarafından Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalında
DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir. 20 / 06 / 2014

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Hamit CİHAN



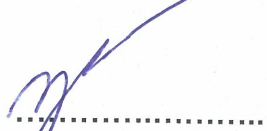
Üye : Prof. Dr. Aslan KALKAVAN



Üye : Prof. Dr. Ali Ahmet DOĞAN



Üye : Doç. Dr. Mustafa ŞAHİN



Üye : Yrd. Doç. Dr. Mustafa BAŞ



Onay

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Nevzat YİĞİT
Enstitü Müdürü

BİLDİRİM

Tezimin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı ve bu tezi KTÜ Eğitim Bilimleri Enstitüsün'den başka bir bilim kuruluşuna akademik gaye ve unvan almak amacıyla vermediğimi; tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada kullanılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ediyorum.

İbrahim CAN

20 / 06 / 2014

ÖN SÖZ

“Tam squat hareketinin itme evresi esnasındaki kinetik - kinematiklerin, sprint ve sıçrama performansı ile ilişkisi” konulu doktora çalışmam süresince bilgisini ve tecrübesini benden esirgemeyen, çalışmanın her aşamasında büyük bir emeği bulunan değerli hocam ve tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Hamit CİHAN’a, önerilerinden dolayı Doç. Dr. Mustafa ŞAHİN ve Yrd. Doç. Dr. Mustafa BAŞ’a, çalışmanın istatistik analizinde yapmış olduğu katkılardan dolayı arkadaşım Öğr. Gör. Erdal ARI’ya ve Doç. Dr. Ekrem CENGİZ’e, vermiş olduğu değerli bilgilerden dolayı Luis Sanchez-MEDINA’ya ve doktora öğrenimim aşamasında ders almış olduğum bütün hocalarıma çok teşekkür ediyorum. Ayrıca hayatımın her anında yanımda bulunan, maddi ve manevi her zaman büyük desteğini hissettiğim sevgili aileme ve eşim Fatime CAN’a sonsuz teşekkürler...

İbrahim CAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖN SÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
TABLolar LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
GRAFİKLER LİSTESİ	xiii
RESİMLER LİSTESİ	xiv
KISALTMALAR LİSTESİ	xv
1. GİRİŞ	1
1. 1. Araştırmanın Amacı	4
1. 2. Araştırmanın Gerekçesi ve Önemi	5
1. 3. Araştırmanın Sınırlılıkları.....	6
1. 4. Araştırmanın Varsayımları	7
1. 5. Tanımlar.....	7
2. LİTERATÜR TARAMASI	8
2. 1. Araştırmanın Kuramsal Çerçevesi	8
2. 1. 1. İskelet Kasının Yapısı	8
2. 1. 1. 1. Bağ Dokusu Kılıfları ve Organizasyonu	9
2. 1. 1. 2. Miyofibril ve Miyofilamentler	10
2. 1. 1. 3. Sarkotübüler Sistem	12
2. 1. 1. 3. 1. Sarkoplazmik Retikulum	12
2. 1. 1. 3. 2. Transvers Tübüller	13
2. 1. 2. Kas Kasılma Mekanizması	13
2. 1. 2. 1. Kayan Filamentler Teorisi	15
2. 1. 3. Kas Kasılma Mekanizması	18
2. 1. 3. 1. İzometrik Kasılma	18

2. 1. 3. 2. İzotonik Kasılma	20
2. 1. 3. 2. 1. Konsantrik Kasılma	22
2. 1. 3. 2. 2. Eksantrik Kasılma	22
2. 1. 3. 3. İzokinetik Kasılma	23
2. 1. 4. Kas Lif Tipleri ve Sportif Başarı İle İlişkisi	23
2. 1. 5. Kuvvet	29
2. 1. 5. 1. Kuvvet Türleri	32
2. 1. 5. 1. 1. Maksimal Kuvvet	32
2. 1. 5. 1. 2. Çabuk Kuvvet	34
2. 1. 5. 1. 3. Kuvvette Devamlılık	35
2. 1. 5. 2. Kas Kuvvetini Etkileyen Biyolojik, Yapısal ve Sinirsel Faktörler	35
2. 1. 5. 2. 1. Yaş	35
2. 1. 5. 2. 2. Cinsiyet	37
2. 1. 5. 2. 3. Vücut Hacmi	37
2. 1. 5. 2. 4. Kaslar Arası Koordinasyon	38
2. 1. 5. 2. 5. Kas İçi Koordinasyon	38
2. 1. 5. 2. 6. Kasın Kesit Alanı	40
2. 1. 5. 2. 7. Kas Lif Tipi	41
2. 1. 5. 3. Kas Kuvvetini Etkileyen Mekanik Faktörler	42
2. 1. 5. 3. 1. Sarkomer Uzunluk - Kuvvet İlişkisi	42
2. 1. 5. 3. 2. Kuvvet - Kasılma Hızı İlişkisi	45
2. 1. 5. 3. 3. Kasın Elastik Özelliği	49
2. 1. 5. 3. 3. 1. Kasılabilen Bileşen	50
2. 1. 5. 3. 3. 2. Seri Esnek Bileşen	50
2. 1. 5. 3. 3. 3. Paralel Esnek Bileşen	51
2. 1. 5. 3. 4. Kasın Aktif ve Pasif Gerginliği	52
2. 1. 5. 3. 5. Kuvvet - Zaman İlişkisi	54
2. 1. 6. İtme Evresinin Kinetik ve Kinematikleri	55
2. 2. Literatür Taramasının Sonucu	63
3. YÖNTEM	66
3. 1. Araştırma Modeli	66
3. 2. Evren ve Örneklem	67
3. 2. 1. Evren	67
3. 2. 2. Örneklem	67

3. 3. Verilerin Toplanması	68
3. 3. 1. Veri Toplama Araçları	68
3. 3. 1. 1. Boy ve Kilo Ölçüm Cihazı	68
3. 3. 1. 2. Smith Makine	69
3. 3. 1. 3. Serbest Ağırlıklar	69
3. 3. 1. 4. T-Force Dinamik Ölçüm Sistemi	70
3. 3. 1. 5. Fotosel	72
3. 3. 1. 6. Şeritmetre	72
3. 3. 2. Veri Toplama süreci	73
3. 3. 2. 1. Boy ve Kilo Ölçümü	73
3. 3. 2. 2. Bir Tekrarlı Maksimal (1TM) Kuvvetin Elde Edilmesi	74
3. 3. 2. 3. İtme Evresindeki Güç, Hız ve Kuvvet Değerlerinin Belirlenmesi	75
3. 3. 2. 4. Sprint Sürelerinin Ölçülmesi	77
3. 3. 2. 5. Dikey Sıçrama Yüksekliğinin Ölçülmesi	77
3. 4. Verilerin Analizi	78
4. BULGULAR	79
5. TARTIŞMA	106
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	125
6. 1. Sonuçlar.....	125
6. 2. Öneriler.....	127
6. 2. 1. Araştırma Sonuçlarına Dayalı Öneriler.....	127
6. 2. 2. İleride Yapılabilecek Araştırmalara Yönelik Öneriler.....	127
7. KAYNAKLAR	129
8. EKLER	148
9. ÖZGEÇMİŞ ve İLETİŞİM BİLGİLERİ	

ÖZET

Tam Squat Hareketinin İtme Evresindeki Kinetik - Kinematiklerin Sprint ve Sıçrama Performansı İle İlişkisi

Bu araştırmanın amacı; tam squat (SQ) hareketinin itme evresi esnasındaki kinetik - kinematiklerin sprint ve sıçrama performansı ile ilişkilerini araştırarak hangi değişkenin hangi yüklenme yoğunluğu ile ilişkili olduğunu belirlemektir. Bu amaçla, araştırma grubunu farklı spor branşlarında mücadele eden ve çalışmaya gönüllü olarak katılan 32 erkek amatör sporcu oluşturmaktadır.

Veri toplama araçları olarak; boy - kilo ölçüm cihazı, smith makine, serbest ağırlıklar, T-Force dinamik ölçüm sistemi, fotosel ve bir şeritmetre kullanılmıştır. Bu araştırmanın veri toplama süreci 3 farklı dönemde tamamlanmıştır. İlk dönemde, deneklerin fiziksel özellikleri ile tam SQ hareketindeki bir tekrarlı maksimal (1TM) kuvvet değerleri belirlenmiş ve 1TM değerlerinin farklı yüzdelerine (% 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100) karşılık gelen ağırlıklar hesaplanarak kaydedilmiştir. İkinci dönemde, 1TM'nin farklı yüzdelerindeki ağırlıklarda deneklere tam SQ hareketi yaptırılmış ve itme evresinin kinetik - kinematikleri belirlenmiştir. Üçüncü dönemde ise deneklere 5 - 30 metre sprint ve dikey sıçrama testleri uygulanmıştır.

Verilerin değerlendirilmesinde; tanımlayıcı istatistikler, korelasyon analizi ve bağımlı gruplar için tek yönlü varyans (ANOVA) analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre; relatif yük (% 1TM) ile güç, hız ve kuvvet parametreleri arasındaki en güçlü ilişkinin ortalama güç (OG; $r = ,218$), ortalama itme hızı (OİH; $r = - ,968$) ve ortalama kuvvet (OK; $r = ,907$) ile elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır. 5 metre sprint zamanı ile 1TM'nin % 40 - 70'inde yapılan tam SQ hareketinin itme evresindeki OG ve zirve güç (ZG), % 70'indeki ortalama itme gücü (OİG) ve farklı yüklerde uygulanan tam squat hareketinin itme evresi esnasındaki kuvvet parametrelerinin çoğunun ilişkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 30 metre sprint zamanı ile 1TM'nin % 40 - 70'indeki OG, % 40 - 60'ındaki ZG ve zirve hız (ZH) ile % 60'ındaki zirve kuvvet (ZK) değerlerinin ilişkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca farklı yüklerdeki tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki güç, hız ve kuvvet parametrelerinden hiçbirinin dikey sıçrama mesafesi ile ilişkili olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Squat, İtme Evresi, Kinetik, Kinematik, Sprint, Dikey Sıçrama

ABSTRACT

The Relationship with Sprint and Jump Performances of Kinetics - Kinematics in the Propulsive Phase of Full Squat Movement

The purpose of this study was to determine which variable is associated with which loading intensities by investigating of the relationships with sprint and jump performance of kinetics - kinematics during propulsive phase of full squat (SQ) movement. For this purpose, research group comprise of thirty-two amateur athletes who competed in different sports branches and participated in voluntarily to this study.

The body height and weight measure device, smith machine, free weights, T-force dynamic measure system, photocell and tape measure were used as data collection tools. The data collection processing of this study was competed in three different period. Firstly, one repeated maximal (1RM) strength values in full squat with physical characteristics of subjects were determined and loads correspond to different percent of 1RM values (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100) were calculated. In second period, subjects were performed full SQ movement at loads correspond to different percent of 1RM and kinetics - kinematics of propulsive phase was determined. In third period, subjects were applied vertical jump and 5 - 30 meter sprint tests.

The descriptive statistics, correlation analysis and one-way analysis of variance (ANOVA) for dependent groups was used for statistical evaluation of datas. According to analysis results, it was concluded that most powerful relationship between power, velocity and force parameters with relative load (1RM %) was obtained through peak power (PP; $r = ,218$), mean propulsive velocity (MPV; $r = - ,968$) and mean force (MF; $r = ,907$). It was concluded that 5 meters sprint times had relationship with MP and peak power (PP) during propulsive phase of full SQ movement performed at 40 - 70 % of 1RM, mean propulsive power (MPP) at 70 % of 1RM and most of force parameters during propulsive phase full SQ movement performed at different load. It was concluded that 30 meters sprint times had relationship with MP during propulsive phase of full squat movement performed at 40 - 70 % of 1RM, PP and peak velocity (PV) obtained at 40 - 60 % of 1RM and peak force (PF) values obtained at 60 % of 1RM. Also, it was seen that none of power, velocity and force parameters during propulsive phase of full SQ exercise in different loads weren't relationship with jumping distance.

Key Words: Squat, Propulsive Phase, Kinetic, Kinematic, Sprint, Vertical Jump

TABLolar LİSTESİ

<u>Tablo No</u>	<u>Tablo Adı</u>	<u>Sayfa No</u>
1.	Kas Lif Tiplerinin Sınıflandırılması	24
2.	Yapısal, Fonksiyonel, Sinirsel ve Metabolik Özelliklerine Göre İskelet Kas Fibrillerinin Karşılaştırılması	27
3.	Deneklerin Fiziksel Özellikleri.....	68
4.	Deneklerin Performans Değerleri	79
5.	Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki Güç Değerleri	80
6.	OG Değerlerinin Yükler Arasındaki ANOVA Sonuçları	81
7.	OİG Değerlerinin Yükler Arasındaki ANOVA Sonuçları	82
8.	ZG Değerlerinin Yükler Arasındaki ANOVA Sonuçları	83
9.	1TM Yüzdellik Yük Değerleri ve Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki OG, OİG ve ZG Değerleri Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları	84
10.	Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki Hız Değerleri	85
11.	OH Değerlerinin Yükler Arasındaki ANOVA Sonuçları	86
12.	OİH Değerlerinin Yükler Arasındaki ANOVA Sonuçları	87
13.	ZH Değerlerinin Yükler Arasındaki ANOVA Sonuçları	88
14.	1TM Yüzdellik Yük Değerleri ve Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki OH, OİH ve ZH Değerleri Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları	89
15.	Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki Kuvvet Değerleri	90
16.	OK Değerlerinin Yükler Arasındaki ANOVA Sonuçları	91
17.	OİK Değerlerinin Yükler Arasındaki ANOVA Sonuçları	92
18.	ZK Değerlerinin Yükler Arasındaki ANOVA Sonuçları	93
19.	1TM Yüzdellik Yük Değerleri ve Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki OK, OİK ve ZK Değerleri Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları	94

20.	Farklı Yüklerde Yapılan Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki Güç Parametreleri ve 5 Metre Sprint Zamanı Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları.....	95
21.	Farklı Yüklerde Yapılan Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki Hız Parametreleri ve 5 Metre Sprint Zamanı Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları.....	96
22.	Farklı Yüklerde Yapılan Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki Kuvvet Parametreleri ve 5 Metre Sprint Zamanı Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları	97
23.	Farklı Yüklerde Yapılan Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki Güç Parametreleri ve 30 Metre Sprint Zamanı Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları	98
24.	Farklı Yüklerde Yapılan Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki Hız Parametreleri ve 30 Metre Sprint Zamanı Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları	99
25.	Farklı Yüklerde Yapılan Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki Kuvvet Parametreleri ve 30 Metre Sprint Zamanı Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları	100
26.	Farklı Yüklerde Yapılan Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki Güç Parametreleri ve Dikey Sıçrama Performansı Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları	101
27.	Farklı Yüklerde Yapılan Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki Hız Parametreleri ve Dikey Sıçrama Performansı Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları	102
28.	Farklı Yüklerde Yapılan Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki Kuvvet Parametreleri ve Dikey Sıçrama Performansı Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları	103
29.	Tam Squat Hareketindeki 1TM Kuvvet İle 5 - 30 Metre Sprint Zamanları ve Dikey Sıçrama Mesafesi Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları	104
30.	Dikey Sıçrama Mesafesi ile 5 - 30 Metre Sprint Zamanları Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları	105

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Sekil No</u>	<u>Sekil Adı</u>	<u>Sayfa No</u>
1.	Hill Kas Modeli	49
2.	Farklı Uzunluklardaki Aktif Kas Gerginliği	53

GRAFİKLER LİSTESİ

<u>Grafik No</u>	<u>Grafik Adı</u>	<u>Sayfa No</u>
1.	Aktif Sarkomer Uzunluk - Gerilim İlişkisi	43
2.	Pasif Sarkomer Uzunluk - Gerilim İlişkisi	44
3.	Kurbağanın Bütün Bir Sartorius Kasından Ölçülen Kas Kısalma Hızı ve Kuvvet Arasındaki İlişki	46
4.	Kurbağanın Tek Bir Kas Lifinden Kaydedilen Kısalma Hızı ve Kuvvet Arasındaki İlişki	47
5.	Eksantrik, İzometrik ve Konsantrik Şartlar Altında Kasın Kuvvet - Hız İlişkisi	47
6.	Kasın Uyarımı İle Kasılmanın Başlaması Arasındaki Süre	54
7.	Kas Kuvveti, Hız ve Güç Arasındaki Karşılıklı İlişki	58
8.	Bench Press Hareketinde Üç Temsili Deneğin Yük - Hız İlişkisi	61

RESİMLER LİSTESİ

<u>Resim No</u>	<u>Resim Adı</u>	<u>Sayfa No</u>
1.	Boy ve Kilo Ölçüm Cihazı	68
2.	Smith Makine	69
3.	Serbest Ağırlıklar	70
4.	T-Force Dinamik Ölçüm Sistemi	71
5.	Newtest Powertimer	72
6.	Şeritmetre	73
7.	Boy ve Kilo Değerlerinin Belirlenmesi	74
8.	Tam Squat Hareketindeki 1TM Kuvvetin Belirlenmesi	75
9.	Tam Squat Hareketindeki İtme Evresinin Değerlendirilmesi	76
10.	5 - 30 Metre Sprint Testi Ölçümleri	77
11.	Dikey Sıçrama Testi Ölçümleri	78

KISALTMALAR LİSTESİ

1TM	: Bir Tekrarlı Maksimal
ATP	: Adenozin Trifosfat
ADP	: Adenozin Difosfat
CP	: Kreatin Fosfat
Pi	: İnorganik Fosfat
Ca²⁺	: Kalsiyum İyonu
SR	: Sarkoplazmik Retikulum
T-Tübül	: Transvers Tübül
ST	: Yavaş Kasılan (Slow Twitch)
FT	: Hızlı Kasılan (Fast Twitch)
MÜ	: Motor Ünite
MAZ	: Miyozin Ağır Zincir
KB	: Kasılabilen Bileşen
SEB	: Seri Esnek Bileşen
PEB	: Paralel Esnek Bileşen
GKD	: Gerilme - Kısalma Döngüsü
P_{max}	: Maksimal Güç Verimi
OG	: Ortalama Güç
OİG	: Ortalama İtme Gücü
ZG	: Zirve Güç
OH	: Ortalama Hız
OİH	: Ortalama İtme Hızı
ZH	: Zirve Hız
OK	: Ortalama Kuvvet
OİK	: Ortalama İtme Kuvveti
ZK	: Zirve Kuvvet
SQ	: Squat
BP	: Bench Press
LP	: Bacak Press
PBP	: Prone Bench Pull
V_{1TM}	: Bir Tekrarlı Maksimal Yükteki Hız

1. GİRİŞ

Direnç antrenmanları ile ilişkili kinetik ve kinematiklerin, sinir - kas adaptasyonlarının oluşmasında çok önemli bir uyarıcı olduğuna inanılır (Crewther vd., 2006). Uyarılan bir kas, kasılmaya çalışarak iskelet yapısına transferi sağlayan tendonlara kuvvet uygular ve kas hareketi esnasında karşılaşılan doğal dirençler sonuç hareketi belirler (Aşçı, 2001). Yani kas, boyunun kısılması esnasında kendisine uygulanan dirence karşı koyabilecek karşı kuvveti ayarlayabilen özelliğe sahiptir ve bu özellik, kas kasılma sisteminin meydana getirdiği hızın bir dış dirence karşı sürekli ayarlanmasına dayanır (Edman vd., 1978). Dış direnç arttıkça, hareket hızı azalır. Çabuk yapılan hareketlerde maksimal kuvveti meydana getirmek için gereken süre çok kısadır. Buna bağlı olarak gerçek kuvvet - hız eğrisinde bir bozulma olur. Kuvvet - hız eğrisindeki aralıklarda oluşan kuvvet ve hıza ait değerler, maksimal izometrik kuvvete bağlıdır. Yani sporcunun maksimal kuvveti, dinamik ortamda yaratılan kuvvetin miktarını belirler. Dinamik ortamda yaratılan kuvvet ve hızın maksimal kuvvete bağlı oluşu, yavaş hızda ve yüksek dirençte yapılan hareketlerde daha fazladır ama maksimal kuvvet ile maksimal hız arasında herhangi bir ilişki yoktur ve aynı hareketteki maksimal kuvvete ulaşma yeteneği farklı motor yeteneklerdir (Zatsiorsky ve Kraemer, 2006).

Hareket hızının egzersiz yoğunluğunu takip etmek için daha fazla ilginin olabileceği bir değişken olduğu öne sürülür. Fakat bazı yazarların farkına varmasına rağmen (Pereira ve Gomez, 2003; Izquierdo vd., 2006), çoğu çalışmada hareket hızından çok kısıtlı bir şekilde söz edilmiştir. Belki de her bir tekrarda yapılan gerçek hız, sporcunun uyguladığı gerçek efor miktarı için en iyi referans olabilir. Bu durum yeni, çok daha doğru ve rasyonel bir antrenman paradigması olan ve hız temelli direnç antrenmanı olarak da adlandırılan daha iyi bir efor seviyesi yaratabilir (Gonzales-Badillo ve Sanchez-Medina, 2010). Rahmani, Viale, Dalleau ve Lacour (2001) tarafından yapılan bir çalışmada, 1TM'nin farklı yüklerinde uygulanan SQ hareketindeki yük - hız ilişkisinin önemli ölçüde doğrusal bir şekil gösterdiği ve yük artınca hızın azaldığı belirtilmiştir. Benzer sonuçlar farklı yazarlar tarafından da elde edilmiştir (Jones vd., 1999; Cronin vd., 2001; Zink vd., 2006; Cormie vd., 2007b; Pearson vd., 2009; Gonzales-Badillo ve Sanchez-Medina, 2010; Sanchez-Medina vd., 2011; Turner vd., 2012). Ayrıca Sanchez-Medina, Garcia-Pallares, Perez, Fernandes ve Gonzales-Badillo (2011) tarafından yapılan çalışmada, tam SQ hareketindeki relatif yük ve ortalama itme hızı (OİH) arasında çok yakın bir ilişki elde edilmiştir. Gonzales-Badillo ve Sanchez-Medina (2010) ise bench press hareketindeki relatif yük ile OİH arasında çok yakın bir ilişki elde etmişlerdir.

Sportif performansın önemli faktörlerinden birisi olan güç (Newton ve Kraemer, 1994, Cronin ve Sleivert, 2005, Young vd., 2005), yapılan çalışmanın (iş) oranı olarak tanımlanan mekanik miktardır (Enoka, 1994) ve genellikle mümkün olan en yüksek kuvveti (maksimal kuvvet) ortaya koyma yeteneğine bağlıdır (Stone vd., 2003). Yani, birçok sportif hareketteki performans başarısı çoğunlukla objelere (yer, top veya sportif ekipman gibi) karşı ne kadar bir güç uygulanacağına bağlıdır (Newton ve Kraemer, 1994). Böylece sporlarda yapılması gerekli olan birçok farklı hareket düzeni sırasında gelişen güç verimi, kuvvet ve kondisyon programları için en önemli konulardan birini oluşturmaktadır ve çok kısa bir zaman diliminde yapılan sportif çalışma esnasındaki başarı çoğunlukla sporcunun güç verimi kapasitesine bağlıdır. Farklı birçok yükte uygulanan ölçümler arasındaki en yüksek güç değeri, maksimal güç verimi (P_{max}) olarak adlandırılır (Baker, 2001; Newton ve Dugan, 2002) ve potansiyel olarak kuvvet ya da güce yönelik sporlarda mücadele eden sporcuların performanslarını belirlemede en önemli mekaniksel nicelikler olarak kabul edilir (Newton ve Kraemer, 1994). Güç değerlendirmesinde en yaygın kullanılan parametreler; ortalama güç (OG), ortalama itme gücü (OİG) ve zirve güçtür (ZG). Bu parametreler, patlayıcı çalışmalarda performans ve güç için önemli olduğu düşünülen ana bir değişkeni ortaya çıkarmak için kullanılabilir. Bu değişken, kasın mekanik güç verimini en yükseğe çıkartan antrenman yüküdür (Baker vd., 2001; Cronin ve Sleivert, 2005; Sanchez-Medina vd., 2010). Baker (2001), sporcunun maksimal güç verimini dikkatli bir şekilde denetlemiş ve maksimal güç veriminin sporcunun kondisyonunu yansıttığını elde etmiştir.

Sanchez-Medina, Perez ve Gonzales-Badillo (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, mekaniksel güç veriminin maksimize edildiği relatif güç değeri OG, OİG ve ZG kullanılarak elde edilmiştir. Yapılan çalışmada, bir tekrarlı maksimal (1TM) kuvvetin % 40 - 65'i (OG), % 20 - 55'i (OİG ve ZG) ve OİG ya da ZG parametreleri kullanıldığında elde edilen P_{max} ile 1TM yüzdeleri arasındaki yükler için istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar elde edilmemiştir. Daha kuvvetli denekler için biraz daha düşük yüklere karşı olan eğilim tespit edilmesine rağmen, maksimal güç veriminin relatif kuvvetten bağımsız olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca P_{max} değerinin kullanılan parametreye bağlı olduğu belirtilmiştir (Sanchez-Medina vd., 2010; 2014). Siegel, Gilders, Staron ve Hagerman (2002) tarafından yapılan bir çalışmada, squat (SQ) hareketi için 1TM'nin % 20 - 90'ı arasındaki yük aralığında ölçülen ZG değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı ama ZG değerlerinin 1TM yük değerinin % 20 - 60'ı arasında bir artış gösterdiği ve % 60 - 90'ı arasında azaldığı elde edilmiştir. Zink, Perry, Robertson, Roach ve Signorile (2006) tarafından yapılan çalışmada da farklı yüklerdeki SQ hareketinin itme evresi esnasındaki ZG için istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık elde edilmemiştir. Fernandes, Coimbra, Carvalho, Sanchez-Medina ve Conceicao (2011), bacak

press ve SQ hareketi için relatif yük ile güç arasındaki en iyi ilişkinin OİG ile elde edildiğini ve her iki egzersiz için de mekanik güç veriminin maksimize edildiği relatif yük ile ilişkili en iyi güç parametre belirtecinin OİG olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bu sonuçlardan farklı olarak Dugan, Doyle, Humphries, Hasson ve Newton (2004) tarafından yapılan çalışmada ise OG yerine ZG kullanıldığında, performans ile daha yüksek bir ilişki olduğu belirtilmiştir.

Birçok spor branşında yapılan direnç antrenmanlarının birincil nedeni, kuvvet ve gücü geliştirerek sportif performansı artırmaktır. Güç; basketbol, futbol, hentbol ve voleybol gibi çoğu spor branşında mücadele eden sporcular için çok önemli bir bileşendir ve sporlardaki başarı da çoğunlukla sporcunun sıçrama yeteneğine bağlıdır (Umberger, 1998). Yüksek bir seviyede alt vücut gücü gerektiren futbol gibi sporlarda alt vücut gücünün bir ölçümü olarak ya da sıçrama yeteneğinin performansını yardımcı olduğu hentbol, basketbol ve voleybol gibi sporlarda dikey sıçramadaki gelişmeleri belirlemek için dikey sıçrama testleri kullanılır. Yani sıçrama yeteneğinin bir güç ölçümü olduğu (Hedrick ve Anderson, 1996) ve sprint zamanı ile yakından ilişkili olduğu belirtilir (Perez-Gomez vd., 2008). Uzun süreli güç gelişimi göz önüne alındığında, maksimal kuvvetin sürdürülmesi ve artırılmasının zorunlu olduğu tartışılır (Cormie vd., 2011). Bu yüzden birçok antrenman yöntemi, fiziksel performansı ve böylece de sprint ve sıçrama gibi spesifik bireysel ya da takım sporlarındaki performansı geliştirmek için sporlardaki kuvvet ve gücü artırmada kullanılır (Gabbett vd., 2008; Santos ve Janeira, 2008). Çünkü yüksek bir güç verimi yaratma yeteneği genellikle sportif başarının belirleyici bir etkenidir ve özellikle sıçrama ya da kısa sprinti içeren performanstaki en önemli faktörler arasındadır (Haff vd., 2001).

İzoinertial egzersizler sırasındaki farklı kuvvet ve güç ölçümleri ile sprint veya sıçrama performansı arasındaki ilişkiler bazı çalışmalarda incelenmiştir. Yinede tam SQ hareketinin itme evresindeki kinetik - kinematiklerin kısa sprint ve sıçrama performansı ile ilişkilerinin araştırıldığı çok fazla çalışma mevcut değildir. Lopez-Segovia, Marques, Tillaar ve Gonzales-Badillo (2011) tarafından U21 futbolcularında yapılan ve tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki güç parametreleri ile kısa sprint performansı arasındaki ilişkilerin araştırıldığı çalışmada, 70 kg'lık bir dış yük ile uygulanan tam SQ hareketinin itme evresindeki ortalama gücün, sprint zamanlarının çoğu ile ilişkili olduğu elde edilmiştir. Ayrıca 30 ve 40 kg dış yük ile uygulanan tam SQ hareketindeki OG ve 10 metre sprint zamanı arasında da anlamlı bir ilişki bulmuşlardır. Fakat bundan başka, farklı dış yüklerle uygulanan tam SQ hareketindeki güç parametreleri ve sprint zamanı arasında anlamlı ilişki elde edilmemiştir. Lopez-Segovia, Marques, Silva-Dias ve Gonzales-Badillo (2009) tarafından yapılan bir başka çalışmada da farklı yüklerdeki (30, 40, 50, 60 kg) tam squat hareketi esnasındaki OG ile 10, 20 ve 30 m sprint zamanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki elde edilmiştir.

Son zamanlarda, birçok spor branşındaki sıçrama performansını en iyi açıklayabilen parametrenin hangisi olduğuna yönelik girişimler yapılmaktadır. Fakat yapılan çalışmalarda genellikle 1TM kuvvet ile sıçrama performansı arasındaki ilişkinin ve squat sıçraması ya da countermovement sıçramanın konsantrik (yükselme) evresinde elde edilen parametrelerin dikey sıçrama ile ilişkileri araştırılmıştır. Requena ve diğerleri (2009) tarafından yapılan ve 1. lig futbolcularının yarım SQ hareketinde vücut ağırlığının % 50, 75, 100 ve 125'ini yansıtan bir dış yük ile elde edilen OİG ve ZG değerlerinin dikey sıçrama performansı ile ilişkilerinin araştırıldığı çalışmada, bu parametrelerin sıçrama performansı ile istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki gösterdiği elde edilmiştir. Marques, Gil, Ramos, Costa ve Marinho (2011) ise farklı branşlardaki amatör sporcuların 5 metre sprint zamanları ile dikey sıçrama kuvvet metrikleri arasındaki ilişkileri araştırdıkları çalışmada, 5 metre sprint performansı ile bir smith makine kullanılarak yapılan countermovement sıçrama egzersizi esnasındaki OİG ve ortalama itme kuvveti (OİK) arasında yüksek düzeyde kuvvetli ilişkiler elde etmişlerdir. Buna karşılık kısa sprint performansı ile OG, ZG, ortalama kuvvet (OK), zirve kuvvet (ZK), ortalama itme hızı (OİH) ve zirve hız (ZH) arasında ise anlamlı bir ilişki elde edilmemiştir.

Literatüre bakıldığında, farklı yüklerde uygulanan tam SQ hareketinin itme evresindeki güç, hız ve kuvvet parametrelerinin kısa sprint ve sıçrama performansı ile ilişkisinin detaylı şekilde araştırıldığı herhangi bir çalışma yoktur. Bu çalışmada, tam squat itme evresindeki kinetik - kinematiklerin sprint ve sıçrama performansı ile ilişkisi detaylı şekilde araştırılarak hangi değişkenin hangi yüklenme yoğunluğu ile ilişkili olduğu belirlenecektir. Bu nedenle de elde edilecek olan sonuçlar, spor bilimi literatüründe mevcut olan açığı doldurma bakımından oldukça önemlidir. Ayrıca çalışmanın orijinal olmasından dolayı hem ileride yapılacak olan araştırmalara bir referans kaynak olacağı hem de antrenörlere veya spor bilimi literatürüne antrenman programları yapılırken, sıçrama egzersizleri hazırlanırken ve sporcuların sprint zamanlarını geliştirmede katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

1. 1. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı; tam SQ hareketinin itme evresindeki kinetik - kinematiklerin sprint ve dikey sıçrama performansı ile ilişkilerinin araştırılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda çalışmanın denenceleri maddeler halinde aşağıda sıralanmıştır.

1. Tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki güç parametreleri ve yükler arasında anlamlı bir farklılık vardır.
2. 1TM yüzdelerdeki yük değerleri ve tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki güç parametreleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

3. Tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki hız parametreleri ve yükler arasında anlamlı bir farklılık vardır.
4. 1TM yüzdelerlik yük değerleri ve tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki hız parametreleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.
5. Tam SQ hareketinin itme evresindeki kuvvet parametreleri ve yükler arasında anlamlı bir farklılık vardır.
6. 1TM yüzdelerlik yük değerleri ve tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki kuvvet parametreleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.
7. Farklı yüklerde uygulanan tam SQ hareketinin itme evresindeki güç parametreleri ve 5 metre sprint zamanı arasında anlamlı bir ilişki vardır.
8. Farklı yüklerde uygulanan tam SQ hareketinin itme evresindeki hız parametreleri ve 5 metre sprint zamanı arasında anlamlı bir ilişki vardır.
9. Farklı yüklerde uygulanan tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki kuvvet parametreleri ve 5 metre sprint zamanı arasında anlamlı bir ilişki vardır.
10. Farklı yüklerde uygulanan tam SQ hareketinin itme evresindeki güç parametreleri ve 30 metre sprint zamanı arasında anlamlı bir ilişki vardır.
11. Farklı yüklerde uygulanan tam SQ hareketinin itme evresindeki hız parametreleri ve 30 m sprint zamanı arasında anlamlı bir ilişki vardır.
12. Farklı yüklerde uygulanan tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki kuvvet parametreleri ve 30 m sprint zamanı arasında anlamlı bir ilişki vardır.
13. Farklı yüklerde uygulanan tam SQ hareketinin itme evresindeki güç parametreleri ve dikey sıçrama mesafesi arasında anlamlı bir ilişki vardır.
14. Farklı yüklerde uygulanan tam SQ hareketinin itme evresindeki hız parametreleri ile dikey sıçrama mesafesi arasında anlamlı bir ilişki vardır.
15. Farklı yüklerde uygulanan tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki kuvvet parametreleri ile dikey sıçrama mesafesi arasında anlamlı bir ilişki vardır.
16. 1TM kuvvet ile 5 - 30 metre sprint zamanları ve dikey sıçrama mesafesi arasında anlamlı bir ilişki vardır.
17. Dikey sıçrama mesafesi ile 5 - 30 metre sprint zamanları arasında anlamlı bir ilişki vardır.

1. 2. Araştırmanın Gerekçesi ve Önemi

Bireysel ya da takım sporlarını içeren birçok spor branşının temelini oluşturan sprint ve sıçrama performans, bu sportlardaki başarılı bir performans için önemli bileşenler olarak kabul edilmektedir. Yani daha yükseğe sıçramak ya da daha hızlı koşabilmek, sporcunun

performansına önemli bir katkı sağlayacaktır ve böylece de rakibine oranla daha belirgin bir avantaja sahip olacaktır. Antrenörler veya kondisyonerler tarafından yapılan antrenmanların temel amacı da sporcuların spesifik özelliklerini geliştirerek mücadele edilen sporlarda daha büyük başarılar elde etmektir. Bu nedenle, sportlardaki başarılı bir performans için her geçen gün yeni yaklaşımlar ve antrenman programları tasarlanmaktadır. Sporcunun sahip olduğu kuvvet ve güç özelliklerinin yüksek bir çalışma ya da hareket hızı ve büyük dirençlere karşı oldukça yüksek bir kuvvet yaratma yeteneği gereken sportlarda oldukça önemli olmasından dolayı, kinetik - kinematiklerin sprint ve sıçrama performansı ile ilişkilerini araştırarak hangi değişkenin hangi yüklenme yoğunluğu ile ilişkili olduğunu belirlemek spor bilimi literatürüne yeni bir yaklaşım getirecektir.

Literatüre bakıldığında, yapılan çalışmalarda genellikle bir tekrarlı maksimal kuvvet (1TM) ile sprint ve sıçrama performansı arasındaki ilişkinin ya da farklı sıçrama egzersizleri esnasında sporcunun şortuna bağlanan bir güç dönüştürücü ya da bir güç platformu yoluyla sıçrama mesafesinden elde edilen parametrelerinin kısa sprint ve sıçrama performansı ile ilişkisinin araştırıldığı görülmektedir. Fakat farklı yüklerde uygulanan tam squat hareketinin itme evresindeki güç, hız ve kuvvet parametrelerinin kısa sprint ve sıçrama performansı ile ilişkisinin detaylı bir şekilde araştırıldığı herhangi bir çalışma spor bilimi literatüründe mevcut değildir. Bu amaç doğrultusunda yapılacak olan bu çalışma, sporcuların dinamik ortamda bir hız dönüştürücü vasıtasıyla elde edilen kinetik - kinematiklerinin kısa sprint ve sıçrama performansı ile ilişkilerinin detaylı bir şekilde araştırıldığı ilk çalışmadır. Bu nedenle de elde edilecek olan sonuçların spor bilimi literatüründe mevcut olan açığı doldurması bakımından oldukça önemlidir.

1. 3. Araştırmanın Sınırlılıkları

1. Bu araştırma, aktif olarak spor yapan ve temel bir kuvvet seviyesine sahip farklı spor branşlarındaki 32 erkek amatör sporcu ile sınırlı tutulmuştur.
2. 1TM kuvvet testi ve farklı yüklerdeki kaldırışlar, sabit bir dikey düzlem olan smith makine aleti ile sınırlı tutulmuştur.
3. Farklı yüklerde uygulanan tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki kinetik - kinematiklerinin belirlenmesi T-Force dinamik ölçüm sistemi ile sınırlı tutulmuştur.
4. Bu araştırma, alt bacak hareketinin kinetik - kinematikleri ile sınırlı tutulmuştur.
5. 5 - 30 metre sprint zamanları, statik bir pozisyondan ölçülerek sınırlı tutulmuştur.
6. Tam SQ testi kondisyon salonunda, 5 - 30 metre sprint testleri atletizm pistinde ve dikey sıçrama testleri ise kapalı spor salonunda ölçülerek sınırlı tutulmuştur.
7. Ölçümlerin alınması 2 haftalık bir süre ile sınırlı tutulmuştur.

1. 4. Araştırmanın Varsayımları

1. Ölçümlerde uyulması gereken kuralların ve yapılacak testlerle ilgili açıklamaların çalışmaya katılan denekler tarafından anlaşılması olduğu varsayılmıştır.
2. Deneklerin ölçüm protokollerini eksiksiz ve doğru uyguladıkları varsayılmıştır.
3. Deneklerin üst düzey bir performans için kendilerini zorladıkları ve maksimal efor sergiledikleri varsayılmıştır.
4. Yapılan ölçümlerin bu yaş grubu için uygun olduğu varsayılmıştır.
5. Veri toplama araçlarının performansı doğru ölçmesi için kalibrasyon ayarları yerine getirilmiş ve performansı doğru ölçtüğü varsayılmıştır.

1. 5. Tanımlar

Kuvvet: Knuttgen ve Kraemer (1987)'a göre bir kas veya kas grubu tarafından belirli bir hızda üretilen maksimal kuvvet olarak tanımlanır.

Bir Tekrarlı Maksimal Kuvvet: Boone (2013)'a göre bireyin spesifik bir egzersizin bir tekrarı için kaldırabildiği maksimal ağırlık ya da üretebildiği maksimal kuvvettir.

İtme Kuvveti: Garhammer (1982)'a göre bir kaldırma hareketi esnasında dikey olarak sıçrama yapılan ve dikey yer reaksiyon kuvveti de denilen evrede meydana gelen kuvvettir.

Hız: Zatsiorsky (1998)'e göre vektörel bir nicelik olan hız, pozisyonlardaki değişimin zamansal bir oranıdır.

Güç: Harman (2008)'e göre yapılan bir çalışmanın veya hareketin zamansal oranıdır.

Patlayıcı Güç: Aaberg (2007)'e göre minimal bir zaman diliminde maksimal miktarda bir kuvvet üretebilme yeteneğidir.

Kinetik: Fleisig, Jameson, Dillman ve Andrews (2000)'e göre bir hareketin meydana gelmesine neden olan ya da hareketten kaynaklanan kuvvet, güç ve torq gibi özellikleri inceleyen bilim dalıdır.

Kinematik: İnal (2004)'e göre yapılan bir hareketin zaman, katedilen yol, açı, ivme ve hıza göre incelenmesidir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2. 1. Araştırmanın Kuramsal Çerçevesi

Tam squat (SQ) hareketinin itme evresi esnasındaki kinetik - kinematiklerin sprint ve sıçrama performansı ile ilişkilerinin araştırıldığı bu çalışmanın kuramsal çerçevesi altı başlık altında ayrıntılı şekilde incelenmiştir. Birinci bölümde iskelet kasının yapısı, ikinci bölümde kas kasılma mekanizması, üçüncü bölümde kas kasılma türleri, dördüncü bölümde kas lif tipleri ve sportif başarı ile ilişkisi, beşinci bölümde kuvvet, altıncı ve son bölümde ise itme evresindeki kinetik ve kinematikler açıklanmıştır.

2. 1. 1. İskelet Kasının Yapısı

Bir pozisyondan başka bir pozisyona yer değiştirmeyi içeren hareket (Enoka, 2002), çok geniş bir içeriğe sahiptir. Çoğumuz yürüyebilir, koşabilir, yüzebilir ya da çok fazla efor harcamadan herhangi bir nesneyi kavrayabiliriz. Yani hareket, insan yaşamının önemli bir parçasıdır ve hayat kalitesinin sürdürülmesi için günlük yaşamdaki aktiviteleri yapabilmek gerekir. Bu gibi hareketler sadece merkezi sinir sistemi ve iskelet - kas sistemi arasındaki uyumlu bir aksiyonun sonucunda olabilir. Merkezi sinir sistemi, hareketi değerlendiren ve başlatan bir denetleyici; kaslar da çalışmayı uygulayan bir çalıştırıcıdır (Brown vd., 2006). Kemikler ise vücudun çevre ile etkileşimi gibi vücuda destek sağlar. İskelete bağlanan birçok doku vücuda destek vermesine rağmen, sadece kaslar vücut stabilizesini bozabilen anlık ve uzun süreli dış kuvvetlere adapta olabilir (Brown, 2002). Yani kemik ve eklemler vücudun kaldıraçları olarak iskeleti oluştursalar da tek başlarına hareket edebilme işlevleri yoktur (Günay, 1998). İnsan organizmasının en önemli özellikleri ise bazı vücut bölgelerini istemli olarak kasıp gevşeterek yer değiştirmesi, dış dirence karşı kuvvet uygulayabilmesi ve iş yapabilmesidir. Yapısal özelliklerine, kasılma ve kontrol mekanizmalarına göre insan organizmasında; iskelet kasları, düz kas ve kalp kası olmak üzere üç farklı kas türü vardır. İskelet kaslarında bulunan proteinler düzenli bir organizasyona sahipken, düz kaslardaki miyofilamentler düzenli sarkomerler şeklinde organizasyon göstermez. Kalp kası ise yapı bakımından iskelet kaslarına, kasılma özelliği bakımından düz kaslara benzer (Pehlivan, 1997). Çünkü iskelet kas çalışması sinir sistemi tarafından bilinçli olarak kontrol edilen kas gruplarını oluştururken, kalp ve düz kas dokuları da bilinç dışı ve sinir sisteminin otonom sinir sistemi adı verilen bölümü kontrolü altında çalışır (Koz vd., 2010).

Gerilebilme (uzama), gerilme bittiğinde orijinal uzunluğuna dönebilme (elastikiyet) ve kısalabilme yeteneğine sahip iskelet kaslarının (Behnke, 2006) en önemli biyolojik özelliği, bir uyaran karşısında aktif kısalma yeteneğidir (Tricoli, 2011). Bu yüzden de vücut hareketi genellikle kasların kemikleri çekmesi ile sağlanır ve bu da kasın kısalma ya da kasılması ile gerçekleşir (Solomon, 2009). Bunun için bütün kasılma mekanizmalarında gerekli olan enerji ihtiyacı, adenozin trifosfat'ın (ATP) adenozin difosfat'a (ADP) hidrolizinden sağlanır. Yani kimyasal enerjiyi mekanik bir enerjiye dönüştürebilen etkileyici bir biyolojik doku olan iskelet kaslarının istemli kasılması ile hareket meydana gelir (Oatis, 2009). Ayrıca kasların kasılması ile kanın kalpten pompalanması, solunum ve sindirim gibi organik faaliyetler de gerçekleşir. Bütün fiziksel işler ve spor aktiviteleri kaslar tarafından gerçekleştirildiği için iskelet kasları egzersiz açısından ayrı bir öneme sahiptir (Günay, 1998). İnsan vücudunun en bol dokusu olan ve ısı üretimi, hareket, yumuşak doku desteği ve genel metabolizmada önemli rol sahibi iskelet kaslarının (Tricoli, 2011) yapısını % 75 su, % 20 protein ve geriye kalan % 5'lik bölümü ise inorganik tuzlar, enzimler, pigmentler, mineraller, yağlar, amino asitler, yüksek enerjili fosfat bileşikler ve karbonhidratlar oluşturur (Katch vd., 2011).

Bir eklemden hareket yaratan fonksiyonel birim olan iskelet kasları, kas gövdesi (kas karnı) ve tendon (kas kirişi) denen iki farklı birimden oluşur. Kas gövdesi, kasılma yeteneği olan liflerden veya kas hücrelerinden ve kas liflerini örten konnektif dokulardan meydana gelir. Tendonların yapısal ve mekanik özellikleri ise konnektif dokulardan oluşur. Kaslar, tendonlar yoluyla kemiklere bağlanır (Oatis, 2009) ve kas kasıldığında tendonlar yoluyla kemiği çekerek hareketi oluşturur (Brown vd., 2006). Böylece kaslar doğrudan kemik ile bağlantı yapmayıp, kasta oluşan kuvvet tendonlar ile kemiklere iletilir (Ergen vd., 2007). Tendonlarla iskelete yapıştıkları için iskelet kasları, mikroskopla bakıldığında açık ve koyu görünen enine çizgilenmeleri olduğu için çizgili kaslar ve isteğe bağlı çalıştıkları için istemli kaslar olarak adlandırılır (Koz vd., 2010).

2. 1. 1. 1. Bağ Dokusu Kılıfları ve Organizasyonu

400'den fazla iskelet kasını içeren insan vücudu yetişkin erkeklerdeki toplam vücut ağırlığının % 40-45'ine, yetişkin bayanlarda % 23-25'ine karşılık gelir (Smith ve Plowman, 2007). Sistemik yapıda organize edilen iskelet kasları, konnektif doku liflerinin (özellikle kollejen) konnektif oryantasyonu ve farklı boyutlarının sonucunda epimisyum, perimisyum ve endomisyum olarak (Stone vd., 2007) üç farklı kasılabilen proteini içerir (Brown, 2002). Yani iskelet kasları, konnektif doku sistemi ile sarılan ve hiyerarşik şekilde organize edilen kasılabilen hücrelerinin zorunlu bileşenleridir. Her kas lifi endomisyum diye adlandırılan bir

konnektif bağ dokusu ile sarılırken, endomisyumun hemen altında bazal bir membran olan (bazal lamina) ve bir plazma zarını içeren ince elastik liflerden yapılmış olan bir sarkolemma bulunur. Sarkolemma ile dış kısımda yer almakta olan bazal membran arasında yeni kas hücrelerinin oluşumunu sağlayan satelit hücreler bulunur. Birçok kas lifi uzunluğuna bir araya gelerek (yaklaşık 100-150) lif demetlerini (fasikül) oluşturur ve bu demetlerin üzerini perimisyum diye adlandırılan konnektif bağ dokusu sarar. Son olarak fasiküllerin bir araya gelmesiyle oluşan kas dokusu ise epimisyum veya fasya diye anılan daha kalın ve kuvvetli bir konnektif bağ dokusu ile çevrilir (Hunter ve Harris, 2008; Tricoli, 2011).

2. 1. 1. 2. Miyofibril ve Miyofilamentler

Her bir hücre lifi, miyofibril olarak adlandırılan yüzlerce küçük silindirik üniteler ya da çubuk gibi iplikli telleri içerirler, miyofilamentlerden oluşurlar ve kasılabilir yapıdadırlar. Bu miyofibriller genellikle kas hücresinin uzun eksenine paralel olarak uzanır ve bütün hücre uzunluğunca yayılır. Bir kas lifinin yaklaşık % 80'inden fibriller sorumludur. Kas hücreleri olarak da adlandırılan kas lifleri 10-100 µm çapında ve 1-400 mm uzunluğundaki uzun ve silindirik yapıdaki hücrelerdir. Bir iskelet kası hücre zarının hemen altına yerleşen birçok nüclei (çekirdek) içerir. Bir kas hücresinin polarize edilen plazma zarına sarkolemma denir ve bu zarın özellikleri kasın uyarılmasını sağlar. Kas lifinin sarkoplazması, diğer hücrelerin sitoplazmasına benzer ama artan glikojen miktarı ve oksijen bağlayıcı protein miyogloblin gibi kas hücrelerinin fonksiyonel ihtiyaçlarına yardım eden bazı spesifik adaptasyonlara sahiptir. Ayrıca bir kas lifi, bazı özel organeller ile birlikte diğer hücrelerde bulunan ve çok sayıda mitokondria içeren organelleri de barındırır ve kasların kasılabilme özellikleri için sorumludur (Smith ve Plowman, 2007).

Miyofibril boyunca tekrarlanan her bir ünite, bir sarkomer olarak adlandırılır. İskelet kasının kasılma mekanizmasında görevli fonksiyonel birim olan miyofibril, kas hücresinde kasılma işini yapan en küçük birimdir ve iki Z çizgisi arasında kalan bölgeyi ifade eden seriler halinde (longitudinal) sıralanmış binlerce sarkomeri içerir (Hale, 2003). Bir lifteki toplam sarkomer sayısı, kas lifinin uzunluğuna ve çapına bağlıdır. Her sarkomer, miyozin diye adlandırılan kalın bir filament ile aktin diye adlandırılan ince bir filament olmak üzere iki farklı miyofilamenti içerir. İskelet kasına çizgili görünümü veren de her bir sarkomerdeki aktin ve miyozin filamentlerinin dizilişidir (Tricoli, 2011). Sarkomerin her iki ucunda bulunan ve ışık mikroskobu altında bakıldığında açık renkli görülen ince filamentlerin oluşturduğu bölgeye I bandı, ince ve kalın filamentlerin meydana getirdiği ve daha koyu renkte görülen bölgeye A bandı adı verilir. Filament çakışması yalnız aktin filamentlerini içeren I bandına açık görünüş verirken, aktin ve miyozin filament çakışması ise A bandına koyu bir görünüş

verir. A bandının ortasında aktin ile miyozin çakışmasının olmadığı ve sadece miyozinden oluşan H bölgesi vardır. M çizgisi ile ikiye bölünen bu bölge, I bandından daha koyu ve A bandından daha açık renktedir. A bandı filamentlerinin oluşturduğu iki I bandı arasında Z çizgisi vardır ve sırasıyla bu yapıda I, A, I bantları bulunur (Lieber, 2002).

Kayan filamentler teorisi, kas kasılması sırasında kasılabilen protein miyofilamentlerin birbirleri üzerine kaymasına dayanır. Bu nedenle, miyofilamentlerin yapısını incelemek kas kasılmasını anlamak için çok önemlidir. Miyofilamentler, miyozin ve aktin olmak üzere ikiye ayrılır (Smith ve Plowman, 2007). Miyozin, iki ağır ve dört hafif zincirden oluşur. Bir çift sarmal oluşturmak için iki ağır zincir birbiri etrafına spiral olarak sarılır ve kas lifi fenotipini belirler. Bu zincirlerden her birinin bir ucu kıvrılarak miyozin başı denen globüler yapıyı oluşturur. Dolayısıyla da çift sarmal miyozin molekülünün bir ucunda yan yana uzanan iki serbest baş vardır ve sarmalın devam eden kısmına kuyruk denir. İkisi bir başa ait olmak üzere dört hafif zincir de miyozin başının kısımlarıdır. Kas kasılması sırasında bu hafif zincirler başın fonksiyonunu kontrol etmeye yardımcı olurlar. Ağır ve hafif zincirler, kas kasılması esnasında aktin ve miyozin filamentleri arasındaki etkileşimi ayarlamak için birleştirir. Her bir kalın filament oluşturmak için yaklaşık 200 miyozin molekülü kuyruk kuyruğa dizilir. Miyozin molekülünün kuyrukları demetler halinde toplanarak filamentin gövdesini oluştururken, birçok baş ise gövdeden dışarıya doğru sarkmıştır. Ayrıca her bir miyozin molekülünün sarmal kısmı başla beraber yana doğru uzanır ve başı vücuttan uzatan bir kol oluşturur. Dışarıya doğru uzanan kollar ve başlar ile birlikte çapraz köprüler diye bilinen yapılar oluşur (Guyton ve Hall, 2001). Ayrıca ATP_{az} enzim fonksiyonuna sahip miyozin başları, ATP'yi parçalayarak enerji oluşturduğu için kas kasılması esnasında çok önemli bir işleve sahiptir. Bu nedenle, miyozin molekülü güç üretiminde önemli bir rol oynar (Reilly, 2007).

Aktin filamentleri, polimerleştirilmiş globüler haldeki aktin molekülleri (G-aktin) ve çift sarmal iplikçiklerden (F-aktin; fibrous aktin) oluşmuştur (Billeter ve Hoppeler, 2003). Bir aktin filamenti, çift sarmallı yapı şeklini almak için hemen hemen birbirlerine sarılmış iki F-aktin iplikçığı ile şekillendirilir ve çift sarmallı olarak da isimlendirilebilir. Aktin molekülleri kasılma sırasında miyozin baş kısımlarına binen aktif yanları içerir (Smith ve Plowman, 2007). Aktin ile miyozin arasında etkileşimi kontrol eden troponin ve tropomyozin adındaki iki düzenli protein, aktin filamentine bağlanır. Tropomyozin molekülleri arasında yer alan troponin, aktin filamenti boyunca düzenli aralıklarla pozisyonlanan bir proteindir ve kalsiyum iyonu (Ca²⁺) alımında önemli bir rol oynar. Troponin molekülünün troponini tropomyozine bağlayan Troponin T (TnT), engelleyici alt ünite diye bilinen ve miyozinle aktin etkileşimini engelleyen Troponin I (TnI) ve kasılma için önemli olan Ca²⁺ iyonuna bağlanan Troponin C

(TnC) olmak üzere 3 alt grubu vardır. Tropomiyozin ise F-aktin sarmalının kenarlarına spiral olarak sarılmış ve aktin filamenti boyunca dağılmıştır. İstirahat anında troponin molekülleri aktin ipliklerinin aktif yanlarını kapatır ve tropomiyozinin temel fonksiyonu olan aktin-miyozin arasındaki birleşmeyi engeller. Bu durumun kasılmayı engellediği düşünülür (Tricoli, 2011).

2. 1. 1. 3. Sarkotübüler Sistem

20. yüzyılın başlarında E. Veratti (1902) isimli bir fizyolog, kas lifinde çapraşık kemer ağını içeren bir alan olduğunu belirtmiş ve birkaç yıl sonra ise elektron mikroskobu ile bu yapının ayrıntılarında sarkoplazmik retikulum (SR) ve transvers tübülden (t-tübül) oluşan sarkotübüler sistem elde edilmiştir (MacIntosh vd., 2006). Sarkotübüler sistem, miyofibril çevresinin vezikül ve tübüleri andıran zarımsı yapılarla çevrenmesidir. Kas kasılması ve gevşemesi sarkoplazmadaki Ca^{2+} ile düzenlenir. Ca^{2+} , t-tübül diye adlandırılan sarkolemma invajinasyonları ve SR olarak anılan organelde iki zarımsı yapıdaki proteinler arasındaki karşılıklı etkileşimle düzenlenir. İskelet kasındaki SR, bir su hücresi gibi her bir miyofibrilli çevreleyen geniş bir hücre içi kas zarı sistemidir. T-tübül membranı kalsiyum, sodyum ve potasyum kanallarında zengin ve t-tübül lümeni hücre dışı boşlukta devamlı olduğu için t-tübüller, sarkoplazma ve hücre dışı boşluğu arasındaki spesifik iyonların hareketini kolay hale getirirler (Barton ve MacLennan, 2001).

2. 1. 1. 3. 1. Sarkoplazmik Retikulum

Sarkoplazma içinde yer alan organellerden birisi olan SR, miyofibrillere paralel olarak yerleşen longitudinal tübüller ve bunların sonlandıkları sarnıç bölgelerinden meydana gelen zar yapısındaki bir tübül sistemidir (Günay, 1998). Miyofibrillerin çevresini sararken bazı bölgelerde genişleyip A - I bantları arasındaki birleşme yerlerinde tübüller sistem ile yakın bir ilişki halinde olan ve triad olarak adlandırılan terminal sisterna yapılarını oluşturur (Koz vd., 2010). Sarkomeri çevreleyen ve kas liflerinin endoplazmik retikulumu olan SR, kasılma sürecinde zorunlu olan Ca^{2+} için bir depolama yeridir (Scanlon ve Sanders, 2007). SR sarnıçlarının hücre zarından lif içine doğru kıvrım yapmasıyla oluşan T-tübüller ile her iki yanda da komşuluk yaparlar ve SR ilişkisi sayesinde aksiyon potansiyeli lif içine kadar iletilebilir. Bu ileti SR'dan Ca^{2+} 'nın sarkoplazmaya salınmasını ve dolayısıyla da kasların kasılmasını sağlar (Ergen vd., 2007). T-tübül sistem zarı ile yakın temas halindeki SR keseciklerinden Ca^{2+} salınmasında üç farklı mekanizma işler. Bunlar;

1. Ca^{2+} tetiklemeli Ca^{2+} salınması: Depolarizasyonla hücre içine giren Ca^{2+} etkimesi ile SR'deki Ca^{2+} kanalları açılır ve depolanmış Ca^{2+} hücre içine salınır,
2. Elektriksel etkileşim: Depolarizasyonun t-tübül sistemi ile kas lifi içlerine kadar yayılması, SR'nin yakın bölgesinde Ca^{2+} kanallarının voltaj bağımlı olarak açılmasına neden olur,
3. Mekanik etkileşim: Bazı kas liflerinde t-tübüler sistem ile SR zarlarının birbirine değdiği yerlerde proteinlerin sürtünmesine dayalı mekanik bir etkileşimle SR'deki Ca^{2+} kanalları açılabilir (Pehlivan, 1997).

2. 1. 1. 3. 2. Transvers Tübüller

Transvers tübüller (t-tübül), sarkolemmalar içeri doğru bükülerek membranlar seti halinde kas liflerinin bir tarafından diğer tarafına doğru transvers (enine) ilerleyen tübüler bir sistem oluşturur ve aksiyon potansiyeli kas membranı boyunca yayılırken, bu t-tübüler sistemi vasıtasıyla da kas liflerinin içine doğru yayılır ve bu akım kası kasılmaya sevk eder (Akgün, 1992). T-tübül zarının dış zar ile kesintisiz olmasından dolayı dış zar üstündeki bir aksiyon potansiyeli de t-tübül içinde aşağıya doğru yayılır ve lifin merkezi bölümleri içine yüzey elektrik etkinliğini hızlı bir şekilde iletir (Sherwood, 2006). Bu nedenle, kas hücresine gelen aksiyon potansiyellerinin hücre içinde bütün miyofibrillere hızlı bir şekilde iletilmesini sağlayan t-tübüler, kas kasılmasında önemli role sahiptir (Koz vd., 2010). Depolarizasyon dalgası t-tübüler sistem ile triad'a gelince, SR'dan Ca^{2+} serbest bırakılır ve miyozinde yer alan ATP_{az} enzimi aktif duruma geçerek ATP'nin parçalanmasına neden olur ve açığa çıkan ATP enerjisi miyofibrillerin kasılmasını sağlar. Depolarizasyon durunca Ca^{2+} , SR zarı tarafından tekrar alınır ve kas gevşer. Bu arada ADP'den yeniden ATP sentezlenir (Noyan, 1993). Sinirsel uyarının lif içine iletimi, tip I liflerine göre tip II liflerinde daha hızlı bir şekilde gerçekleşir. T-tübülerde SR sisteminin kas lifinde oluşturduğu hacim, sporcularda normalin 3 katı kadar daha yüksek bir düzeye ulaşabilir (Günay, 1998).

2. 1. 2. Kas Kasılma Mekanizması

Kas kasılması, birçok hücrel proteini ve enerji üretim sistemlerini içeren kompleks bir süreçtir (Powers ve Howley, 2009). Bir kasın kasılması için kasılacak olan kas liflerinde sinir sistemine bağlanan motor neronda bir aksiyon potansiyeli meydana gelmeli, aksion boyunca depolarizasyon dalgası (impuls) şeklinde yayılmalı ve motor nerondan gelen ileti daha sonra sinir - kas kavsağı yoluyla kas lifine geçmelidir. Son olarak ise miyofilamentlerin hareketini başlatmak için kas liflerinin içine ve sarkolemma boyunca aksiyon potansiyeli

yayılmalıdır. Kasılma sırasında gerçekleşen değişikliklerin tanımlanmasında; filamentlerin pozisyonu, Ca^{2+} konumu ve ATP rolü olmak üzere üç faktör önemlidir (Smith ve Plowman, 2007). Kasların iş yapabilmesi için enerji gerekir. Bir sporcunun ya da sedanter bir bireyin çalışma kapasitesini sağlayan enerji, günlük aktivitelerde ya da müsabaka ve antrenman sırasındaki çalışma için bir ön koşuldur. Enerji, kas hücresinde depo halde bulunan ve bir adenosin ile üç fosfat molekülünü içeren ATP diye bilinen yüksek enerjili bir bileşende besin maddeleri ile oksijenin hücre içinde yakılmasıyla üretilir. Kas kasılması için gereken enerji, yüksek enerjili ATP'nin ADP ve inorganik fosfata (Pi) dönüşmesi ile salınır ve kasılma için gereken enerjinin en önemli kaynağıdır (Bompa ve Haff, 2009).

Kas kasılmasında enerjinin çoğu çapraz köprülerin aktin filamentlerini çekmesinde, az bir kısmı da kasılmadan sonra kalsiyumun SR'ye pompalama ve aksiyon potansiyelinin yayılması için uygun iyonik ortamı sürdürmek üzere kas lif zarında sodyum ve potasyum iyonlarını pompalamakta kullanılır (Aktümsek, 2010). Kasta depo haldeki ATP miktarının sınırlı olması, fiziksel aktivitenin sürdürülmesi için ATP depolarının devamlı yenilenmesini gerektirir. Bunun için de fosfokreatin, anaerobik glikoliz ve oksidatif sistem koordineli olarak devreye girer. Bu yenilenme seviyesi tüketimle aynı oranda olmazsa, egzersiz yoğunluğu azalır (Van-Someren, 2006). ATP resentezinde kullanılan öncelikli enerji sistemi, fosfojen veya alaktik anaerobik (ATP-CP) sistemdir. Yüksek yoğunluktaki egzersizin başında kaslara enerji sağlamak için acil kullanılmak üzere hazır halde bulunan ve kas içinde depolanan ATP ile kreatinfosfat (CP), mevcut enerjinin hızlı bir şekilde kullanılmasını sağlayan ve kimyasal olarak çalışan iki bileşendir. Hem ATP hem de CP, yüksek bir enerji bağı ve fosfat bileşikleri içermesinden dolayı her ikisine de fosfojenler denilir. Bir fosfat bileşeni bileşikten koparıldığında büyük bir enerji açığa çıktığı için CP, ATP'ye benzer. İskelet kasındaki ATP miktarı birkaç saniyelik egzersizler için enerji sağlar ve organizmanın oksijen sisteminin bu kadar hızlı bir sürede ATP üretme yeteneğine sahip olmamasından dolayı kas hücresinde bulunan ve parçalandığında önemli bir miktarda enerji açığa çıkaran diğer yüksek enerji bileşiği olan CP, ATP yenilenmesi için devreye girer. Açığa çıkan enerji ATP'nin ADP ve Pi moleküllerinden resentezinde kullanılır (Fleck ve Kraemer, 2004). Yani CP, kreatin (C) ve fosfat (P) olarak parçalanır ve parçalanma sonucu açığa çıkan enerji, ATP resentezi için ADP ile Pi'nin bir araya gelmesinde kullanılır (Kenney vd., 2012). CP, 30 saniyelik maksimal bir egzersiz esnasındaki ilk 10 saniyede % 55, sonraki 10 saniyede % 18 ve son 10 saniyede % 10 boşalır (Van-Somoner, 2006). Sonuç olarak fosfojen sistemi; kısa süreli sprintler, ağırlık kaldırma, atlama ve atma sporları gibi yüksek yoğunluktaki aktiviteler için öncelikli enerji kaynağıdır (Bompa ve Haff, 2009).

ATP yenilenmesine yardımcı olan ikinci enerji sistemi ise anaerobik glikolizdir (ya da laktik asit sistemi) ve 20 saniye ile yaklaşık 2 dakika arasında sonlanan aktivitelerde baskın enerji sistemidir. Bu süreden sonra ATP'nin yenilenmesi için aerobik enerji sistemi devreye girer (Finn vd., 2000). Bu sistemde karbonhidratlar tam olarak parçalanmadan laktik aside dönüşür. Vücuttaki karbonhidratlar basit şeker olan glikoza çevrilerek ya acil olarak kullanılır ya da daha sonra kullanılmak üzere kas ve karaciğerde glikojen olarak depolanır. Kasta depo edilen glikojen glikoza parçalanabilir ve bu glikoz daha sonra enerji için kullanılabilir (Guyton ve Hall, 2001). Glikojenin parçalara ayrılması sırasında oksijen olmadığı için yan ürün adı verilen laktik asit oluşur (Bompa ve Haff, 2009).

2. 1. 2. 1. Kayan Filamentler Teorisi

Vücut hareketi genellikle kasların kemikleri çekmesi ile gerçekleşir ve bu da bir kasın kısılma ya da kasılmasıyla mümkündür. Kasılma sırasında aktin ve miyozin filamentlerinin uzunluğu değişmez. Örnek olarak bir merdivenin uzatılması düşünülebilir. Merdiven boyu en son noktasından itibaren daha uzatılıp kısaltılabilir ama sonuç itibariyle merdiven boyu her zaman aynı kalır (Solomon, 2009). 20. yüzyılın ortalarına kadar, kas kasılmasının protein moleküllerinin kasılmalarından kaynaklandığına inanılırdı. Kasın yapı analizleri ve biyofizik çalışmalarında kas kasılmasının molekül boyundaki küçülmeden değil, aktin molekülünün miyozin üzerine kaymasından kaynaklandığı gösterilmiştir. Bu bilgiler ışığında, H. Huxley ve A. Huxley liderliğindeki iki grup, 1954 yılında kayan filamentler teorisi diye adlandırılan bir teori geliştirdiler. Bu teoriye göre kas kasılması, aktin ve miyozin arasındaki çevrimsel etkileşimler ile gerçekleşir. Kasılma anında miyozin moleküllerinin küresel başları, ince ve kalın filamentler arasında çapraz köprü denilen bağlar oluşturacak şekilde aktin filamentleri üzerindeki alıcılara bağlanır. Miyozin başının bağlanma bölgesine erişmesi, tropomiyozin ve troponin ile düzenlenir. Bu durum ATP ve Ca^{2+} iyonuna bağlıdır. Oldukça saflaştırılmış olan aktin ve miyozinden yeniden sentezlenmiş aktomiyozin kompleksi de ATP'yi hidroliz ederek, canlı organizmadakine benzer bir biçimde gerilme ve kısılma gibi fiziko-kimyasal süreçleri gerçekleştirir (Pehlivan, 1997).

Kas dinlenik durumda iken miyozin filamentlerinin çapraz köprüleri aktin filamentine dokunabilir ama kas kısılmasına neden olacak bir şekilde birbirlerini etkilemezler. Çünkü kasın dinlenme pozisyonunda aktin üzerinde bulunan miyozin çapraz köprü başlarının tutunabilecekleri aktif bölgeler, Ca^{2+} iyonlarının SR'de depo halde olmasından dolayı aktin filamentleri ile ilgili iki düzenleyici protein troponin ve tropomiyozin tarafından kapatılmıştır. Kasılma olabilmesi için troponin-tropomiyozin kompleksinin engelleyici etkisi kaldırılmalıdır ve bu şekilde miyozin çapraz köprü başlarının aktin üstündeki aktif yanlara bağlanması ile

kas kasılması meydana gelebilir (Kraemer ve Vinger, 2007). Kas hücresi sarkolemma içine bir aksiyon potansiyelinin (elektriksel olay) yollanarak filamentlerin kaymaya başlaması ve kasılması ile sonuçlanan olaylar sırasına, uyarılma - kasılma çiftlenimi denir. Bu çiftlenim; aksiyon potansiyelinin yayılması, kalsiyumun troponine bağlanması ve güç üretilmesi olarak 3 evrede kategorize edilebilir (Smith ve Plowman, 2007). Bir kas lifi, kasılma sırasında aktin ve miyozin filamentleri arasında devirli etkileşim ile mekanik iş yaparken kimyasal enerjiyi dönüştürme yeteneğine sahiptir. Uyarılma - kasılma çiftlenimi anında SR'den Ca^{2+} salınması ve bir aksiyon potansiyelinin gelmesi ile bu süreç başlar (Tricoli, 2011).

Eğer motor sinir uyarılır ve aksiyon potansiyeli motor son plağa ulaşırsa, uyarı lif zarı (sarkolemma) boyunca ilerler ve zarın içine doğru girinti bölgeler olarak bilinen t-tübüllere ulaşır. Burada uyarı tübül boyunca içeri iletilir ve t-tübüllere komşu olan SR'de depo halde bulunan Ca^{2+} 'nın lif içine (sarkoplazma) salınımına neden olur. Salınan Ca^{2+} , aktinin aktif bölgelerini kapatan troponin ile birleşerek troponin - tropomiyozin kompleksinin engelleyici etkisini kaldırıp aktin - miyozin etkileşimini başlatır ve miyozin filamentindeki çapraz köprüler aktin üstündeki aktif bölgelere derhal bağlanarak (aktomiyozin kompleksi oluşumu) kasılma sürecini başlatır (Ergen vd., 2007). Kasılmaya neden olan olaylar serisi metaboliktir ve tamamlanması için enerji gerekir (Hyde, 2002). Kas liflerindeki önemli bir kasılma proteini olan miyozin, ATP'yi ADP ve P_i 'ye parçalayan bir enzim gibi etki yaparak kasılma için gerekli olan enerjiyi serbestler (Karatosun, 2008). Açığa çıkan bu enerji aktin filamentlerinin miyozin filamentleri üzerine merkeze doğru kaymasını sağlar ve kas kasılır. Sarkomerin kısalması da tendonun bağlandığı kemiği harekete geçirir (Günay vd., 2010).

Motor sinir yoluyla kasa gelen uyarı sonlandığında, kalsiyum iyonları troponin C'den bağını çözer ve serbest kalan Ca^{2+} kimyasal bir pompa sistemi ile SR'deki keseciklere geri pompalanarak yeni bir sinirsel uyarı gelene kadar orada depolanır (Silvester, 1992). Ca^{2+} iyonları durduğunda, troponin - tropomiyozin kompleksi meydana gelir ve aktin üstündeki aktif bölgelerin kapatılmasına neden olarak aktin ile miyozin etkileşimi troponin tarafından engellenir ve kas lifi gevşeyerek kendi orijinal pozisyonuna geri döner. Bu durumda miyozin filamentinin çapraz köprülerinde miyozine aktini çekmek için aktin üstünde bağlanma yeri yoktur. Gevşeme ile kasın çapraz köprü aktivitesi sonlanır ve kas, dış güç ya da yerçekimi ile uzatılmış bir pozisyona çekilmedikçe kısalma durumunda kalır. Bununla birlikte çapraz köprü döngüsünde olduğu gibi Ca^{2+} geri pompalanması esnasında da enerji kullanılır ve böylece kas lifinin hem kasılması hem de gevşemesi için ATP gerekir (Kraemer ve Vinger, 2007). Kas kasılmasının başlangıç ve oluşum basamaklarını sırasıyla özetlemek gerekirse;

1. Aksiyon potansiyeli motor sinir boyunca kas lifindeki sonlanmasına kadar yayılır,
2. Her sinir ucundan norotransmitter olarak az miktarda asetilkolin salgılanır,
3. Kas lif zarındaki lokal bir alanda etki gösteren asetilkolin, membrandaki asetilkolin kapılı kanalları acar,
4. Asetilkolin kanallarının açılması, kas lifi zarından çok miktarda sodyum iyonunun içeri girmesini sağlar. Bu olay kas lifinde aksiyon potansiyelini başlatır,
5. Aksiyon potansiyeli sinir zarında olduğu gibi kas lifi zarı boyunca da yayılır,
6. Aksiyon potansiyeli kas lifi zarını depolarize eder ve kas lifi içine doğru yayılarak, SR içinde depolanan Ca^{2+} iyonlarının büyük miktarda miyofibrile serbestlemesine neden olur,
7. Kalsiyum iyonları, kasılma olayının esası olan filamentlerin kaymasını sağlayan aktin ve miyozin filamentleri arasındaki çekici güçleri başlatır,
8. Saniyenin bölümleri içinde kalsiyum iyonları SR içine geri pompalanarak yeni bir kas aksiyon potansiyeli gelinceye kadar burada depolanır ve kalsiyum iyonlarının uzaklaştırılması ise kasılmanın sona ermesine neden olur (Guyton ve Hall, 2001).

Kayan filament teorisini destekleyen kanıtların çoğu, kassal kasılma esnasındaki bir sarkomerin boyundaki değişikliklerin gözetlenmesinden elde edilmiştir. Bir sarkomer içinde kasılmadan kaynaklanan değişiklikler aşağıda açıklanmıştır (Smith ve Plowman, 2007).

1. A bandının uzunluğu değişmez ama Z diskleri birbirlerine doğru hareket eder. Miyozin filamentinin uzunluğu değişmediği için A bandı da uzunluğunu korur,
2. I bandı kısalır ama tamamen yok olmayabilir. Sarkomerin merkezine doğru aktin filamentlerinin miyozin filamentleri üzerine çekilmesinden dolayı I bandı kısalır ve böylece aktin filamentlerinin miyozin filamentleri ile çakışmadığı bölge yok veya çok azdır,
3. H bölgesi kısalır ama aktin filamentlerinin sarkomerin merkezine doğru miyozin filamentleri üzerine çekilmesinden dolayı tamamen ortadan kalkmayabilir. Aktin filamentleri miyozinin bütün uzunluğu boyunca çakışırsa, H bölgesi olmaz.

Aktin üstündeki aktif yanlar ile miyozin başlarının bağlanması sonucunda sarkomer kısalır ve daha sonra miyozin çapraz köprülerine döndüğünde depolanan enerji salınır. Bu basamak aktinin sarkomerin merkezine doğru Z diskini çekmesine neden olur ve bundan dolayı kas lif uzunluğu azalır (Smith ve Plowman, 2007).

Hep ya da hiç ilkesine göre bir motor nöron uyarıldığında, motor ünite içindeki kas liflerinin hepsi ya kısalır ya da kısalmaz. Kasılma başlaması için gerekli olan minimal uyarma miktarı, “uyarı eşiği” olarak adlandırılır. Yani kasılma için gereken uyarı eşiğine ulaşırsa bir kas lifi tamamen kasılacaktır. Bu olgu, hücre zarının elektriksel özelliği ile ilişkilidir ve bir motor ünitenin ya da sadece tek bir kas fibrilinin kasılabilme özelliğini belirtir. Bu ilkeyi bir lambanın yakılması ile de karşılaştırabiliriz. Elektrik düğmesine etkili bir baskı uygulanırsa, lambalar tamamen açılır. Bir lamba grubunu (bir sınıftaki tepe lambaları gibi) kontrol eden aydınlatma düğmesi açıldığında, kendisine bağlantılı olan ışıkların hepsi açılacaktır. Buna karşılık aydınlatma düğmesi çok sert çekilirse (veya itilirse) ışık olmaz. Bu durum hep ya da hiç yanıtıdır. Işıkların açılması için ya yeterli güç ortaya konulur ya da konulmaz. Bireysel bir kas lifi ya da motor ünite için de aynısı geçerlidir. Ya uyarıcı eşiğe ulaşılarak kasılma olur ya da uyarıcı eşiğe ulaşılmaz ve kasılma olmaz (Smith ve Plowman, 2007).

2. 1. 3. Kas Kasılma Çeşitleri

Kas hareketi, kas kasılma türlerini ifade etmektedir (Ratamess, 2012). Kas kasılma türleri üzerine yazarların yaklaşımları farklıdır. Genel olarak iskelet kası, statik ve dinamik olarak iki şekilde kasılır. Bazı yazarlar ise statik kasılma olarak izometrik, dinamik kasılma olarak da izotonik ve izokinetik kasılmadan söz edip her üç kasılmanın da özellik olarak konsantrik veya eksantrik şekilde olabileceğini, bazı yazarlar sadece dinamik kasılmaların eksantrik ve konsantrik olabileceğini ileri sürerler (Günay vd., 2010). Genel bir sınıflandırma yaparsak; kas hareketi izometrik, izotonik ve izokinetik olarak üç farklı şekilde kategorize edilebilir (Kroemer vd., 2010).

2. 1. 3. 1. İzometrik Kasılma

Statik bir kasılma esnasında sarkomerin uzunluğu sabit kalır, kas eforlarında hareket olmaz ve bu yüzden kas uzunluğu değişmez. Fizyoloji terminolojisinde bu durum izometrik bir efor olarak adlandırılır. Yunanca’da “iso” aynı anlamında, “metric” ise kas uzunluğunu ifade eder (Kroemer vd., 2010). Yani izometrik kasılma, kas boyunda ya da eklem açısında göze çarpan herhangi bir değişiklik olmadan kuvvet gelişiminde ya da geriliminde (tonusu) artışın olduğu (Ratamess, 2012), hareketin meydana gelmediği ve iş yapılmayan statik bir kasılmadır (Knuttgen ve Komi, 2013). Kas uzunluğunda kısalma olmamasının sebebi, dıştan gelen dirence karşı meydana getirdiği gerilimin (iç kuvvetin) daha büyük olmasıdır. Hareket ettirilemeyen ağır nesnelere itmeye çalışmamıza rağmen, izometrik kuvvet kemiklerdeki kasların uyguladığı çekiştir (Fox vd., 2012). Örneğin, bir birey kasın ürettiği kuvvetten daha

ağır bir maddeyi kaldırmayı denediğinde ya da dirseğini bükerek sabit bir şekilde maddeyi tutup bir nesnenin ağırlığını desteklediğinde statik bir kasılma gerçekleşir. Her iki durumda da kişi kas gerilimini hisseder ama eklem hareketi gerçekleşmez. Çünkü statik bir kasılmada kuvvet üretilir ama bu kuvvet aktin filamentlerini hareket ettirmek için yeterli değildir ve bu nedenle de kılma meydana gelmez (Kenney vd., 2012).

1950'li yıllarda Alman araştırmacılar Theodore Hettingen ve arkadaşları tarafından popülerleştirilen izometrik egzersiz, birçok yıl boyunca kuvvet antrenmanı içinde kapsamlı bir şekilde pratik edilmemiştir (Silvester, 1992). Bu yöntem en üst düzeyine 1960'lı yıllarda ulaşmış ve o yıllardan bu yana da güncelliğini yitirmiştir. Her ne kadar statik kasılmaların belirlenmiş bir işlevsel etkisi tartışılrsa da maksimal kuvvetin gelişmesine yardımcı olmakta, halterciler ve atıcılar tarafından kuvvet antrenmanı içinde kullanılmaktadır. Statik durumlar üç teknik koşul yoluyla kullanılabilir. Bunlar;

- Kişinin potansiyelinden daha ağır bir ağırlığı kaldırmayı denemesi,
- Hareketsiz bir nesneye kuvvet (itme ve çekme) uygulaması,
- Vücudun bir bölümü kuvvet uygularken diğer bölümünün ise buna karşı koyması (Bompa, 2007).

İzometrik kasılma sonucu yaratılan kuvvetler, ilgili eklem dengesinden sorumludur. Kaslar dinamik kasılarak belli eklemlerde hareket meydana getirirken, bu hareketin amaca uygun, doğru, koordineli ve düzgün şekilde meydana gelmesi vücuttaki bazı kasların statik kasılıp diğer eklemleri desteklemesine bağlıdır. Ancak kasların statik kontraksiyon güçleri çalıştırılan eklem açısı ile sınırlıdır. Uygun egzersiz programı sonucu kaslar çalıştırıldıkları eklem açısının 20° üstü ve altındaki açılarda da aynı izometrik gücü gösterebilme özelliğine sahiptir. Bu yüzden, izometrik kasılma gücünü artırmak için kaslar farklı açılardaki pozisyonlarda çalıştırılmalı ve kasılma tipindeki güçleri bir bütün olarak artırılmalıdır. Ancak izometrik kasılmalar arteriyel basıncı lokal olarak yükselttiği için, bu tip egzersizlerin özellikle yaşlılar ve kardiyovasküler problemi olan bireylerin üst ekstremité kaslarına uygulanmaması gerekir (İnal, 2004).

Sportif hareketlerin çoğu komplike örnekleri içerdiğinden, izometrik egzersizlerin tek başına yeterli olması mümkün değildir. Ancak belirli bir pozisyonda kas kuvveti azlığı söz konusu ise bundan yararlanılabilir (özellikle immobilizasyon gereken durumlarda, alçı ya da atel içinde kalan kasların atrofisini önlemek). Sadece izometrik çalışma yapmanın hareket süratine olumsuz etkisi olduğu ve sportif performans ile kas çevresi ölçümüne etkisi olmadığı ileri sürülür (Hartman ve Tunnemann, 1989'dan aktaran: Cihan, 2002: 39).

2. 1. 3. 2. İzotonik Kasılma

İzotonik kasılma, belirli bir dirence karşı yapılan ve kas geriliminin sabit kalarak kasın uzunluğunda (boyunda) kısalmanın olduğu dinamik bir kasılma şeklidir (Sherwood, 2012). Yunanca'da "iso" sabit (eşit), "tonic" ise gerilim ya da direnç anlamlarında kullanılır. İzotonik kasımlarda eklemlerde bir hareket meydana gelir (Kroemer vd., 2010). Geniş eklem hareketleri, kaba ve ince motor beceri gerektiren hareketlerin tümü izotonik kasımlar ile gerçekleşir. Dinamik veya izotonik kasımlar yerçekimine karşı, yerçekiminden yararlanarak ya da yerçekimi etkisi ortadan kaldırılarak aktif ve pasif hareketlerle sonuçlandığı gibi bir dirence karşı da yapılabilir (İnal, 2004). Koşma, yüzme ve ağırlık kaldırma bu tip kasımlara örnek olarak verilebilir. Genelde konsantrik kasımlar ile eş anlamlı kullanılsa da izotonik kasımların konsantrik ve eksantrik kasılma olmak üzere iki farklı çeşidi vardır (Scanlon ve Sanders, 2007).

İzometrik ve izotonik kasılma, birçok vücut hareketinde önemli bir rol oynar (Solomon, 2009). Günlük yaşamda ve sportif aktiviteler anında bu kasılma şekillerinin tümü kullanılır ama hareketin sadece izotonik ya da izometrik kasımlar ile gerçekleşmesi nadir görülen bir durumdur ve amaca göre bunlardan biri daha çok etkindir. Yapılan çalışmalarda koşma, yürüme ve sıçrama gibi günlük hayatta çok sıklıkla karşılaşılan aktiviteler esnasında iskelet kaslarının izometrik veya izotonik kasımları belli bir düzende gerçekleştirdiği belirtilmiştir. Bu durum gerilme - kısalma döngüsü olarak adlandırılır ve genellikle eksantrik kasımların konsantrik kasılma sonrası olduğu belirtilir (Strojnik ve Komi, 1998; Komi, 2000).

Gerilme - kısalma döngüsü (GDK) olarak da ifade edilen eksantrik ve konsantrik kas hareketleri genellikle kas fonksiyonunun kombinasyonları içinde eş zamanlı meydana gelir (Radcliffe ve Farentinos, 1999). Eksantrik kasımlarda ortaya konan gerilim dirençten daha küçük olduğundan kas kısalmaya çalışır ama kasın boyu doğal olarak uzar (bench press ve squat gibi çoğu halter egzersizinde yer çekimi yönünde hareketin aşağı doğru yapılması gibi). Konsantrik kasımlarda ise ortaya konan gerilim dirençten daha büyük olduğundan kasın boyu kısalır (bench press ve squat gibi çoğu halter egzersizlerinde hareketin kaldırış esnası gibi) (Wilson, 1994'den aktaran: Aşçı, 2001: 1). GDK; yürüme, koşma ve atma gibi basit hareketlerde görülür ama ağırlık kaldırma, sıçrama, zıplama, durma ve yön değiştirme gibi aktiviteler ile de ilişkilidir ve hem seri elastik bileşenin (SEC) enerji birikimi hem de kısa bir zaman diliminde kas çalışmasındaki maksimal artışı kolaylaştırmak için germe refleksinin uyarılmasını sağlar (Flanagan ve Comyns, 2008).

Gerilme - kılalma döngüsünün eksantrik evre, amortisman evresi ve konsantrik evre olarak üç evresi vardır (Chu, 1998). Gerilme - kılalma döngülü bir hareketin ilk basamağı eksantrik evredir ve counter-movement, yavaşlama, yüklenme ve gevşeme evresi olarak da adlandırılır (Lundin, 1985). Geçiş ya da bağlantı evresi olarak da isimlendirilen amortisman evresi, eksantrik kasılma evresinin sonu ile konsantrik kasılma evresi başlangıcı arasında geçen zamanı ifade eder ve dinamik stabilizasyonu içerir (Cavagna vd., 1965; Radcliffe ve Farentinos, 1999). Bu evrenin ne kadar bir sürede sonlandığı tam olarak belirlenmemesine rağmen, mümkün olduğu kadar kısa bir sürede olması gerektiği üzerine fikir birliği vardır. Çünkü sporcunun ilk evreden son evreye geçişte harcamış olduğu zaman germe refleksinde avantaj elde etmesini engelleyecek ve depolanan enerji harcanacaktır. Bu evre ne kadar kısa olursa depolanan elastik enerjinin maksimal kullanımı da o kadar fazla olacaktır ve bu kullanılan enerji miktarına paralel olarak kaslar tarafından daha büyük miktarda bir iş verimi gerçekleştirilecektir (Chu, 1998; Brumitt, 2010). Son basamak ise sıçrama, kılalma, kuvvet üretme ve itme (itiş) evresi olarak da adlandırılan kas - tendon ünitesinin kılalmasını içeren konsantrik evredir (Wilk vd., 1993). Bu evrede kas, eksantrik yükleme esnasında gerilme refleksini başlatan kas içciklerini ateşleyen uzama gösterir ve bu olay agonist ekstrasfasal liflerin kasılması ile (konsantrik kasılma) sonuçlanır. Daha hızlı bir kas gerilimi ise daha fazla konsantrik kas kasılmasına neden olur (Günay, 1998).

İzotonik egzersizlerin etkili olabilmesi için direncin aşamalı olarak artırılması gerekir. Böylece yapılan kas çalışmaları ile kas hacmi ve kuvvetinde belirgin bir artış sağlanır (Joynt vd., 1993). Aşamalı artan direnç egzersizleri ilk olarak 1948 yılında Delome tarafından ileri sürülmüştür. Burada az tekrarlı ve yüksek bir dirence karşı yapılan egzersizler vardır. Bu egzersizler hem kas kuvvetini artırır hem de hipertrofiye neden olmaktadır. Dinamik kuvvet antrenmanlarında yüksek hızda yapılan antrenmanların hem yüksek hem de düşük hızda yapılan hareketlerdeki kassal güç çıktısında; düşük hızda yapılan antrenmanların sadece düşük hızda yapılan testlerdeki kassal güç çıktısında artış sağladığı belirtilmiştir (Kanehisa ve Miyashita, 1983'den aktaran: Cihan, 2002: 40). Pahalı ekipman gerektirmesi, daha fazla ağırlık uygulanması ve egzersizler doğru uygulanmadığı zaman sakatlanma riskini artırması izotonik egzersizlerin dezavantajları olarak ileri sürülebilir (Clover, 2007).

İzometrik ve izotonik kasılmaların peş peşe ya da her ikisinin beraber uygulanması, yani kasılma esnasında kasın hem uzunluğunun hem de tonusunun değiştiği kasılmalara oksotonik kasılmalar denir (Akgün, 1992). Örneğin, 5 kilo ağırlığındaki bir dambıl ile ayakta durarak dirsek fleksiyonu - ekstansiyonu yapan ve biceps brachi kasını kuvvetlendiren kişi, bu kası ile dinamik kasılma yaparken dizlerini ekstansiyonda tutan diz eklemi çevresindeki

kasları ve gövde kasları statik olarak kasılır. Aynı zamanda el ve el bileği kasları izometrik kontraksiyon ile dambılı tutan elin pozisyonunu korur (İnal, 2004).

2. 1. 3. 2. 1. Konsantrik Kasılma

Kas tarafından üretilen kuvvet dış direncin üstesinden gelmede yeterli olursa, aktin filamentleri sarkomerin merkezine çekilir ve sarkomerin boyunda kısalma olur (Silvester, 1992). Genelde izotonik kasılmalar ile eş anlamlı olarak kullanılan konsantrik kasılmalar, kasılma sırasında kas geriliminin sabit kaldığı ve kas boyunun kısaldığı kasılmalardır. Kasın bağlı olduğu eklem açısında küçülme (dirsek bükülmesi gibi) olmasından dolayı dinamik kasılma olarak da düşünülür (Kenney vd., 2012). Kasılma ile bir hareket meydana gelir ve mekanik iş yapılır. Bir ağırlığın yerden yukarı kaldırılması bu tip kasılma ile sağlanır. Elimize aldığımız bir ağırlıkla dirsek ekleminde fleksiyon yaparken, biceps brachii kası konsantrik kasılır. Yani kas boyu kısalır, ön kol üst kola doğru mekanik bir hareket yapmış olur (Günay vd., 2010) ve genellikle her tekrarın pozitif bir evresi olarak ifade edilir (Ratamess, 2012).

2. 1. 3. 2. 2. Eksantrik Kasılma

Eksantrik kasılma, kas tarafından üretilen kuvvetin dış direncin üstesinden gelmede yetersiz olduğunda aktin filamentlerinin sarkomerin merkezinden daha uzağa çekildiği ve sarkomer boyunda bir uzamanın meydana geldiği kasılma şeklidir (Silvester, 1992). Eklem hareketi meydana geldiğinden dolayı dinamik bir kasılmadır (Kenney vd., 2012) ve negatif bir mekanik hareket yapılır. Bu tür kasılmalar için otomobil direksiyonunu kullanma, yokuş inme ve bir ağırlığı kolla indirme gibi hareketler örnek verilebilir (Akgün, 1992). Genellikle kontrollü ve istemli bir hareket şekli olan eksantrik kasılma, bir maksimal squat hareketine girildiğinde çok ağır yük altında kaldırıcının başarısız olduğu durumdaki gibi potansiyel ve istemsiz olarak yaralayıcı olabilir. Bu nedenle, sakatlık riski en fazla olan kasılma türüdür (Silvester, 1992). Eksantrik kasılmalar yeterli düzeydeki dirençlere karşı yapılarak ve kas içi gerilim artırılarak kastaki kuvvet artışı ve hipertrofi sağlanabilir (Cihan, 2002). Eksantrik egzersizlerle yapılan antrenmanlar kasların oksijen kullanma kapasitelerini düşürebilir. Bu düşüş daha çok kassal uyuma bağlanır. Konsantrik kasılma ile karşılaştırıldığında, eksantrik kasılmaların neden olduğu arterial basınç ile birlikte vücut sıcaklığındaki artış daha azdır ve dolayısıyla da bu tip kasılmalara yönelik yapılan egzersizler kardiyovasküler açıdan vücuda daha az yük bindirmektedir. Bu kas tipleri fizyolojik olarak karşılaştırıldığında ise konsantrik kasılma esnasında daha fazla motor ünite aktive olur ve bu yüzden de konsantrik kasılma, eksantrik kasılma türüne göre kası daha fazla kuvvetlendirme özelliğine sahiptir. Kasılma

işlemine daha fazla miyofibril katıldığı için eksantrik kasılmalarda daha az enerji harcanır. Bu fikir elektromiyografik (EMG) çalışmalarla da desteklenmiştir. Yapılan çalışmalarda bir dirence karşı konsantrik kasılma ile açığa çıkan kuvvetin, eksantrik kasılmalara göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Bu durum, konsantrik kas aktivitesinin açığa çıkardığı maksimal kuvvetten daha fazla yük gereken işlevlerde sinerjik kaslardan sağlanan destekle kasılma özelliği olmayan ve pasif kuvvetleri açığa çıkaran yapıların (tendon, ligament, faysa, eklem kapsülü ve diğer konnektif dokular) gerilmesiyle açığa çıkan kuvvetler olarak iki kompanse edici mekanizmadan yararlanmasına bağlanır (İnal, 2004).

2. 1. 3. 3. İzokinetik Kasılma

Sportif performansta uygulanan bir kasılma şekli olan izokinetik kasılma, kas kasılma süratinin (hareket sürati) sabit tutulduğu (Akgün, 1992) ve hareketin tamamında maksimal kasılmanın olduğu bir kasılma şeklidir. Serbest stil yüzmede kulaç atarken kasın kasılması ya da kürek çekmede kasın kasılması örnek olarak gösterilebilir (Fox vd., 2012). Iso; eşit, kinetik ise hareket anlamındadır. Yani izokinetik terimi, eş hareket anlamı taşır ve hareket eşit bir hızda sürdürülür. İzokinetik kasılmalarda uygulanan kuvvet ne kadar fazla olursa olsun açısal hareket hızı değişmez (Kalyon, 1994). Örneğin saniyede 300°, 240°, 180° ya da 60° dairesel hızlarda hareket yapılabilir. Hareket sabit hızda yapılırken direnç veya yük, kasın o açıda üreteceği güce göre farklılaşır. Yani 170° ya da 115° hareket açılarındaki yük veya direnç farklıdır ve böylece o açıda uygulanması gereken kuvvette farklılık olur (Günay vd., 2010). Kas kuvvetini ve dayanıklılığını geliştirmede etkili bir yöntem olan bu kasılma tipinin teorik avantajları, tüm hareket açılarında maksimal gerilimi yaratmak için kası zorlayıp hareket açısında kuvvet gelişimine neden olması (Kokkinos, 2010) ve kas kuvvetini daha hızlı bir şekilde gelişmesidir (Sherwood, 2012).

2. 1. 4. Kas Lif Tipleri ve Sportif Başarı İle İlişkisi

Bir kasın çalışma yapabilmesi için kasa enerji sağlanması gerekir ve bütün kas lifleri hem aerobik hem de anaerobik olarak enerji üretebilir. Lif tiplerindeki bu ATP sentezleme özelliğindeki farklılıktan dolayı bazı motor üniteler aerobik, bazı motor üniteler ise anaerobik metabolizma için çok daha uygundur (Hoffman, 2002). Bu yüzden de bazı spor branşlarında mücadele eden sporcuların diğer sporculara göre niçin daha iyi bir performans gösterdiği, kısmen enerji metabolizması ve kas karakterlerindeki farklılıklar ile açıklanabilir. İçerdikleri aerobik - anaerobik enzim miktarları, liflerin kasılma hızı ve depoladıkları kimyasal enerjinin tipi ve miktarlarında farklılaşan kas liflerinin (Byrnes ve Jensen, 2001) histokimyasal, fiziksel,

ve biyokimyasal özelliklerine göre temellenen birçok sınıflandırması vardır (Kraemer vd., 2012). Yavaş kasılan (ST) ve hızlı kasılan (FT) olmak üzere iki farklı fibril tipi, kasılma ve metabolik özelliklerine göre sınıflandırılır. Bu lif tipleri arasındaki temel farklılık ise kasılma hızları ve ATP formasyonu için öncelikli olarak kullanılan enzimatik sistem tipidir (Sherwood, 2012). 1873 yılında Ranvier isimli bilim adamı, lif türleri arasındaki kas renginde farklılıklar keşfetmiştir. İlk gözlemine göre kırmızı ve beyaz olmak üzere iki farklı kas tipi rengi vardır. Renk farklılıkları için açıklama oldukça basittir ve fizyolojide bir temele sahiptir. Koyu renkli kas tipi kırmızı ya da yavaş kasılan kası ifade ederken, açık renkli kas tipi ise beyaz ya da hızlı kasılan kası ifade eder (Pierce vd., 2004). Farklı bir sınıflandırmada bu kas hücreleri, tip I (yavaş kasılan, yavaş oksidatif) ve tip II (hızlı kasılan, hızlı glikolitik) olarak da adlandırılır (Hale, 2003). Tip II lifleri, tip IIa ve tip IIb olarak iki farklı alt gruba ayrılır. Tip IIa lifleri hem oksidatif hem de glikolitik, tip IIb lifleri ise baskın olarak glikolitik şartlarda çalışma yapabilen hızlı kasılan liflerdir (Plowman ve Smith, 2008). Genel olarak bütün kaslar FT ve ST liflerin heterojen karışımını içerir. Bu çeşitlilik sınıfta not alırken parmakların motor kontrolü, sprint anında patlayıcı tarzda güç üretebilme ve uzun bir zaman ayakta durma gereken bir görevi yapmada kaslara olanak sağlar (Lieber, 2002). Tablo 1’de kas lif tiplerinin sınıflandırılması verilmiştir.

Tablo 1. Kas Lif Tiplerinin Sınıflandırılması (Silvester, 1992; Kraemer vd., 2012)

Tip I	Tip IIa	Tip IIb
Yavaş Kasılan (ST)	Hızlı Kasılan (FT)	Hızlı Kasılan (FT)
Yavaş Oksidatif (SO)	Hızlı Oksidatif / Glikolitik (FOG)	Hızlı Glikolitik (FG)
Koyu Kırmızı	Kırmızı	Beyaz

Tip I ve tip II lifleri kasılma hızı bakımından birbirinden farklıdır. Bu farklılık öncelikle ATP’nin bölünmesine neden olan miyozin ATP_{az} enziminden kaynaklanır. Yani tip I lifleri, yavaş miyozin ATP_{az} formuna sahipken; tip II lifleri ise hızlı miyozin ATP_{az} formuna sahiptir. Bu nedenle, sinirsel uyarıya karşılık tip II liflerinde ATP daha hızlı parçalanır ve dolayısıyla da çapraz köprü döngüsü tip II lif tipinde daha hızlıdır (Kenney vd., 2012). Kasılma hızları arasındaki farklılığı anlamak için kas - sinir etkileşimini gözönüne almak gerekir. Bir motor sinir olarak tanımlanan bir motor ünite, $\alpha 1$ ve $\alpha 2$ olarak iki alt kategoriye bölünen alpha (α) motor nöronları ile sinir sistemine bağlanır. Bu nedenle, bir kas lifinin kasılma hızı genellikle onu sinir sistemine innerve eder motor sinire bağlıdır. En büyük sinir olan $\alpha 1$ motor nöronları FT, en küçük sinir olan $\alpha 2$ motor nöronları ise ST liflerini sinir sistemine innerve eder. Motor

sinirlerin boyut farkı da önemlidir. Çünkü küçük motor nöronlar düşük uyarı eşiği ile yavaş iletim şiddetine sahiptir ve düşük çalışma yüklerinde çalışır ama büyük motor nöronlar, daha yüksek uyarı eşiğine sahiptir ve çok yüksek güç verimi gerekli olana kadar çalışmazlar. Bu nedenle de motor nöronlar büyüklük ilkesine göre çalışırlar (Plowman ve Smith, 2008).

Yapısal olarak tip I liflerinin yüksek miyoglobin ve kapillar yoğunluğa, zengin kas içi trigliserid depolarına ve yüksek seviyede bir aerobik enzim aktivitesi içeren özelliklere sahip olması, bu liflere yüksek bir oksidatif kapasite sağlayarak yorgunluğa direnç göstermelerine (Fleck ve Kraemer, 2004); düşük kreatin fosfat ve glikojen içeriğine sahip olması ise güç üretme yeteneklerinin düşük olmasına neden olur. İşlevsel olarak bakıldığında, yürüme ve postürü koruma gibi düşük seviyede güç üretimini gerektiren aerobik aktivitelerde kullanılır (Karp, 2001). Kasılma hızlarının yavaş, kasılma sürelerinin uzun ve kasılma kuvvetlerinin düşük olmasından dolayı submaksimal şiddetteki uzun süreli egzersizlere daha iyi bir uyum sağlayan tip I lifleri, yüksek aerobik dayanıklılığa sahiptir (Weineck, 1998). Çünkü tip I lifleri yağ ve karbonhidrat oksidasyonundan ATP üretiminde etkilidir. Oksidasyon oldukça bu lifler ATP üretimini sürdürerek liflerin aktif kalmasını sağlar. Uzun bir zaman dilimindeki kassal aktiviteyi sürdürebilme yeteneği kassal dayanıklılık olarak bilinir ve dayanıklılığın gerektiği düşük yoğunluktaki dayanıklılık yarışmaları (maraton koşusu gibi) ya da kas gücü gereken düşük yoğunluktaki birçok günlük aktivitedeki (yürüme gibi) performans için tip I lifleri çok uygundur (Kenney vd., 2012).

Tip I fibrillerine göre daha yüksek miyozin ATP_{az} aktivitesine sahip olan tip II lifleri, yüksek şiddetli kısa süreli çalışma dönemlerindeki performans için uygundur. Kas hareketi için gerekli olan enerjiyi sağlamada yaygın olarak anaerobik kaynaklara dayanan bu lifler yüksek glikolitik kapasite, maksimal gerilim için hızlı bir artış, hızlı gevşeme zamanı, büyük motor nöronlar, düşük mitokondrial yoğunluk ve düşük bir aerobik kapasiteye sahiptir (Fleck ve Kraemer, 2004). Ayrıca yorgunluğa dirençleri düşük olup, oldukça büyük bir güç miktarı üretirler (Byrnes ve Jensen, 2001). Hızlı kasılan tip II fibrilleri, tip IIa ve tip IIb olarak iki alt gruba sahiptir. Hem aerobik hem de anaerobik metabolizma için gelişmiş kapasiteye sahip tip IIa lifleri (Hoffmann, 2002), önemli oksidatif ve glikolitik özellik içermesinden dolayı hızlı oksidatif glikolitik (FOG), hızlı kasılan kırmızı ya da ara lifler olarak da adlandırılır. Bu lifler biokimyasal olarak tip I ve tip IIb lifleri arasındaki bir özelliğe (Kendrick, 2006), hızlı kasılma üretme ve orta düzeyde yorgunluk direncine sahiptir (Tricoli, 2011). Yapısal olarak ise orta düzeyde bir miyoglobin içeriği, kapillar yoğunluk, trigliserid konsantrasyonu ve kan tedariki, yüksek mitokondrial yoğunluk, CP ve glikojen konsantrasyonlarına sahiptir. İşlevsel olarak, 400 metre yarışı gibi yüksek bir güç üretimi ile uzun süreli anaerobik aktivitelerde kullanılır (Karp, 2001). Tip IIb lifleri ise diğer lif tiplerine göre daha fazla miyozin ATP_{az} aktivitesi ve

kasılma hızı ile birlikte yüksek glikolitik enzim konsantrasyonuna sahip olmasından dolayı hızlı glikolitik lifler (FG) olarak adlandırılır (Kendrick, 2006). İşlevsel olarak şut atma, sprint ve sıçrama gibi kısa anaerobik aktiviteler için kullanılan bu lifler, ST liflerine göre daha fazla enerji üretirler (Karp, 2001). Tip I liflerinin zıttı olan bu fibril tipi yüksek CP, fosforilaz, laktat dehidrojenaz konsantrasyonları, fosfofruktinaz ve glikojene; düşük mitokondrial yoğunluk, miyogloblin içeriği ve trigliserid konsantrasyonlarına sahiptir. Ayrıca az miktarda kapillar ile çevrelenmiştir ve yorgunluğa dirençleri oldukça düşüktür (Mougiou, 2006). Tablo 2 içinde lif tiplerinin karakteristik özellikleri verilmiştir.

Herhangi bir hareket şiddetinde üretilen gücün miktarı kas lifine bağlıdır. Dinamik bir kasılma esnasında lif uzadığında ya da kısaldığında hızlı kasılan bir lif, yavaş kasılan bir life göre daha fazla güç üretirken; kas boyunun değişmediği izometrik şartlar altında ise yavaş kasılan lifler tam olarak hızlı kasılan lifler gibi aynı güç miktarı üretirler. Güçteki bu farklılık sadece dinamik kasılmalar anında elde edilmiştir. Belirli bir şiddette kas tarafından üretilen güç, FT liflerinin yüzdeliği ile artar (Karp, 2011). Birçok kas yaklaşık % 50 tip I ve % 25 tip IIa liflerinden, geriye kalan % 25 ise çoğunlukla tip IIb lifleri olmak üzere % 1-3 oranında tip IIc liflerinden oluşur (Kenney vd., 2012). Lif tiplerindeki bu dağılım erkek ve kadınlarda farklı olmamasına rağmen, farklı kas tipleri boyunun cinsiyetle farklılaştığı ama yinede her iki kas lifinin de erkeklerde daha büyük olmaya eğilim gösterdiği belirtilir. Lif tipi dağılımı öncelikle genetik olarak belirlendiği için erken çocukluk çağından sonra yaş ile lif dağılımı önemli bir ölçüde değişmez (Plowman ve Smith, 2008).

Bell, MacDougall, Billeter ve Howald (1980) tarafından yapılan çalışmada, 6 yaşındaki İsveçli kız ve erkek çocuklarda ortalama olarak ST liflerinin % 58.8, FG liflerinin % 19.7 ve FOG liflerinin % 21.5 oranında dağılım gösterdiği ve fibril tiplerinin oranı bakımından cinsiyet arasında farklılık olmadığı elde edilmiştir. Grimby ve Saltin (1983) ise 6-81 yaşları arasındaki kadın ve erkeklerde buldukları lif tipi oranlarının yetişkin ve çocuklardan farklı olmadığını belirtmişlerdir. Yani lif tiplerinin ortalama oranları çocukluk döneminden ileri yaşlara kadar anlamlı farklılık göstermez (Akgün, 1992) ama yinede lif tipi dağılımı belirli bir kas grubunun fonksiyonu ile ilişkilidir. Örneğin, uzun süreli etkinliklerde kullanılan soleus kası çoğunlukla ST lif tiplerini içerirken, atlama ve sıçrama gibi hızlı ve canlı etkinlikler içinde kullanılan gastroknemius kası ise genelde FT liflerden meydana gelir (Weineck, 1998). Bu nedenle, lif tipi yüzdeliğinin baskınlığı özel olarak yapılan aktivite tipini belirler. Bu konu ile ilgili yapılan çalışmalarda ise dayanıklılık antrenmanları yapan bireylerde ST, sprint türü aktiviteler yapan bireylerde ST liflerinin baskın olduğu belirtilmiştir (Behnke, 2006; Sherwood, 2012).

Tablo 2. Yapısal, Fonksiyonel, Sinirsel ve Metabolik Özelliklerine Göre İskelet Kas Liflerinin Karşılaştırılması (Karp, 2001; Byrnes ve Jensen, 2001; Hoffmann, 2002; Fleck ve Kramer, 2004; Kendrick, 2006; Mougios, 2006; Sherwood, 2012; Kenney vd., 2012; Fox vd., 2012)

Özellikler	Lif Tipleri		
	Tip I	Tip IIa	Tip IIb
Miyozin ATP _{az} Aktivitesi	Düşük	Yüksek	Yüksek
Maksimal Kasılma Şiddeti	Yavaş	Hızlı	Çok Hızlı
Kasılma Hızı (m/sn)	60-80	80-110	80-120
Motor Nöronların Boyu	Küçük	Büyük	Çok Büyük
Motor Nöron İleti Hızı	Yavaş	Hızlı	Hızlı
Motor Nöron Lif Sayısı	≤ 300	≥ 300	≥ 300
Motor Ünite Kuvveti	Düşük	Yüksek	Yüksek
Yorgunluğa Dayanma	Yüksek	Orta	Düşük
Yapılan Aktivite	Aerobik	Uzun Süreli Anaerobik	Kısa Süreli Anaerobik
Güç Üretimi	Düşük	Yüksek	Çok Yüksek
Oksidatif Enzim Aktivitesi	Yüksek	Orta	Düşük
Mitokondrial Yoğunluk	Yüksek	Orta	Düşük
Kapiller Yoğunluk	Yüksek	Orta	Düşük
Glikolitik Enzim Aktivitesi	Düşük	Yüksek	Yüksek
Miyogloblin İçeriği	Yüksek	Orta	Düşük
Lif Rengi	Koyu Kırmızı	Kırmızı	Beyaz (Soluk)
Lif Çapları	26 µm	28 µm	46 µm
Glikojen Konsantrasyonu	Düşük	Yüksek	Yüksek
Enerji Depoları	Trigliserid	CP, Glikojen	CP, Glikojen
Gelişmiş Spesifik Gerilim	Orta	Yüksek	Yüksek
SR Gelişimi	Düşük	Yüksek	Yüksek
Kan Tedariği	Yüksek	Orta	Düşük
Fosforilaz Aktivitesi	Düşük	Orta	Yüksek
CR Konsantrasyonu	Düşük	Yüksek	Yüksek
Trigliserid Konsantrasyonu	Yüksek	Orta	Düşük
Gevşeme Zamanı	Yavaş	Hızlı	Hızlı
Patlayıcılık	Düşük	Yüksek	Yüksek

Hem yüksek hız hem de çok iyi dayanıklılık gereken sporlardaki üst düzey sporcuların çok farklı lif fibril kompozisyonuna sahip kasları olduğu bilinir (Billeter ve Hoppeler, 2003). Sporcular arasındaki bu farklılıklar, kas yapısının genetiksel belirlenip belirlenmemesi ya da kazanılmış bir yetenek olup olmaması sorusunu gündeme getirmiştir. Tek yumurta ikizleri üzerinde yapılan çalışmalarda, bireylerdeki lif tip oranının genetiksel belirlendiği belirtilmiştir. Uygun antrenman ile tip IIb lifleri, tip IIa liflerinin dayanıklılık özelliklerinden bazılarını; tip IIa lifleri de tip IIb liflerinin kuvvet ve güç gibi özelliklerinden bazılarını alabilir. Yinede liflerin birbirine tam dönüşümü yoktur ve ne ST lifleri FT ne de FT lifleri ST lifleri olamaz (Karp, 2001) ama liflerin toplam sayısı, boyu, metabolik ve yorgunluk karakterleri ile kasılabilme özelliklerinin antrenmanlar yoluyla değiştiğine dair kanıtlar vardır (Kroemer vd., 2010). Bazı çalışmalarda aerobik antrenmanların ST oranında artışa neden olduğu, bazı çalışmalarda da sprint antrenmanı sonrasında FT oranında artışlar elde edilmiştir. Yinede çalışmaların çoğunda, kondisyon programlarının bir sonucu olarak lif tipi kompozisyonunda herhangi bir değişiklik belirtilmemiştir (Hoffmann, 2002).

Kas lif tipleri, değişik lif tipleri arasındaki antrenman adaptasyonları, farklı antrenman programlarının lifler üzerindeki etkileri ve lif tiplerinin belirlenmesinin bir sporcuyu seçmede nasıl kullanılabileceği ile ilgili birçok araştırma mevcuttur (Fox vd., 2012). Bir kas fibril tipinin baskın olması sportif başarı için tek başına yeterli olmamasına rağmen (Byrnes ve Jensen, 2001), kas lif tipi ve sportif performans arasında doğrusal bir ilişkinin olup olmadığı uzun yıllardan beri araştırma konusu olmuş ve yapılan çalışmalarda yüzdelik kas lifi bakımından sporcular arasında farklılıklar olduğu elde edilmiştir (Karp, 2001). Ağırlık kaldırmacılar, atıcılar, sprinterler ve güç gereken anaerobik temelli diğer yarışmalarda mücadele eden sporcular yüksek oranda FT lif yüzdeliğine sahipken; mesafe koşucuları, kayakçılar ve bisikletçiler gibi aerobik temelli yarışmalardaki sporcular daha yüksek oranda ST kas lif tipi yüzdeliğine sahiptir (Silvester, 1992; Kendrick, 2006; Plowman ve Smith, 2008; Sherwood, 2012). Elit erkek ve bayan dayanıklılık sporcularında yapılan çalışmalarda, sporcuların iskelet kaslarını % 90 oranında ST liflerinin oluşturduğu ve bunun aerobik performansta sportif başarı için büyük bir avantaj sağladığı belirtilmiştir (Hollmann, 2002). Kas lifleri genel olarak genetik ile belirlendiği için “sprinter olunmaz, sprinter doğulur” anlayışı doğrudur (Silvester, 1992). Baskın ST liflerine sahip bireylerin elit düzeyde sprinter, baskın FT liflerine sahip bireylerin de elit düzeyde maraton koşucusu olması beklenmemelidir (Kendrick, 2006). Yinede sadece baskın lif tipine göre şampiyon mesafe koşucuları ya da sprinterler seçmeyi düşünmek yanlıştır. Çünkü antrenman, motivasyon, kardiyovasküler fonksiyon ve kas boyu gibi diğer faktörler de sürat, kuvvet ve dayanıklılık gerektiren yarışmalarda başarıya katkı sağlayabilir (Kenney vd., 2012).

2. 1. 5. Kuvvet

Kassal uygunluğun önemli bileşenlerinden olan kuvvet (Nande ve Vali, 2010), sıklıkla kas gücü ile denk tutulur ve bir kas ya da kas grubunun belirli bir kasılma hızındaki belirli bir hareket örneği sırasında dış dirence karşı tek bir istemli kasılmada üretebildiği maksimal kuvvet miktarı olarak tanımlanır (Ratamess, 2012). Bu tanımlamaya göre kas kuvvetinin sıfırdan (güç meydana gelmez) maksimal kuvvet üretimine kadar (maksimal kas kuvveti) bir süreklilik boyunca uzandığı açıklanabilir. Yani kuvvet absolut bir değer değildir, değişime eğilimlidir ve dış direncin hareketinde değişim oluşturan bir etkidir (Moir, 2012).

17. yüzyılda Isaac Newton, tahmin edilebilen bir şekil içinde hareket ve kütle ile ilişkili olan kuvveti gözlemleyerek insan hareket analizinin temel taşı olarak kabul edilen temel kanunları ve mekanik ilkeleri elde etmiştir. Newton'un temel kanunlarından ilki, eylemsizlik kanunudur. Eylemsizlik, bir cismin hızını değiştirmek için gereken enerji miktarı ile ilişkilidir ve bir cisim içindeki eylemsizlik ise direk olarak kendi kütesine orantılıdır. Yani iki cisim farklı kütelere sahip ama benzer doğrusal hızlarda hareket ediyorsa, daha ağır cismin hareketini değiştirmek için daha büyük bir kuvvet gerekir. Buradan da cisim durgunsa cisme dış kuvvet (bileşke kuvvet) etki etmedikçe durgun kalacağı, fakat hareketli ise sabit bir hızla doğrusal hareketine devam edeceği anlaşılmaktadır (Nawoczinski ve Neumann, 2002). Görüldüğü gibi eylemsizlik kanunu, duran bir cismi hareket ettirebilmek ya da hareket eden bir cismin yönünü değiştirebilmek için bu cismi etkileyen kuvvetin şeklini değiştirmek gerektiğini ifade eder. Yani bir cismi durdurmak, hareket ettirmek ya da doğrusal hareketini değiştirmek için bir kuvvet gereklidir. Örneğin masa üstünde duran bir kitap, kendisine herhangi bir kuvvet etki etmediği sürece yerinde kalmayı sürdürecektir (Watkins, 1999).

Bir cismin hızındaki herhangi bir değişiklik, cismin doğrusal (linear) momentumunda bir değişmeye neden olur. Yani bir cisim üzerine sabit bir kuvvet etki ederse, cismi etkileyen kuvvet yönünde sabit bir ivmelenme meydana gelir ve bu kuvvetin (bileşke kuvvet) cisme kazandırmış olduğu ivmelenmeye oranı sabittir. Bu sabit oran da cismin kapsadığı madde miktarına (kütesine) eşittir (Watkins, 1999). İvmelenme, birim zamandaki hızda meydana gelen değişikliği ifade eder. Bütün sporlar vücudun ivmelenmesini içerir ve bazı sporlar için de bir donanımın (beyzbol sopası, cirit ve tenis raketi gibi) ivmelenmesi gerekir. Newton'un ikinci kanununa göre ivmelenme, direnç gösteren kuvvet ile ilişkilidir (Harman, 2008). Yani Newton'un yeniden düzenlenen ikinci hareket kanununda, bir dış direncin kütle (m) ve ivmelenmesi (a) ile uygulanan bir kuvvet (F) arasındaki ilişki ifade edilir (Moir, 2012).

$$F = m.a$$

Yani fiziksel açıdan kuvvet, kütle ve ivmelenmenin çarpımı sonunda ortaya çıkan bir büyüklüktür. Bu kuvvetin şiddeti, kütlelerin ağırlığı ve ivmelenme denilen hızlanmaya bağlıdır. Kuvvetin büyüklüğü ise bir dış direncin ivmelenmesi ile belirlenebilir. Yinede dış direncin hareketindeki değişim zaman alır ve bu yüzden, kuvvetin impulsu olarak adlandırılan kuvvet (F) ve zaman (t) üretimi sıklıkla mekanik bilimi içinde hesaplanır (Moir, 2012).

$$\text{İmpuls} = F.t$$

Bir kuvvetin impulsunun önemi, bir hareket denkleminde alınan doğrusal momentum ve impuls arasındaki ilişki ile bulunur (Moir, 2012).

$$Ft = mv_f - mv_i$$

Burada Ft, uygulanan kuvvetin impulsu (Ns) olarak; mv_f , saniyedeki kilogram - metre olarak ölçülen (kg/m.s^{-1}) bir dış direncin son doğrusal momentumu olarak; mv_i ise saniyede kilogram - metre olarak ölçülen (kg/m.s^{-1}) bir dış direncin ilk doğrusal momentumunu ifade eder. Bu ilişkiden uygulanan kuvvetin impulsunun bir dış direncin momentumunda değişiklik yapmak için etki ettiği anlaşılır (Moir, 2012). Buna göre cisimlerin şekillerini, konumlarını ve hareketlerini değiştiren bir etki olarak tanımlanan kuvvet, temelde dış ve iç kuvvetler olarak ikiye ayrılır. Dış kuvvetler; yerçekimi kuvveti, sürtünme kuvveti, eylemsizlik kuvveti ve rakibin kuvveti gibi etkenlerdir. İç kuvvetler ise hareketi yaratan kasların ürettiği gerilim ile üretilen işin sebebidir. İnsan hareketleri bu iki kuvvetin karşılıklı etkileşimleri ile gerçekleşir (Muratlı vd., 2005).

Newton'un üçüncü ve son hareket kanunu ise etki - tepki (reaksiyon) kuvvetidir. Bu hareket kanununda her hareket için eşit ve zıt bir reaksiyonun olduğu ifade edilir. Bir cisim ikinci bir cisim üstüne bir kuvvet uygularsa, ilk cisime ikinci cisim tarafından eşit ve zıt bir kuvvet uygulanır (Watkins, 1999). Yani iki cisim eş zamanlı birbirine reaksiyon gösterir ve ivmelenme kanunu ($F = m.a$) ile sonuç belirlenir. Her bir cisim farklı bir etkiye sahiptir ve bu etki cismin kütlelerine bağlıdır. Örneğin iki katlı bir binanın çatısından düşen bir kişi, zemine bir kuvvet uygular ve eş zamanlı olarak zemin de kişiye eşit ve zıt bir kuvvet uygular. Zemin ve kişi arasındaki kütle tutarsızlığından dolayı kişinin hissettiği etki ya da ivmelenme, zemin tarafından hissedilen etkiden çok daha büyüktür. Belki de Newton'un etki - tepki kanununun en açık uygulaması, bir kişinin üzerinde yürümüş olduğu yüzey tarafından sağlanan tepki kuvvetidir. Bütün üst yapı vücut bölümlerinin ivmelenmesi nedeniyle ayaklar zemine karşı bir kuvvet yaratır. Newton'un üçüncü kanununa göre zemin, yürüyüş periyodu esnasında ayaklar üstünde aplikasyonun noktası, yönü ve büyüklüğüne göre değişen zıt tepki kuvveti içinde bir zemin tepki kuvveti oluşturur. Zemin tepki kuvveti, kuvvet platformları ile ölçülebilir

ve insan hareketinin kontitatif analizi için yaygın bir şekilde kuvvetler bir veri girişi olarak kullanılır (Nawocznski ve Neumann, 2002).

Kuvvet için bilimsel literatürde yıllardır birçok tanımlama kullanılır. Steindler (1935) kuvveti, “gücün maksimal açığa vurulması” olarak tanımlarken; Müller (1970) ise “tek bir kasılma ile hareketsiz bir dirence karşı kullanılabilen maksimal güç” olarak tanımlar. Bu tanımlama, tüm kuvvetin maksimal izometrik bir efor olduğunu gösterir. Fakat birçok spor bilimcisi bu tanımlamaya karşı çıkarak güç üretiminin hareket hızı ve dayanıklılıkta önemli olduğunu vurgular. Böylece maksimal izometrik bir kasılmanın olduğu kuvvet tanımlaması, tüm şartlarda kuvvetin tanımlaması için yeterli değildir (Manilal, 2006). Atha (1981) kuvveti, “sınırsız süredeki tek bir kasılmadaki sert bir dirence karşı güç geliştirme yeteneği” olarak tanımlamıştır. Hollmann ve Hettinger (1976’dan aktaran: Gündüz, 1997: 266) ise sporcuların kondisyon düzeyi bakımından kuvveti, “kasın bir dirence karşı kasılması ya da bu dirence karşı istenilen kasılma ölçüsünün korunmasını gösteren bedensel bir yetenek” olarak ifade etmişlerdir. Genel bir tanım yapmak gerekirse kuvvet, “sinir kas sisteminin belirli bir hareket hızında yapılan belli bir hareket örneğini yaratabilen bir kas veya kas grubunun maksimal kuvvet miktarıdır”. Bu tanıma göre kuvvet üretimi sadece kas sistemi ile değil, aynı zamanda sinir sistemi ile de alakalıdır (Stoppani, 2006). Çünkü kuvvet her ne kadar bir dirence veya bir cisme karşı koyabilme yeteneği olarak görülse de ortaya çıkabilmesi için sinir sistemine ve iyi bir sinir - kas koordinasyonuna ihtiyaç duyulur. Bu nedenle, kuvvet; kasın kasılma ve gevşemesi sonunda meydana gelen ve kas liflerine gelen sinir uyarılar ile doğrudan ilişkili olan bir yetenektir (Taşkırın, 2003).

Kuvvet yeteneğinde vücut bir dirence karşı kuvvet uygulamaktadır ve bu direnç sportif aktiviteler esnasında değişebilir. Örneğin koşarken karşı konulması gereken direnç, kendi vücut ağırlığıdır. Yüzme sporu ile uğraşan bir sporcu, suya karşı bir direnç uygular. Gülle atıcısı ise direnç olarak güllere karşı bir kuvvet uygulamalıdır (Wiggins-James vd., 2005). Yani karşı konulan direnç, vücut ağırlığı ile sağlandığı gibi bacakların kuvvetlendirilmesi için uygulanan sıçrama hareketlerini, rüzgara karşı koşuları, tepe koşularını, değişik ağırlıklarla yapılan kol - bacak fırlatmalarını ve kaldırılan ağırlıkları içerir (Açıkada ve Ergen, 1990).

Kuvvet, vücut ağırlığına göre absolut (mutlak) ve relatif (bağıl) kuvvet olarak ikiye ayrılır. Absolut kuvvet, maksimal bir dirence karşı kasların maksimal aktivitesi olarak ifade edilirken; relatif kuvvet ise mutlak kuvvetin vücut ağırlığına bölünerek elde edildiği değerdir. Sporcuların kendi vücut ağırlığının üstesinden gelmesini gerektiren uzun ve yüksek atlama ile sprint yarışmaları gibi vücut ağırlığı sınıflandırması olan sporlar genellikle relatif kuvvete bağlıdır. Ayrıca dövüş sanatlarındaki mücadele şekilleri, artistik buz pateni ve jimnastik gibi

estetik ihtiyaçlara sahip sporlar, çoğunlukla vücut ağırlığında önemli bir artma olmaksızın kuvvet gelişimine bağlıdır (Manilal, 2006; Ratamess, 2012).

Fizyolojik yaklaşımla, yani kas çalışma biçimlerine göre ise kuvvet, dinamik ve statik olarak ikiye ayrılır. Dinamik kuvvet, aktif olarak bir direnci yenen kas boyunda kısılma ya da direncin kas kuvvetinden büyük olması halinde kas boyunda uzamanın olduğu çalışma biçiminde elde edilen kuvvettir. Ayrıca iki kas çalışmasının birlikte yapıldığı hareketlerdeki kuvvet türü de dinamik kuvvet olarak adlandırılır. Bir direnç karşısında kuvvetin durumunu koruduğu çalışma biçimi, statik kuvvet olarak adlandırılır. Bir direnç yenmenin söz konusu olduğu çalışma türleri, sportif hareket uygulamalarındaki en yaygın olan türdür. Vücudun kendi ağırlığının, bir ağırlığın ya da sürtünme dirençlerinin yenilmesi bu tür kuvvet sayesinde olur (Muratlı vd., 2005).

2. 1. 5. 1. Kuvvet Türleri

Bir dirence karşı koyabilme yeteneği olarak tanımlanan kuvvet, çoğu zaman bir spor branşında başarılı olmanın temel öğelerinden birini meydana getirir. Her spor dalının farklı özelliğe sahip olmasından dolayı kuvvete olan gereksinim değişir. Halter sporu kuvvete en fazla gereksinim duyulan sporlardan birisi olurken, dayanıklılığın en önemli olduğu maraton koşusu ise en az ihtiyaç duyulan sporlardan biridir (Açıkada ve Ergen, 1990). Bu tür farklı yapılardan dolayı antrenman sürecinde motorsal kuvvet çeşitlerinin dikkate alınması gerekir. Kuvvet temel formları olarak maksimal kuvvet, çabuk kuvvet ve kuvvette devamlılık olarak üçe ayrılır (Taşkiran, 2003).

2. 1. 5. 1. 1. Maksimal Kuvvet

Herhangi bir zaman sınırlaması olmaksızın (Newton ve Dugan, 2002) maksimal bir kasılma anında sinir - kas sistemi tarafından bir kas ya da kas grubunda üretilen en yüksek kuvvet değeri olarak tanımlanan maksimal kuvvet (Manilal, 2006), bir tekrarlı maksimal (1 TM) ya da maksimalin %100'ü olarak ifade edilir ve sporcunun bir seferde kaldırabildiği en yüksek ağırlığı belirtir (Bompa vd., 2012). Literatürde, maksimal kuvvetin sub-maksimal bir yüke karşı yapılan iş esnasında bile güç verimini belirleyen önemli faktörlerden biri olduğu ileri sürülür (Moss vd., 1997; Baker ve Nance, 1999; Stone vd. 2003; Newton ve Kraemer, 1994). Büyük bir dirence karşı koyabilme, gülle atma, halterde yüksek ağırlıkları kaldırma, çekiç atma ve cirit atma gibi sportif oyunlarda maksimal kuvvet oldukça önem kazanmıştır. Bu tür sporlardaki büyük bir direncin yenilmesi ya da kontrol edilmesi için bu tür kuvvete gereksinim vardır (Taşkiran, 2003).

Sporda karşı konulması gereken kuvvet azaldıkça, maksimal kuvvet gereksinimi de azalır. Maksimal kuvvet, sprintlerde ve büyük sıçrama yeteneği gerektiren spor dallarında sürat ile birleştirildiği gibi kürek sporunda olduğu gibi dayanıklılık ile de birleştirilebilir. Bazı spor dallarında sporcunun kuvveti ve kilosu arasındaki ilişkiye bakılmaz. Kişinin ağırlığı ne olursa olsun önemli olan maksimal kuvvet değeridir. Fakat bazı spor dallarında ise kişinin kuvvetli olması ile birlikte kilosu da önemlidir. Bu gibi spor dallarında önemli olan verili bir kiloda maksimal kuvvetin sağlanmasıdır. Sprinter, judocu veya bir uzun atlayıcı için önemli olan mevcut kilolarında daha büyük maksimal kuvvet elde etmeleridir. Burada, maksimal kuvvetin vücut ağırlığına olan oranı relatif (bağıl) kuvvet kavramını verir. 100 kg ağırlığındaki halterci 200 kg squat hareketi yapabilirken, 70 kg ağırlığında ve 150 kg squat yapabilen bir yükseğe göre relatif kuvveti daha azdır (halterci: $200 / 100 = 2$ kg; yükseği: $150 / 70 = 2.14$ kg). Özellikle vücut ağırlığına büyük ivmelenme verilmesini gerektiren spor dallarında relatif kuvvet başarısının belirgenidir (Açıkada ve Ergen, 1990).

Kuvvetin üretilmesinde sinir - kas sisteminin yüksek düzeylerde işbirliği beklenirken, yapılan spor yüksek ağırlık gerektirmiyorsa maksimal kuvvete gerek yoktur demek doğru değildir. Bu nedenle, diğer spor dallarında da önce maksimal kuvvetin geliştirilmesi istenir. Bu kuvvet türünün geliştirilmesi ile diğer kuvvet türleri de teknikle bağlantılı olarak antrene edilir. Futbolda savunma yaparken, rakip oyuncuları marke ederken veya savunmadan hızlı hücum çıkarken gerekli olan ilk kuvvet türü daima maksimal kuvvettir. Yani diğer kuvvet türlerinin başarılı bir şekilde uygulanması için maksimal kuvvet temelini oluşturulması gerekir. Bazı kaynaklarda maksimal kuvvet, temel kuvvet ya da birim kuvvet ismi ile de anılır. Fakat bu terimler arasında en çok kullanılan maksimal kuvvettir. Maksimal kuvvet konusunda bazı fizyolojik ilkeler önemlidir. Kaslardaki motor üniteler aslında inaktif formda olmalarına rağmen, kasların enine kesit büyüklüğüne bağlı olan ve mutlak kuvvet denilen birer kuvvet rezervi olarak bulunur. Kas liflerinin çapı ne kadar büyükse, oluşacak kuvvetin büyüklüğü de o kadar fazla olacaktır. Yani insan organizmasında potansiyel kuvvetle ortaya konan maksimal kuvvet arasında bir kuvvet açığı bulunur ve antrenman biliminde bu kuvvet açığı terimi, mutlak kuvvet ve maksimal kuvvet arasındaki fark olarak açıklanır. Bu açığın büyüklüğü kuvvet antrenmanının içeriğini etkiler. Kuvvet açığının az olması, mutlak kuvveti etkileyecek ve maksimal kuvvetin daha da gelişmesini sağlayacaktır. Bu nedenle, kuvvet açığının yüksek olmasını engellemek için maksimal kuvvet antrenmanları yapılması gerekir (Taşkiran, 2003).

2. 1. 5. 1. 2. Çabuk Kuvvet

Çabuk kuvvet, sinir - kas sisteminin yüksek bir hızda kasılması ile (Dündar, 2000) bir dirence karşı en kısa sürede bir defada mümkün olabilen en yüksek kuvvet derecesine sahip olma yeteneğidir. Atletizmdeki koşular ve özellikle de sprint koşularındaki start anında, atma ve atlamalarda önem taşır. Ayrıca sportif oyunlardaki çeşitli vurma, itme, fırlatma ve atış gibi motorik becerilerin yaratılması ve uygulanmasında ihtiyaç duyulan önemli bir kuvvet türüdür. Hemen hemen her spor dalında gerekli olan çabuk kuvvet, maksimal kuvvet ve kuvvette devamlılık arasında bir motorsal özelliktir (Taşkiran, 2003). Sinir - kas sistemi, bir yüklemeyi refleksler ve kasın elastik yapısı yardımıyla kabul eder ve hızlı bir şekilde cevap verir. Bu nedenle, kasılma hızı ve kasılma kuvveti arasında belirgin bir farklılık vardır. Bu iki özelliğin birlikte ortaya çıkması ile kuvvetin farklı bir özelliği meydana gelir (Dick, 1980'den aktaran: Açıkkada ve Ergen, 1990: 101). Bazı teknik becerilerin mükemmel, kısa sürede ve büyük bir hızla yapılabilmesinde rol oynayan çabuk kuvvetin oluşmasında ve kullanılabilmesinde sürat önem kazanır. Doğal olarak, bu da kasılmakta olan kasların içerdiği lif yapısı ve oranı ile ilişkilidir. Bu oranın çabuk kuvvet lehine olması ve kısa bir sürede yüksek güce ulaşılması, patlayıcı kuvvet olarak isimlendirilir. Diğer kuvvet türlerine göre çabuk kuvvet, iyi düzeyde koordinasyona ihtiyaç duyar. Çünkü bir kas veya kas grubunun kasılması ile yüksek oranda kuvvet değerlerine en kısa süre içinde ulaşabilmek için koordinatif yetenekler ön plandadır (Taşkiran, 2003).

Çabuk kuvvet; başlama kuvveti, elastik (reaktif) kuvvet ve patlayıcı kuvvet olarak üç başlık altında toplanabilir (Verkhoshansky, 2006). Başlama kuvveti, bir hareketin başlangıç evresi anında kuvvette etkili bir artış üretebilme yeteneği olarak tanımlanır. Bu kuvvet türü halter, boks, dövüş sporları ve hızlı bir şekilde kuvvetin meydana getirilmesini gerektiren futboldaki hücum hattı için çok önemlidir (Stoppani, 2006). Elastik kuvvet, eşit kuvvetteki ardışık bir kasılma için kası hızlı şekilde hazırlama ve bir direncin üstesinden hızlı şekilde gelme yeteneğidir. Yani kasın eksantrik kasılmanın hemen peşine konsantrik bir kasılmayla kısa sürede uyguladığı yüksek miktardaki kuvvet olarak ifade edilir. Yüksek seviyede elastik kuvvet gerektiren sporları yapan sporculara sprinterler, jimnastikçiler ve üç adım atlayıcıları örnek olarak verilebilir (Wiggins-James vd., 2005). Patlayıcı kuvvet ise sporcunun çok kısa sürede yüksek miktarda bir kuvvet üretebilme yeteneğidir (Manilal, 2006). Birçok sporda ya da yarışmada, sporcunun dinamik bir hareket içinde hızlı bir şekilde kuvvet üretebilme yeteneği son derecede önemlidir. Bu yüzden, patlayıcı bacak kuvvetinin sportif performans için sınırlayıcı bir faktör olduğu görülür (Radcliffe ve Farentinos, 1999). Çünkü çoğu spordaki başarı çoğunlukla sporcunun patlayıcı bacak gücüne ve kas kuvvetine bağlıdır. Sıçrama, atma, atletizm ve diğer aktivitelerde sporcuların mümkün olduğu kadar zor kullanarak ve

hızlı bir şekilde kuvvet kullanabilmeleri gerekir. Bu nedenle, patlayıcı sporlar olarak bilinen birçok atletizm yarışmasındaki performanslar genelde bu kuvvet bileşeni ile belirlenir (Yessin ve Hatfield, 2007).

2. 1. 5. 1. 3. Kuvvette Devamlılık

Kuvvet ve dayanıklılığın karışımı olan kuvvette devamlılık, sinir kas sisteminin uzun süreli bir kuvvet performansında yorgunluğa direnç göstererek belirli bir zaman süresinde mümkün olan en büyük performansı meydana getirme yeteneği ya da uzun süreli kuvvet altında bütün organizmaların yorgunluğa dayanabilme kapasitesidir. Yani birkaç dakikalık devamlı aktivitenin olduğu periyotlarda, yüksek kuvvet üretimini sürdürebilme yeteneği ya da uzun süreli tek bir kasılma veya tekrarlanan birkaç kasılması üzerine maksimal kuvveti sürdürebilme yeteneğidir (Manilal, 2006). Orta ve yüksek yoğunlukta çalışmanın yapıldığı 60 saniye ile 8 dakika arasındaki aktivitelerde önemli bir uygunluk bileşeni olan kuvvette devamlılık için yarışma esnasında hem alt vücut hem de üst vücut kaslarının tekrarlanarak çalışmasını gerektiren bisiklet, yüzme ve kürek branşı en güzel örneklerdir (Wiggins-James vd., 2005). Ayrıca kros, orta mesafe koşularının bir kısmı, hentbol, basketbol ve benzeri oyunlar gibi sportif etkinliklerdeki performans için de önemlidir. Yüksek bir seviyede kuvvet uygulanması ile kuvvetin her türlü engel ve zorluğa rağmen uygulanmasının olanaklı olduğu bir yetenektir. En belirgin göstergelerinden biri, maksimal sayıda yapılan şınav hareketidir. Bu harekette, vücut ağırlığı ile yaratılan dirence uzun bir süre karşı konulur. Karın ya da sırt mekiği hareketleri de maksimal sayıda yapıldığında bölgesel olarak kuvvette devamlılığın gelişmesinde etkili olur (Harre, 1982'den aktaran: Açıkada ve Ergen, 1990: 101). Kuvvette devamlılık, bireyin 1TM'nin belirli bir yüzdesinde yaptığı maksimal tekrar sayısı ile belirlenir (Stoppani, 2006). Yüksek bir seviyede kassal dayanıklılığa sahip sporcular hem FT (tip IIa) hem de ST (tip 1) kas liflerine sahip olacak, yüksek seviyedeki laktik aside dayanabilecek ve yorgunluğu önleyebilecektir (Wiggins-James vd., 2005). Bu motorik özellikten beklenen en önemli sonuç, bir maçın başından sonuna kadar bütün teknik - taktik hareketlerin en iyi şekilde uygulanmasıdır (Taşkiran, 2003).

2. 1. 5. 2. Kas Kuvvetini Etkileyen Biyolojik, Sinirsel ve Yapısal Faktörler

2. 1. 5. 2. 1. Yaş

Hettinger'e göre 11 yaşından, Martin'e göre 10 yaşından itibaren cinsiyet farklılıklarının görülmeye başlamasıyla hızlanan kuvvet gelişimi, 13-14 yaşlarında büyük gelişim oranına

ulaşır. Ancak birçok araştırmacı, 10 yaşına kadar da kuvvet gelişiminin olduğunu belirtirken; yinede 10 yaş öncesi dönemde, kas kütlelerinde artış olmadığı belirtilir. Kuvvet, yaşla birlikte boy, kilo, iskelet sistemindeki kaldıraçların oranında ve bütün vücudun kas kütlelerindeki artışa bağlı olarak artar (Muratlı, 2007). Uygun ve etkili bir kuvvet antrenman programının sonucunda, insanlar her yaşta kas büyüklüklerini artırarak kuvvet özelliklerini geliştirebilir. Fakat kuvvet ve kas artış oranı, hızlı büyüme ve gelişme yıllarında daha fazladır. Bir bireyin normal fiziksel olgunluğa ulaştıktan sonra kassal gelişimi genellikle hızlı büyüme ve gelişme evresi yıllarındaki kadar hızlı meydana gelmez (Manilal, 2006).

Kuvvet değerleri genellikle 20-30 yaşları arasında en yüksek seviyeye ulaşırken, bu yaştan sonra ise yavaşça azalmaya başlar. Kuvvet ve güçteki bu azalma, kas kütlelerindeki azalma ile gerçekleştiği için yaşamın 60. yılında kadın ve erkeklerin her ikisinde de daha etkili bir azalma oluşur ve bu azalma da kas doku kütlelerindeki absolut başlama noktası erkeklere göre düşük olduğu için kadınlarda daha fazla görülür (Fleck ve Kraemer, 2004). 60 yaş üstü erkeklerde yapılan çalışmalarda, bu azalmanın her yıl yaklaşık % 2.5 olduğu rapor edilmiştir (Frontera vd., 1988; 2000). İzometrik kuvvetteki azalmanın ise her 10 yıllık dönemde, hem yaşlı erkeklerin hem de yaşlı kadınların diz fleksör kas kuvvetleri için sıraya göre yaklaşık % 14 ve % 16; dirsek ekstansör ve fleksör kas kuvvetinde kadınlarda % 2, erkeklerde % 12 olduğu bulunmuştur (Hughes vd., 2001). Hem erkeklerin hem de kadınların alt ekstremitelerindeki kuvvet azalması, üst ekstremitelerdeki azalmaya göre daha fazladır. Kas kuvvetindeki bu azalma, 70 yaşından sonra daha etkili şekilde gerçekleşir. Kopenhag sağlık merkezinde barınan 80 yaşındaki sağlıklı erkek ve kadınlardan oluşan bir grubun diz ekstansör kuvveti, 70 yaşındaki erkek ve kadınların diz ekstansör kuvvetinden % 30 daha düşük olduğu rapor edilmiştir (Fleck ve Kreamer, 2004).

Uzun bir süre kuvvet antrenmanı yapmak, bireyin mutlak kuvvet özelliklerini geliştirir. Yapılan çalışmalarda kuvvet antrenmanı yapan yaşlı sporcuların yaşlanmaya rağmen kas kütlelerini sürdürebildikleri, fakat dayanıklılık antrenmanı yapanların sürdüremedikleri elde edilmiştir. Klitgaard ve diğerleri (1990) tarafından yapılan bir çalışmada, 12-17 yıl boyunca haftada üç kez ağır kuvvet antrenmanları yapan yaşlı bireylerin (68 yaş), sedanter kontrol grubuna (28 yaş) benzer bir kas lif boyutuna sahip oldukları belirtilmiştir. Trappe, Costill, Vukovich, Jones ve Melham (1996) ise 20-25 yıl yüksek seviyede antrenman yapan yaşlı mesafe koşucularının (68 yaş), aynı yaşlardaki sedanter erkeklere benzer bir kas kesit alanı bölgesine sahip olduklarını elde etmişlerdir.

2. 1. 5. 2. 2. Cinsiyet

Cinsiyet, kasların niteliğini etkilemez ama miktarını etkiler. Erkek ve bayanlardaki kas dokularının karakteristik olarak aynı olmasına rağmen, kas büyüklüğünün erkek hormonu testosteronun varlığından dolayı artması ile erkekler genellikle kadınlardan daha fazla kas kütlesine sahiptir ve dolayısıyla da kadınlardan daha kuvvetlidir. Puberte döneminden önce erkek ve kızlar arasındaki kuvvet yeteneğinde çok az bir farklılık vardır ama kadına göre yetişkin erkek belirli bir avantaja sahiptir. Yani kadınlar genellikle daha az gelişmiş kaslara sahiptir ve ortalama kuvvetleri erkeklerin kuvvet değerinin yaklaşık % 67'sine karşılık gelir. Fakat % 67 olan bu oran, çeşitli kas gruplarından alınan ortalama bir değerdir ve bu aralık erkeklerin ortalama kuvvetinin % 35-85'i arasındadır. Bu durum çoğunlukla erkek cinsiyet hormonu testosteronun bir sonucu olarak gelişen erkeklerin daha büyük kas kütlesine sahip olmasından kaynaklanır (Manilal, 2006).

Kuvvetin önemli bir faktör olduğu yarışmalarda, antrenmanlar yoluyla kadın sporcular kuvvetlerini artırabilir ve çok fazla kas kütlesi olmadan yüksek kuvvet seviyeleri meydana getirebilirler. Erkek ve kadın arasındaki kas aksiyonu türünde belirgin farklılık olmamasına rağmen, erkeklerin daha büyük kas kütlesine sahip olması kuvvet yarışmalarında kadınlara göre daha iyi bir performans göstermelerine neden olur. Erkekler ile kıyaslandığında, hem daha yüksek bir yağ içeriği hem de daha az kas kütlesi olmasından dolayı kadınlar daha düşük bir kuvvet / kütle oranına sahiptir. Alt ekstremiteler için ise hem erkeklerin hem de kadınların günlük aktiviteler sırasında alt ekstremitelerini kullanmalarından dolayı kadınların ortalama kuvveti erkekler ile kıyaslanabilir. Fakat genel olarak kadınlara göre erkekler üst ekstremitelerini daha fazla kullanır. Ayrıca antrenmanlı kadın sporcular birçok antrenmansız erkeğe göre daha kuvvetlidir (Manilal, 2006).

2. 1. 5. 2. 3. Vücut Hacmi

Sporcunun vücut hacmi, vücut kütlesine ilişkin yüksek bir kuvvete karşı yüksek bir mutlak kuvvet elde etme potansiyelini etkiler (kuvvet - vücut kütlesi oranı). Absolut üniteler içinde ifade edilen maksimal kuvvet ve vücut hacmi arasında yüksek korelasyon varken, vücut hacmi ve kuvvet / kütle oranı arasında ise negatif bir korelasyon vardır. Bu yüzden, daha iri sporcular daha yüksek kuvvet - kütle oranlarına sahip olmaya eğilimlidir. Yani gülle ve çekiç atma gibi yüksek absolut kuvvet gerektiren sporlarda iri sporcular; jimnastik gibi yüksek relatif kuvvet gerektiren sporlarda ise yapı bakımından daha ufak sporcular baskındır (Sale ve Norman, 1982). Yani herşey eşit olunca ve daha ufak sporcular aralarındaki ağırlık farkına bakılmadan karşılaştırıldığında, iri sporculara göre daha kuvvetlidir. Çünkü bir kasın

maksimal kasılabilme gücü, linear vücut çaplarının karesi ile (ikinci güç) ilişkili kasın enine kesit alanıyla; bir kasın kütlesi de linear vücut çaplarının küpü (üçüncü güç) ile ilişkili kas hacmiyle oldukça orantılıdır. Bu yüzden, vücut hacmi arttıkça kas kütlesindeki artışa göre vücut kütlesi daha hızlı artar. Vücut oranları sabit tutulursa, daha ufak sporcu daha yüksek kuvvet - kütle oranına sahiptir. Kilo sınıflandırması olan sporlarda, kuvvet - kütle oranı son derece önemlidir. Bütün yarışmacılar aynı vücut kütlesine sahip ise en kuvvetli sporcu bir avantaja sahiptir (Harman, 2008).

2. 1. 5. 2. 4. Kaslar Arası Koordinasyon

Kaslararası koordinasyon, hareketin amacına göre bir hareketle alakalı bütün kasların tamamen işbirliği içinde çalışma yeteneğidir. Bu işbirliği için kasların agonist ve antagonist uyumu çok önemli bir rol oynar. Çünkü her bir egzersiz için farklı kas gruplarının kompleks bir koordinasyonu gereklidir (Manilal, 2006). Bir eklemden aynı yönde yapılan bir hareketi gerçekleştiren kas grubuna agonist kaslar denilirken; bu kaslara zıt olarak çalışan kaslara da antagonist kaslar denir. Kaslararası koordinasyon gücünün artması, bir sporsal harekete katılan kas grupları işbirliğinin gelişmesini açıklar ve bu gelişme ile de kaslar daha etkin ve ekonomik çalışır (Muratlı vd., 2005). Hemen hemen yapılan her harekette, kasların agonist ve antagonist çalışmaları mevcuttur. Kasların bu şekilde uyumlu olarak çalışabilmesinde teknik düzey de çok önemlidir. Biceps brachii kasının kasılmasında kol, dirsek ekleminde fleksiyon yaparken; kolun arka tarafındaki triceps brachii kası gerilmiş haldedir. Buradaki kasılmada biceps fleksiyon yaptırırken, triceps ise antagonist olarak germe durumundadır (Taşkiran, 2003). Buna göre kuvvet gereksinimi olan fiziksel bir aktivitede, harekette yer alan kaslar arasında yeterli bir koordinasyon olmalıdır ve belirli bir ardışıklık içinde bu kaslar kasılmalıdır. Örnek vermek gerekirse, halter branşında silkme tekniği yapılırken hareketin başlangıcında trapezius kası gevşekken, kaldırış esnasında bu kas aktif olur. Bazı sporcular kaldırış başlangıcından itibaren trapezius kaslarını kasar ve koordinasyondaki bu eksiklik kaldırış esnasında teknik yapının değişimine neden olarak etkisiz performans ortaya çıkarır. Böyle bir durumda yetersiz kaslar arası koordinasyon, sporcunun gerçek performansından daha düşük performans sergilemesine neden olur (Ziyağil vd., 1994).

2. 1. 5. 2. 5. Kas İçi Koordinasyon

Kas içi koordinasyon, merkezi sinir sisteminin iskelet kasları ile birlikte çalışması ve etkin olmasıdır. Değişik motor ünite (MÜ) uyarılma eşiklerinin farklı olmasından dolayı bu uyumun sağlanabilmesi için kastaki motor ünitelerin büyüklüğü önemlidir. Zayıf uyarılarda

kolayca uyarılabilen motor üniteler devreye girer ve böylece bütün kasların basamaklamalı olarak kasılması mümkündür. Farklı hızdaki koşullarda yalnız koşu tekniği değişmez, aynı zamanda katılan kasların aktivitesi de değişir (Muratlı vd., 2005). Kol curl hareketi yapan bir bireyin biceps brachii kası 25 kg'lık maksimal kuvvet üretirken, aynı kas elektriksel bir uyarı ile uyarılınca kasın maksimal kuvvet kapasitesinde 10 kg'lık bir artış elde edilmiştir (Ziyagil vd., 1994). Yani kasın, maksimal istemli bir kasılmada bütün kas liflerini devreye sokmadığı anlaşılır (Cihan, 2002). İskelet kasındaki kasılmayı tetikleyen yapısal bir birim olan MÜ, birçok kas fibrilini içerir (Knudson, 2003). Fakat MÜ başına düşen kas liflerinin sayısı, kasın işlevi ile orantılı olarak değişebilir. Bir motor ünite içindeki kas lifleri tamamen bitişik değildir ama küçük parçalar halinde yayılmış durumdadır. Bu nedenle, bir MÜ aktive olunca bütün kas aktive olacakmış gibi görünür ama MÜ liflerinin hepsi bitişik olsaydı sadece kasın segmenti ya da bir bölümü aktive olarak görülecektir. Kas liflerinin bu özelliği kasın bir parça olarak değil bütün olarak kasılmasını sağlar (Fleck ve Kraemer, 2004).

Bir kas lifinin kasılması için omirilikten (spinal cord) impulslar taşıyan bir motor sinir tarafından uyarılması gerekir (Manilal, 2006). Bunun için de hep ya da hiç kuralı geçerlidir. Yani bir motor ünite için aktivasyon eşik seviyesine ulaşıldığında, MÜ'deki kas liflerinin hepsi kasılmaya aktif hale gelir ama aktivasyon eşik değerine ulaşılmazsa, bir MÜ içindeki liflerin hiçbiri aktif hale gelmez. Bir kasta daha fazla MÜ uyarılırsa, daha büyük miktarda kuvvet gelişir. Diğer bir ifadeyle, bir MÜ aktif hale gelirse çok düşük; birkaç MÜ aktif hale gelirse daha fazla kuvvet meydana gelir ama bir kastaki motor ünitelerin hepsi aktif hale gelirse kaslar tarafından maksimal kuvvet üretilir (Fleck ve Kraemer, 2004).

Bir kasta farklı MÜ'lerin aktif hale gelmesine katılım denir. Fizyolojik çalışmalarda motor ünitelerin üç katılım özelliği olduğu belirtilmiştir. İlk olarak MÜ'ler toplu veya çalışma grupları halinde organize olma eğilimindedir. İkincisi, MÜ'ler eş zamanlı olmayan katılıma eğilimlidir. Katılımın üçüncü ve son organizasyonel ilkesi ise düzenli katılım veya büyüklük ilkesidir (Knudson, 2003). Yani istemli bir kasılma büyüklük ilkesi olarak tanımlanan, artan büyüklük sırasına göre katılan birçok MÜ aktivasyonunu içerir. Aynı kasılma birkaç kez gerçekleştirildiğinde, MÜ'ler sabit bir sırada aktive olurlar. Bu düzenli katılım olarak bilinir (Enoka, 2002). MÜ katılımı, motor nöronların büyüklüğü ile kontrol edilen düzenli bir katılım örneği gibi bir kural izler. İlk olarak Henneman ve arkadaşları (1965) tarafından keşfedilmiş ve sinir sistemi biyolojisinde motor ünite büyüklük ilkesinin en güvenilir ilkelerden biri olarak düşünülmüştür. Büyüklük ilkesine göre bir kas tarafından sadece küçük bir kuvvet miktarı gerektiğinde düşük lif sayısını içeren düşük eşikteki MÜ'ler, küçük kas lifleri veya ST lifleri uyarılır. Daha fazla kuvvet gerektiğinde ise daha fazla kas liflerini içeren yüksek eşikteki MÜ'ler, büyük kas lifleri veya FT kas lifleri uyarılır (Manilal, 2006). Bir motor sinir olarak

tanımlanan bir MÜ, α_1 ve α_2 olarak iki alt kategoriye bölünen alpha (α) motor nöronları ile sinir sistemine bağlanır. Bu nedenle, bir kas lifinin kasılma hızı genellikle onu sinir sistemine innerve eder motor sinire bağlıdır. En büyük sinir olan α_1 motor nöronları FT, en küçük sinir olan α_2 motor nöronları ise ST liflerini sinir sistemine innerve eder (Plowman ve Smith, 2008).

Büyük bir MÜ katılımından beyin tarafından daha hızlı bir ileti ve daha hızlı bir gerim oluşturulurken, küçük bir MÜ katılımı ise daha yavaş bir sinir ileti hızı ve aşamalı bir gerim oluşturur. Motor ünite büyüklükleri her kas için farklıdır. Genellikle az güç gerektiren ince işler yapan kasları uyaran MÜ boyutları küçük; güç gerektiren ve kaba hareketleri yapan kaslarda ise MÜ boyutları büyüktür. Bu nedenle büyüklük ilkesi, MÜ'lerin küçükten büyüğe doğru aşamalı katılımını ifade eder (Knudson, 2003). Yani ilk önce ST, daha sonra FT lifleri katılır ve uyarılır. Bu nedenle, tamamen hızlı kasılan motor ünite aktivasyonu zordur (Fleck ve Kraemer, 2004). Çoğu istemli günlük aktivitelerde ilk olarak yavaş motor üniteler (tip I) aktif hale gelirken, güç veriminin artması ile gitgide hızlı üniteler (tip IIa) etkinleşir. Statik bir maksimal istemli kasılma esnasında antrenmanlı bireyler, büyük bir uzuv kasındaki motor ünitelerin hepsi olması bile çoğunu aktif hale getirebilir. Fakat bu olay antrenmansız bireyler için mümkün değildir. Hızlı düzeltici hareketler ve reflekslerde tercihen en hızlı (tip IIb) motor üniteler aktif hale getirilir. Patlayıcı maksimal kasılmalarda ise FT ve ST motor ünitelerin eş zamanlı aktif hale geldiği düşünülür (Billeter ve Hoppeler, 2003).

2. 1. 5. 2. 6. Kasın Kesit Alanı

Bir bireyin maksimal güç verimi yeteneği, her cross-sectional alanın aktin ve miyozin konsantrasyonu sabit olmasından dolayı çoğunlukla kasın kesit alanına bağlıdır. Bu yüzden hipertrofinin kuvvet ve güç gelişimine katkı sağlayan faktörlerden biri olduğu kabul edilir. Bir kasın kesit alanı, paralel uzanan sarkomerlerin sayısı ile ilişkilidir. Bu sayı, kasların kuvvet geliştirme yeteneğini etkilediği için daha büyük bir kesit alanı ve daha büyük kuvvet üretimi sağlar. Yani bir kasın hipertrofisi, kuvvet kapasitesini artırır (Moir, 2012). Bir başka ifadeyle, kas kuvveti öncelikli kasın fonksiyonel kesit alanıyla belirlenir ve geniş kas kitlesine sahip olan daha iri sporcular, daha yüksek bir mutlak kas kuvvetine sahip olmaya eğilimlidir. Dış bir nesne hareket ettirildiğinde, absolut kuvvet daha önemlidir ama vücudun kendisi hareket ettirildiğinde ise kuvvet - kütle oranı daha iyi bir performans göstergesidir. Bu durum, yüksek absolut kuvvet gerektiren sporlarda niçin kilolu sporcuların baskın olduğunu açıklar (Manilal, 2006).

Farklı boy uzunluğunda ama benzer vücut yağ yüzdesindeki iki sporcu aynı biceps çevresine sahipse, sporcuların üst kol kası kesit alanı yaklaşık aynıdır. Uzun ve bu yüzden daha kilolu olan sporcunun uzun kası daha büyük kas hacmine neden olmasına rağmen, iki sporcunun biceps kuvveti yaklaşık aynı olmalıdır. Aynı kuvvet ama daha fazla kiloya sahip olan uzun sporcu, kendi vücudunu daha az hızlandırma ve kaldırma yeteneğine sahiptir. Bu durum, çoğu elit jimnastik sporcusunun niye çok uzun olmadığını açıklar. Temel olarak bir kasın fonksiyonel kesit alanı öncelikle kas kütlesinin ortalama lif uzunluğuna bölünmesi ile belirlenir. Örneğin, aynı kütle ama farklı lif uzunluğuna sahip olan iki kas farklı kuvvet değerine sahip olacaktır. Yani kısa life sahip olan kas, daha geniş kesit alanı ve daha fazla kuvvet değerine sahiptir (Harman, 2008).

16 haftalık bir direnç antrenman programına katılan erkeklerde yapılan bir çalışmada, kasın tabaka kalınlığı ve kuvvetinde paralel artışlar rapor edilmiştir (Kawakami vd., 1995). Yinede kuvvetteki gelişme, daima hipertrofi ile beraber olmaz. İlk birkaç haftalık antrenman diliminde, antrenmansız bireylerdeki kuvvet gelişimi baskın olarak hipertrofi yerine sinirsel faktörlerden dolayıdır (Moritani ve Vries, 1979). Ayrıca yüksek bir antrenman deneyimine sahip olunan yıllar sonra bile hipertrofinin derecesi, belirli antrenman sistemlerine bağlıdır. Hakkinen, Alen ve Komi (1985) tarafından yapılan bir çalışmada, 24 haftalık bir antrenman müdahalesinin yüksek bir antrenman yoğunluğu evresinde hipertrofinin olmadığı ama düşük bir antrenman yoğunluğu evresi esnasında ise hipertrofinin farkedildiğini rapor etmişlerdir.

2. 1. 5. 2. 7. Kas Lif Tipi

İnsan iskelet kası, uyarı ile kas kasılmasının şekli ve hızının özelliklerine temellenerek sınıflandırılır (Fleck ve Kraemer, 2004) ve bu özellikler bakımından farklı lifler içerir. Alternatif olarak kas lifleri, miyozin ağır zincir (MAZ) analizleri ya da kas biyopsi ve miyozin ATP_{az} boyama yöntemleri kullanılarak da bölünebilir. Yani kasılabilir özelliklerdeki heterojenlik kısmen MAZ izoformuna bağlıdır. MAZ izoform tipi (iskelet kası içindeki tip I, tip IIa ve tip IIb lifleri), kas fibril tiplerini sınıflandırmak için kullanılır (Baldwin ve Haddad, 2001). Tip I liflerine göre MAZ tip IIb lifleri, daha büyük spesifik gerime (tonus) sahiptir (Stienen vd., 1996). Aagaard ve Andersen (1998) tarafından yapılan bir çalışmada, miyozin tip II yüzdesi ve kas kuvveti arasında pozitif korelasyonlar elde edilmiştir. Fakat tip I lifleri ise daha fazla oksidatif kapasiteye ve bu yüzden de daha fazla dayanıklılık özelliğine sahiptir (Bottinelli ve Reggiani 2000). Yani Baskın ST liflerine sahip bireylerin elit seviyede bir sprinter, baskın FT liflerine sahip bireylerin de elit seviyede bir maraton koşucusu olması beklenmemelidir (Kendrick, 2006).

Yapılan çalışmalarda, antrenmanlı ve antrenmansız denekler arasındaki kas lif tipinin yüzdesi ve alanında anlamlı farklılıklar elde edilmiştir. Fry ve diğerleri (2003a) tarafından yapılan çalışmada, antrenmansız deneklere göre haltercilerin önemli ölçüde daha yüksek tip IIa ve daha düşük tip IIb yüzdeliğine sahip oldukları ama tip I lif yüzdeliği arasında anlamlı farklılığın olmadığı gösterilmiştir. Fry ve diğerleri (2003b) tarafından yapılan diğer çalışmada, antrenmansız deneklere göre ağırlık kaldırıcılarının önemli oranda daha yüksek tip IIa ve IIc yüzdeliği ile birlikte daha düşük tip IIb lif yüzdeliğine sahip oldukları ama tip I, Ic ya da IIab lif yüzdeliği arasında farklılık olmadığı elde edilmiştir. 8 hafta boyunca iki ağırlık antrenman dönemine katılan erkek ve kadınların kas kütlelerinde ise bir değişiklik olmadan kuvvetlerini geliştirdikleri rapor edilmiştir. Bu çalışmadaki en önemli bulgu, kuvvetteki bu gelişmenin tip IIb lifindeki anlamlı azalma ile beraber olmasıdır (Staron vd., 1994).

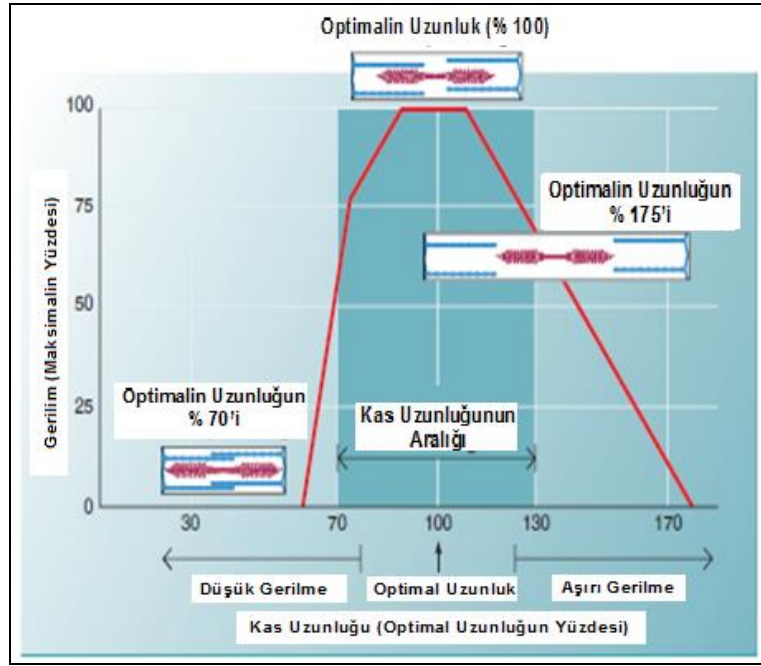
2. 1. 5. 3. Kas Kuvvetini Etkileyen Mekanik Faktörler

İskelet kasındaki mekanik özelliklerin kassal performansı belirlediği ileri sürülmektedir (Herzog, 2000). Yani kasın ortaya çıkardığı kuvvetin büyüklüğü; kasın uyarıldığı zamanki uzunluğu, kasın kasılma hızı ve kasın uyarıldıktan sonra geçen zaman ile ilişkilidir (Muratlı vd., 2005).

2. 1. 5. 3. 1. Sarkomer Uzunluk - Kuvvet İlişkisi

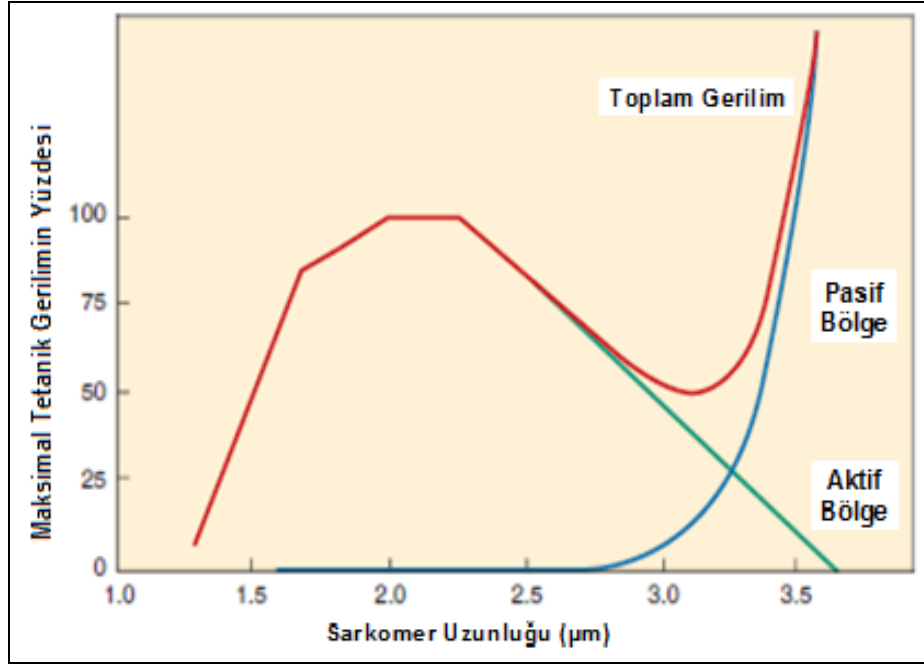
Kuvvet gelişiminde önemli rol oynayan sarkomer - uzunluk ilişkisi (Ratamess, 2012), iskelet kasının önemli bir özelliğidir ve sportif aktivitelerdeki performansı ciddi bir şekilde etkileyebilir (Herzog ve Ait-Haddou, 2003). Yani sarkomer uzunluğu, kasın kuvvet oluşturma yeteneğini etkiler ve bu yüzden de kasın uzunluk - kuvvet ilişkisi, bir kasın uzunluğuna göre kasın kuvvet üretme yeteneğinin nasıl değiştiğini açıklar. Kuvvet - hız ilişkisi gibi farklı kas uzunluklarındaki potansiyel kuvvet değişimi, hareketin nasıl yaratıldığına dair dramatik bir etkiye sahiptir. Kasın ürettiği kuvvet miktarı, aktif ve pasif kaynakların her ikisinden de oluşabildiği için kasın uzunluk - kuvvet grafiği her iki bileşeni de barındırır (Knudson, 2003). Bunun nedeni ise kas uzunluklarında yaratılan kuvvetin, farklı kas uzunluklarındaki aktif ve pasif bileşenlerin özelliklerine bağlı olmasıdır (Baltzopoulos ve Gleeson, 2001). Uzunluk - kuvvet ilişkisinin aktif (kasılabilen) bileşeni, kayan filamentler teorisindeki aktin ve miyozin filamentleri arasındaki çapraz köprü sayısı ile ilişkilidir. Yani aktin, miyozin ile çakışır ve sonra miyozin başları aktine çekilip bağlandığında kuvvet üretilir. Kas, maksimal kuvvete çapraz köprü sayısı en yüksek olduğunda ulaşır (Cerny ve Burton, 2001). Diğer bir deyişle, çapraz köprü bağlantı sayısının artması ile aktin ve miyozin filamentlerinin tüm sarkomer

uzunluğunca çakışmasından dolayı maksimal kuvvete ulaşılır (Nordin ve Frankel, 2001). Bu, kasın optimum dinlenme uzunluğu olarak bilinir ve genellikle de orta düzeydeki hareket genişliğine sahip olan egzersizlerde meydana gelir (Kraemer ve Vinger, 2007). Pasif elastik bileşenler tarafından üretilen kuvvet de kas uzunluğu dinlenik uzunluğundan fazla artınca katlanarak artar (Baltzopoulos ve Gleeson, 2009). Pasif elementlerin dikkate alınmadığı aktif uzunluk - gerilim ilişkisi grafik 1'de gösterilmiştir.



Grafik 1. Aktif sarkomer uzunluk - gerilim ilişkisi (Premkumar, 2004)

Bir kas gerilirse, sarkomerler uzar ve aktin filamentlerine bağlanan çapraz köprüler azalır. Çapraz köprü sayısının az olması ile de aktif kas kuvveti, kasın uzunluğuna göre değişir ve bu durum daha az kuvvete neden olur. Lif uzunlukları optimumdan daha kısa olduğunda, sarkomerin her biri sonundan aktin filamentlerinin çakışmasına neden olarak birbirlerinin aktif yanlarını kapatırlar. Her iki durumda da aktif kuvvet azalır (Bartlett, 2007). İnsan kaslarının uzayabilme ve kısalabilme miktarı, kemiklere bağlantısına göre sınırlanır. Bir kasın ürettiği toplam kuvvet sadece aktif kuvvetin işlevi değildir (Cerny ve Burton 2001) ve bütün bir kas kasılması içinde kasılabilen bileşenlerin yarattığı aktif kuvvete ek olarak elastik bileşenlerin kısalarak neden olduğu pasif gerginlik de göz önüne alınmalıdır. Pasif kuvvet bileşenleri dinlenim uzunluğunda iken, kas uzunluğu artınca artış gösterir. Pasif kas kuvveti, orta hareket genişliğindeki egzersizlerde aktif değildir ama kaslar gerildiğinde veya değişik sınır - kas rahatsızlıklarında egzersize katılım gösterir. Bu yüzden de üretilen toplam kuvvet, aktif ve pasif kuvvetlerin toplamıdır (Knudson, 2003). Grafik 2'de pasif sarkomer uzunluk - gerilim ilişkisi gösterilmiştir.



Grafik 2. Pasif sarkomer uzunluk - gerilim ilişkisi (Ratamess, 2012)

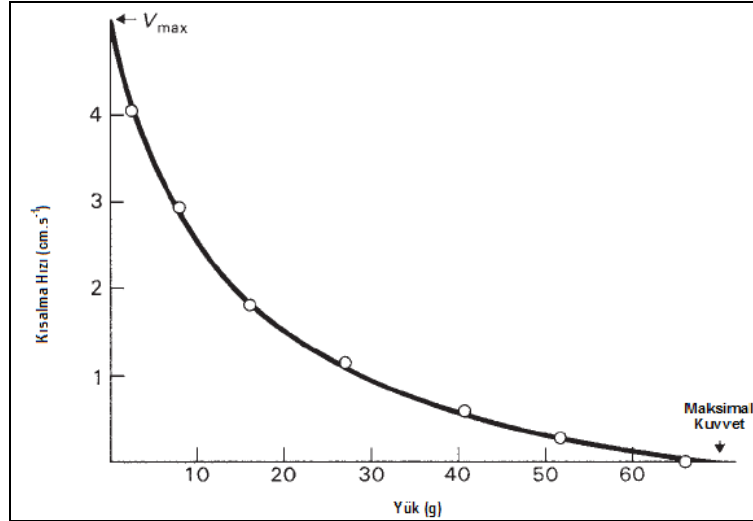
Kuvvet gelişiminden önce kasın başlangıç uzunluğu, kas tarafından üretilen kuvveti belirleyen faktörlerden biridir. Bu kavram, aktin ve miyozin arasındaki çakışmanın miktarı ile ilgilidir. 1.25 µm uzunluğundaki bir sarkomerde, aktin ve miyozin arasındaki sarkomerin herhangi bir kuvvet yaratmadığına dair birçok çalışma vardır. Sarkomer uzunluğu 1.65 µm olduğunda ise % 70-80 maksimal kuvvet yaratılır. Çünkü bu uzunlukta daha fazla aktin ve miyozin çapraz köprüler birbirini etkileyebilir ve kuvvet yaratabilir ama 2.0 - 2.25 µm olan sarkomer uzunluğu sarkomerin optimal uzunluğunu yansıtır. Aktin ve miyozin bu noktada maksimal çapraz köprü etkileşimine sahiptir ve maksimal kuvvet gelişimi yaratılır. Bu optimal uzunluk ötesine sarkomer uzadığında, aktin ve miyozin arasındaki çakışma azalır ve kuvvette azalma başlar. Uzunluk 3.65 µm olduğunda ise aktin ve miyozin filamentleri arasında çakışma olmaz ve sarkomerden kuvvet çıktısı yaratılmaz (Brown vd., 2006).

Belirgin bir biçimde, farklı kas işlevini gerektiren farklı spor dallarında mücadele eden sporculardaki sarkomer uzunluk - kuvvet ilişkilerinin fonksiyonel gereksinimlere adapte olabildiği görülür. Herzog, Guimaraes, Anton ve Erdman (1991) tarafından elit seviyedeki koşucular ve bisikletçiler üzerinde yapılan çalışmada, bu iki farklı sporcu popülasyonunun rectus femoris kasında çok farklı kuvvet - uzunluk karakterlerinin görüldüğü bulunmuştur. Ayrıca bu farklı karakterler, koşucular ve bisikletçilerinin fonksiyonel gereksinimlerine de uygundur. Bundan dolayı, elit düzeydeki sporcularda olduğu gibi insan iskelet kasının kuvvet - uzunluk özelliklerinin de kronik işlevsel gereksinimlere adapte olabileceği sonucuna varılır (Herzog ve Ait-Haddou, 2003).

2. 1. 5. 3. 2. Kuvvet - Kasılma Hızı İlişkisi

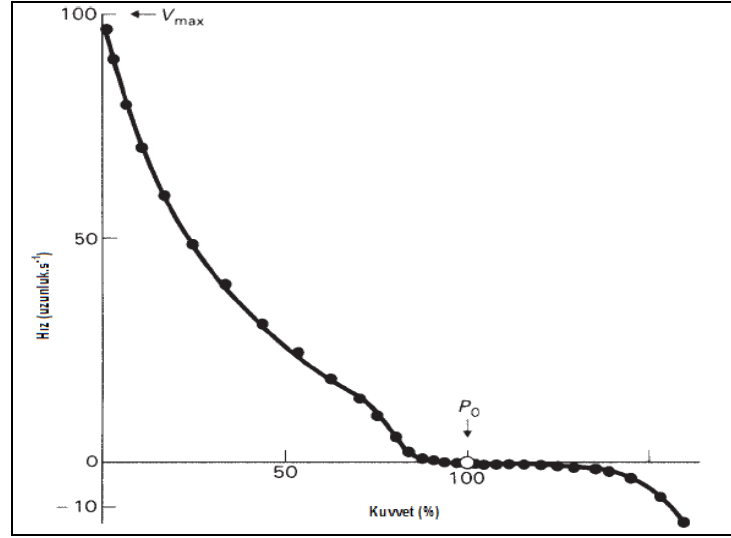
Kas, boyunun kısılması anında kendisine uygulanan dirence karşı koyabilecek tepki kuvveti ayarlayabilen özelliğe sahiptir. Basit elastik bir cisimden kası ayırt eden bu özellik, kas kasılma sisteminin meydana getirdiği hızın bir dış dirence karşı sürekli ayarlanmasına dayanır (Edman vd., 1978). Sportif performansta kuvvetin en kısa sürede uygulanabilmesi çok önemlidir. Bu yüzden, bir saniyeden daha kısa sürede meydana gelen birçok harekette mümkün olan en yüksek kuvveti çok kısa bir süre diliminde sergilemek önemlidir. Bu tür hareketlerde yüksek hızda maksimal kuvvet sergileyebilme, başarıyı belirleyen en önemli faktörlerden biridir (Sale, 1992'den aktaran: Cihan, 2002: 20). Bir kasın maksimal kuvvet gelişim kapasitesi sadece kasın uzunluğuna değil, aynı zamanda kasın kasılma hızına da bağlıdır (Latash, 2008). Kas kuvveti ve kasılma hızı, optimal uzunluktaki maksimal kuvvet ve buna karşılık gelen kas kısılma hızı arasındaki bir ilişkiyi açıklayarak (Herzog, 2000) tamamen aktive olan kaslardaki kuvvetin hıza bağlı olarak nasıl değiştiğini ifade eder. Bu durum eksantrik, konsantrik ve izometrik kas kasılmalarının en önemli mekanik özelliklerini oluşturabilir. Kasın gerginliği ve ürettiği kuvvet, yapılan aktivite türüne ve hızına bağlı olarak değişir (Knudson, 2003). Böylece, yük düşük olduğunda kısılma hızı uygun şekilde artırarak aktif kuvvet paralel şekilde düşük yapılabilir. Bunun aksine yük arttığında ise kas, kısılma hızını yeterince azaltarak aynı seviyede aktif kuvvetini artırır (Edman, 2003).

Aktif kuvvet ve kısılma hızı arasında belirli bir ilişkinin mevcut olduğu ilk kez Fenn ve Marsh (1935'den aktaran: Edman, 2003: 123) tarafından gösterilmiştir. 1938 yılında Hill tarafından yapılan çalışmada, kuvvet - kasılma hızı arasındaki ilişki daha fazla karakterize edilmiş ve kas fonksiyonunun çalışmasında bu parametrenin önemi vurgulanmıştır. Yapılan çalışmada, kurbağanın izole edilen bütün sartorius kasının konsantrik kasılma esnasındaki kas kasılma hızı ölçülerek kasın açığa çıkardığı konsantrik kuvvet ve kasılma hızı arasında zıt bir ilişki elde edilmiştir. Kuvvet - kasılma hızı eğrisi bakımından söz konusu çalışmada, konsantrik kasılmalarda kasılma hızı arttığında kas tarafından yaratılan kuvvet miktarının azaldığı; eksantrik kasılmalarda ise tam aksine kasılma hızının artması ile yaratılan kuvvetin arttığı belirtilmiştir (Knudson, 2003). Hill (1938) tarafından yayınlanan klasik yük veya kuvvet - hız eğrisi grafik 3 içinde gösterilmiştir. Hill, bu ilişkinin hiperbolik bir grafiğe sahip olduğunu göstermiş ve kas fizyolojisinde yaygın olarak kullanılan tanımlaması için de genel bir formül sağlamıştır. Maksimal kısılma hızının (V_{max}), yük sıfır olduğunda oluştuğu görülebilir. Buna karşılık maksimal kuvvet ise kas hareketsiz (uzama ya da kısılmanın olmadığı) olduğunda üretilir. Kuvvet - hız ilişkisinin kas kasılmasının çapraz köprü mekanizması ile tutarlı olduğu Huxley (1957) tarafından gösterildikten sonra kuvvet - kasılma hızı ilişkisine son yıllarda çok daha yeni ilgiler çekmiştir (Edman, 2003).



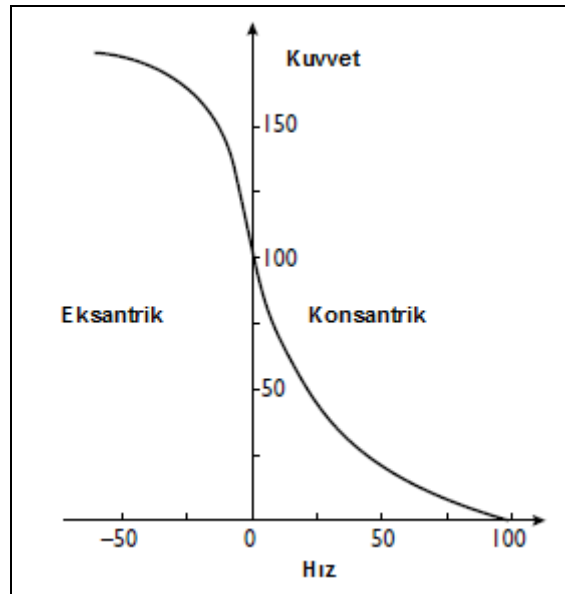
Grafik 3. Kurbağanın bütün bir sartorius kasından ölçülen kas kısalma hızı ve kuvvet arasındaki ilişki (Hill, 1938'den aktaran: Edman, 2003: 124).

Kuvvet - uzunluk ilişkisi gibi kuvvet - hız ilişkisi de bir deneyin sonuçlarını gösteren ve aynı grafikte çizilmiş olan bir eğimdir. Bir kas maksimal olarak uyarılır ve sabit bir yüke karşı uzamasına ya da kısalmasına olanak sağlanır. Kısalma ya da uzama esnasındaki kas hızı ölçülür ve daha sonra yük ile ilişkili olarak çizilir (Brinckmann vd., 2002). Edman (1988) tarafından kurbağanın tek bir kas lifinde yapılan çalışmada, kuvvet - hız ilişkisinin bütün bir kasta elde edilenden daha kompleks bir eğime sahip olduğu gösterilmiştir (grafik 4). Grafikte de görüldüğü gibi kuvvet - hız ilişkisi, her biri yukarı doğru olan bir içbükeylik ile iki farklı kavetlenmeyi içerir ve her iki kavetlenme de izometrik kuvvetin % 75'ine yakın bir kesme noktasının her iki tarafında yer alır. Yük maksimal kuvveti aştığında, grafik 4 içinde negatif hızlarla gösterilmiş olduğu gibi kas uzamaya (eksantrik hareket) başlar. Yinede kuvvet - hız eğrisinin maksimal kuvvet civarındaki kuvvet aralığında dikkat çekecek bir derecede düz olduğu görülebilir. Örneğin, % 30'luk değişimle 0.9'dan 1.2'lik bir maksimal kuvvete yük artırıldığında, kısalma ya da uzamanın hızı maksimal kasılma hızının % 2'sinden daha az değişir. Maksimal kuvvet civarındaki kuvvet - hız ilişkisindeki düz bölge, kasılma sistemi içindeki stabilizeyi destekleyen kas fonksiyonu için büyük bir öneme sahiptir. Örneğin, kendi maksimal kuvvetinin üstünde yüklenen bir kas (sıçrama esnasında ya da merdiven aşağı yürürken oluşabilir), yinede yüke oldukça iyi dayanabilir. Yani kas, gözle görülür derecede teslim olmaz. Düşük bir uzanım hızından dolayı eksantrik hareket esnasında sarkomerlerin uğrayacağı toplam uzunluktaki değişiklik oldukça küçük olacaktır. Sadece yük maksimal kuvvetin % 40-50'sinden fazla artırıldığında, yüksek bir hızda kas uzayacaktır. Bu yüzden de kuvvet - hız ilişkisindeki düz bölgenin, kas yüksek hızda çalıştığında sarkomer yapısını aynı tutmaya yardımcı olan oldukça etkili bir hücre içi yardımcı mekanizmayı temsil ettiği söylenebilir (Edman, 2003).



Grafik 4. Kurbağanın tek bir kas lifinden kaydedilen kılma hızı ve kuvvet arasındaki ilişki (Edman, 1988)

Bir kasın konsantrik kasıldığındaki hızı, uygulanan yük veya dış kuvvetle ters orantılı olarak ilişkilidir. Uygulanan kuvvet sıfır olduğunda, kasın kılma hızı en büyüktür (grafik 5). Kası zorlayacak olan maksimal kuvvete eşit bir seviyeye kuvvet arttığında, kılma hızı sıfır olur ve kas izometrik olarak kasılır. Uygulanan kuvvet ile kılma hızının azalması, kılma zamanının kılması ve latens dönemindeki bir artışla olur. Kuvvetteki daha fazla artış, kas eksantrik olarak kasıldığı zaman kas uzunluğundaki bir artışa neden olur ve sonra uzama hızı uygulanan kuvvetle artar (Bartlett, 2007).



Grafik 5. Eksantrik, izometrik ve konsantrik şartlar altında kasın kuvvet - hız ilişkisi (Klausen, 1990)

İnsanların fiziksel aktivitelerinde, kasın potansiyel maksimal geriliminin birçok olası sonuçları vardır. İlki, yüksek hızda yapılan konsantrik kasılmalarda kasın yüksek düzeyde kuvvet uygulayabilmesi mümkün değildir. Aktivite başlangıcında kas yüksek gerilim ortaya çıkarabilir ama kas kısalma hızı arttıkça kuvvet uygulayabilme yeteneği, bir başka deyişle pozitif ivmelenmeyi sürdürebilme yeteneği azalır. İkinci olarak, kasın düşük hızda kuvvet uygulayabilme yeteneği kasın izometrik kuvvet uygulayabilme yeteneği ile çok yakından ilgilidir ve kassal kuvvetin uygulanan egzersizde kasın yönü ve hızına bağlı olarak değişen bir faktör olduğunu açıklar (Knudson, 2003). Kuvvet - hız ilişkisi, yüksek hızlarda çok fazla direnci yenmesinin olanaksız olduğunu göstermez. Kas ne kadar kuvvetliyse, o kadar çok maksimal izometrik kasılma yaratabilir. Yani kas uzamadan önce (eksantrik çalışmadan önce) direnç artırılır ise maksimal miktarlarda kuvvet açığa çıkartılabilir. Ancak maksimal izometrik kasılma ne kadar fazla olursa olsun kuvvet - hız eğiminin genel şekli değişmez. Kuvvet - hız ilişkisi, düşük hızda ve az dirençle hareketin olanaksız olduğunu göstermez. Günlük yaşamdaki hareketlerin çoğu, submaksimal düzeydeki yavaş ve kontrol edilebilen hareketleri gerektirir (Muratlı vd., 2005).

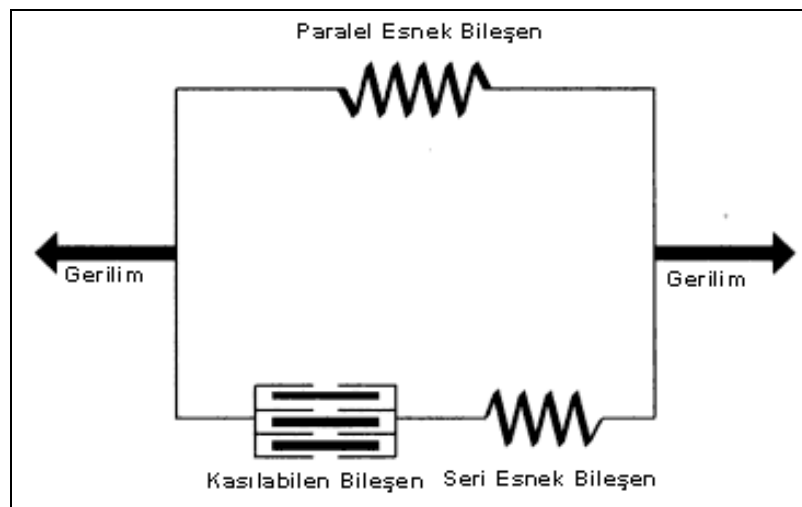
Son olarak ise konsantrik kasılmalarındaki kasılma hızı ve kas kuvveti arasındaki ilişkiyi tersten ele aldığımızda, yüksek hızda uygulanan konsantrik kasılmalarda yüksek düzeyde kuvvet uygulanamayacağı sonucunu ortaya çıkarır ve bu durum, kas gücünü etkileyen bir unsurdur. Bu, izometrik kuvvet ve kasılma hızının iki farklı yetenek olduğunu ortaya koyar. Fırlatma sporlarındaki atış hızlarını geliştirmek için uygulanan egzersizler, farklı yüklenme seviyelerinde ve farklı hareket hızlarında yapılmaktadır. Sporcuların düşük yük ve yüksek hareket hızı ile antrenman yaptığı beyzbol ve softball gibi daha hafif nesnelerin fırlatılmasına dayanan sporlarla kıyaslandığında, fırlatma hızını maksimale çıkartmak için yapılacak olan antrenmanlar ağır yükler ve düşük hareket hızlarıyla yapılmalıdır (Knudson, 2003).

Kuvvet - hız ilişkisinin kassal performansta farklılıklar gösterdiği diğer bir nokta da kas lif tipleridir. İskelet kaslarındaki lifler, ST ve FT olarak değişik şekillerde sınıflandırılmasından dolayı biyomekanik çalışmalar lif tiplerinin kısalma hızına odaklanır. Kas liflerinin kuvvet uygulayabilme süreleri ve kısalma hızları farklıdır. Yüksek sürat ve güç gereken aktiviteler için bu durumun büyük etkiye sahip olduğu bildirilmiştir. Kas geriminin gelişimi ve kasılmanın bozulması lif tipine bağlıdır. ST lif tipleri maksimal gerime 60-120 milisaniyede ulaşırken, FT lifleri 20-50 milisaniyede ulaşır. Bu durum, hızlı kasılan glikolitik fibrillere sahip kasların yavaş kasılan glikolitik fibrillerden oluşan kaslardan (aynı sarkomer sayısında) daha yüksek bir kısalma hızına sahip olduğu anlamına gelir. Yavaş kasılan glikolitik liflerin yüksek oranda bulunduğu kaslar dayanıklılık türü egzersizlerde avantaja sahiptir (Knudson, 2003).

2. 1. 5. 3. 3. Kasın Elastik Özelliği

İskelet kasının elastik davranışı, onun elastik yapısı ve uygulanan kuvvet arasındaki ilişki ile karakterize edilebilir. Yani kasın elastik davranışı, onun mekanik yapısı ile ilişkilidir (Pehlivan, 1997). Sportif açıdan kas mekanizmasında çalışmış ve deneysel çalışmalarının bazıları biyomekanik alanında öncü olmuş olan İngiliz fizyolog Hill tarafından 1938 yılında geliştirilen kasın hem aktif hem de pasif gerilimini içine alan üç bileşenli model (şekil 1), en yaygın mekanik kas modellerindedir. Bu model içinde, miyofibrillerden kaynaklanan bir kasılabilen bileşen (KB) ile seri ya da paralel yerleşik durumuna göre bir bağ dokusundan kaynaklanan paralel esnek bileşen (PEB) ve kas tendonundan kaynaklanan bir seri esnek bileşen (SEB) olarak iki esnek bileşen vardır. PEB ve SEB pasif gerimin iki temel kaynağını, kasılabilen bileşen ise iskelet kasının aktif gerilimini ifade eder (Knudson, 2003; Herzog ve Ait-Haddou, 2003; Roy vd., 2003).

Bu elastik bileşenler bir yay olarak modellendirilebilirler ve kas gerdirildiğinde elastik bileşenlerde depolanan mekanik enerji, kas gerdirilmesi bittiği zaman toparlanma evresine geçer ve kas gerimi azaldığı için yay olarak ifade edilen bu yapı, kası gerilmeden önceki haline dönüştürür. Yani kasın elastik bileşenleri, kasa elastikiyet özelliği (kasın gerilmeden sonra dinlenim durumundaki uzunluğuna geri dönebilmesi) veren yapılardır. Ayrıca, kasın konnektif dokusu ise kasa vizkozite özelliği verir. Yani kasa uygulanan kuvvet bırakıldıktan sonra kalan kuvvet değeri ile üretilen kas uzunluğunun artması şeklinde bir etkiye sahiptir. Kasın konnektif dokusunun sahip olduğu elastikiyet ve vizkozite özelliği kasın vizkoelastiği olarak ifade edilir ve kas gerdirilmesine karşı verilen tepki, kasın vizkoelastik tepkisi olarak adlandırılır (Clippinger, 2007).



Şekil 1. Hill kas modeli (Clippinger, 2007)

Kas mekaniğini açıklayan teorik bir model olan Hill kas modeli, insan hareketinin simülasyonuna odaklanan bilgisayar temelli biyomekanik çalışmalarda yaygınca kullanılır. Şekil 1'de mekanik kas hareketlerinin fonksiyonu ile ilgili bazı genellemeler yapılmıştır. İlk aşamada, SEB tarafından modellenen aktif kas geriminin meydana gelişinde elastikiyetin yani konnektif dokuların varlığı söz konusudur. Bu elastikiyetin kaynağı; çapraz köprüler, aktin-miyozin filamentleri, sarkomer farklılığı ve diğer sarkomer konnektif doku bileşenlerinin kombinasyonundan oluşması ile mümkündür. İkinci aşamada, kasların pasif yetersizliğinde veya germe egzersizlerinde net bir şekilde hissedilen gevşeyen kasın pasif gerimi eklem hareket genişliğinin en ileri düzeyinde hareketi etkiler. Üçüncü olarak, kas gerimi aktif ve pasif gerimin karşılıklı etkileşiminden oluşur. Bu üçüncü nokta, kasın konnektif dokusunda kuvvetin kompleks iletilmesi ile ilgili son zamanlardaki bir araştırmanın sonucu olarak basit Hill modeli ötesinde genellenebilir. Ekstramusküler konnektif dokulara kuvvet iletilmesinden dolayı kaslar bağlantılı oldukları durumlarda eşit kuvvet yaratmayabilirler. Hill modelindeki seri ve paralel bileşenlerde pasif gerginliğin ayrılması, elastik ve kasılabilir bileşenleri ifade etmede kullanılan denklemlerdeki tartışmalı sonuçlardır. Yinede, elastik gerginliğin kaynağı ve kompleks yapısı ne olursa olsun kasın elastik bölümlerinin uzama ya da kısalması kas aksiyonlarının temel yapısını oluşturur (Knudson, 2003).

2. 1. 5. 3. 3. 1. Kasılabilen Bileşen

Kasın kasılma yetisini, kas hücresindeki aktif ya da kasılabilen bileşen (KB) olarak isimlendirilen küçük protein yapıları oluşturur (Clippinger, 2007). Bir uyarıya cevaben kasın nasıl kısalacağını açıklayan aktif bileşenleri ise aktin ve miyozin filamentleri oluşturur. KB, gerime karşı bir direnç meydana getirmemesi ve kısaldıktan sonra orijinal uzunluğuna geri dönmemesi gibi özelliklere sahip vizkoz yapıda olmalıdır. Kasın sahip olduğu proteinlerin % 60'ını oluşturur. Kayan filamentler teorisine göre aktin ve miyozin filamentleri arasındaki çevrimsel etkileşimlerle kasılma gerçekleşir (Khurana, 2008). Yinede, kasın pasif bir şekilde gerildikten sonra orijinal uzunluğunu yeniden nasıl kazandığını ve kasın external uzunluğu değişmemesine rağmen kasın nasıl kasılabildiğini açıklamaz (Sircar, 2008).

2. 1. 5. 3. 3. 2. Seri Esnek Bileşen

Seri esnek bileşen (SEB), kasılabilir bileşenlerle seriler halinde bulunan kasın elastik dokusunu açıklar ve kasılabilen elementler tarafından oluşturulan kas gerilimini kasın diğer bölümlerine taşır. Bu elastik mekanizmanın en büyük elemanlarını tendonlar oluştururken (Bartlett, 2007), düşük oranda da KB'den oluşur (Clippinger, 2007). SEB, izometrik kasılma

sonunda kasın dinlenik uzunluğuna niçin döndüğünü ve kasın uzunluğu değişmeden nasıl kasılabildiğini açıklayan mekanizmadır ve dinlenim sırasında kasılabilen elementlerin aşırı pasif gerdirilmesini önlemesi ile sakatlık riskini azaltırlar (Sircar, 2008). Elastik bileşenler, kas gerdirildiğinde elastik enerjini depolar ve kas eski haline döndüğünde bu elastik enerjini serbest bırakırlar. Elastik enerji depoları SEB’de olan kasılabilen bileşende birbirine bağlı olarak duran çapraz köprüler birbirine bağlı kalabildiği sürece depo edilebilir. Kasın eksantrik kasılmasını takiben hemen konsantrik bir kasılma gerçekleşirse, depolanan enerji mekanik enerji olarak açığa çıkar. Bu durum, tendonlar ve agonist kasların gerilim öncesi normal durumlarına dönmesi ile birlikte toplam güç üretimine katkı sağlar. Kasın uzama ve kısalma sürecinde, konsantrik hareket çok çabuk eksantrik hareketi takip etmezse veya eksantrik evre çok yavaş ya da eklem çok büyük bir açılma hareketinde olursa depolanan elastik enerji ısı olarak veya konsantrik harekete katılmayarak kaybedilir (Potach ve Chu, 2008). Bu yüzden eksantrik kasılma sonucu ortaya çıkan kuvvet miktarını artırmak için en etkili yöntem, eksantrik kasılma sonrasında hızlı bir şekilde konsantrik kasılmanın uygulanmasıdır (Barlett, 2007).

Kasın depo haldeki potansiyel elastik enerjini kullanabilme yeteneği; kasın gerilme sürati, büyüklüğü ve zamanı gibi değişkenlere bağlı olarak değişir. Elastik bileşende depo halde bulunan enerjini kullanmak için dikey ve squat sıçrama egzersizleri yapılabilir. Squat sıçramanın başlangıç evresi, elastik bileşenlerin gerildiği ve enerjini depoladığı eksantrik kasılma evresidir. Sıçrama gerçekleştirildiğinde (konsantrik evre), depo haldeki enerji daha yükseğe sıçramaya yardımcı olan kasın gerimine katkı sağlar. Sıçramada kullanılan elastik enerji ile eksantrik kasılma evresinde geçirilen zaman arasında ters bir orantı vardır. Dikey sıçrama yapmadan önce squat sıçrama sonunda uzun süre beklemek, depo haldeki elastik enerjinin yenilenmesini azaltacağından sıçrama yüksekliği de azalacaktır (Clark ve Lucett, 2010).

2. 1. 5. 3. 3. 3. Paralel Esnek Bileşen

KB ile paralellik gösteren paralel esnek bileşen (PEB), işlevsellik açısından elastik yapılı dokulardır (McMahon, 1984). PEB; kas hücre zarı (sarkolemma), kasın kontraktıl proteini (titin) ile birlikte bağ dokusu kılıfları olan endomisyum, perimisyum ve epimisyum ile yakın ilişkili elastik protein elementlerini de içine alan birçok yapıdan oluşur (Clippinger, 2007; Khurana, 2008). Paralel esnek bileşendeki “p” harfi, Hill kas modeli içindeki pasif gerimin ana kaynağı olarak bir anahtar vazifesi görür (Knudson, 2003).

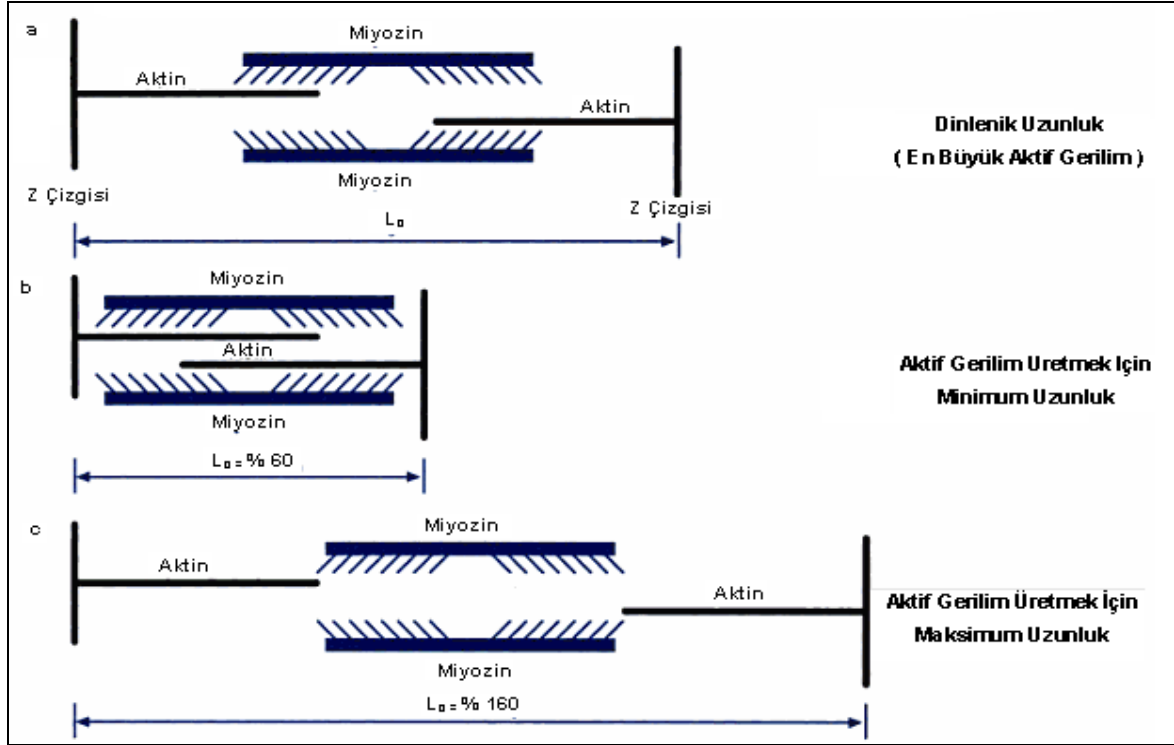
Kasın pasif gerimi sonrası orijinal uzunluğuna dönmesini açıklayan mekanizma olan PEB, izometrik kasılmadan sonra kasın niçin orijinal uzunluğunda kaldığını açıklamaz ve kasılabilen bileşenin aktif kısalması sırasında katlanarak şekil değiştirir. Bu yüzden, orijinal kas uzunluğunun eski haline dönmesi için gereken esnekliği sağlaması olanaksızdır ve bu bileşen gerilmeye karşı bir direnç oluşturur (Sircar, 2007). Cavagna (1977'den aktaran: Brinckman vd., 2002: 140), PEB'in (kas içi konnektif doku) bir kasın optimal uzunluğundan öte gerildiğinde pasif bir kas tarafından kullanılan güç için sorumlu olduğunu ifade etmiştir. Fakat kası kasılmaya hazır hale getirmesi, kasa akıcılık kazandırması ve kasılmada oluşan kas geriminin taşınmasını sağladığı için PEB'e göre SEB daha önemli yapılardır (Bartlett, 2007).

2. 1. 5. 3. 4. Kasın Aktif ve Pasif Gerginliği

Aktif hale getirilen kas, bağlantılarının hepsine eşit olarak çekildiğinde kuvvet yaratır. Bu gerilim (gerim) kuvveti gerçekten de aktif ve pasif olarak iki şekilde oluşur. Aktif gerilim, aktive edilen motor ünitenin sarkomerlerindeki aktin ve miyozin miyofilamentleri arasında oluşan kuvveti gösterir. Bu nedenle aktif gerilim, kasın kasılabilen bileşenleri olan aktin ve miyozin elementleri tarafından kasta depolanan ATP kullanılarak üretilen kuvvettir. Bu aktif gerilim kuvvetini yaratan kasların yeteneği, iskelet kas sisteminin ligament, tendon ve kemik gibi konnektif doku bileşenleri ile kıyaslandığında eşsizdir. İskelet kasının bu aktif gerilim potansiyel şekli, kasın kuvvet - hız ilişkisi olarak adlandırılır (Knudson, 2003).

Bir sarkomerde aktin filamentine miyozin çapraz köprülerin bağlanması, kassal bir kasılma esnasında gelişen aktif gerilim gücü için temeldir. Maksimal gerilimde, aktin ve miyozin filamentleri arasında olan çakışma maksimaldir ve bu durum sarkomerin dinlenik uzunluğu veya L_0 olarak adlandırılır. Sarkomer bu noktanın ötesinde kısalabilir ama daha sonra karşı yöndeki aktin filamentlerine çakışmaya başlar ve miyozin çapraz köprünün bu filamentlere bağlanamaması nedeniyle de gerilim azalır. Sarkomerin kısalması aktin ve miyozinin karşı yöndeki Z disklerine doğru sıkışmasına kadar devam edebilir. Bu noktada, kasta gerilim üretilmez ve sarkomer dinlenik uzunluğunun yarısından ya da L_0 'nun yaklaşık % 60'ından daha küçük olur. Bu yüzden bütün bir kas, güç üretebilir ve dinlenik uzunluğun (tendonların uzunluğunu içermez) yaklaşık yarısına kadar kısalabilir. Dinlenik uzunluğundan daha fazla sarkomer gerilirse, çok az miyozin çapraz köprü aktin filamentlerine bağlanabilir ve gerilim azalır. Aktif gerilim, aktin ve miyozinin çok uzun çakışmamasına kadar daha da uzun boyda gelişebilir. Bu noktada aktif gerim üretilmez ve sarkomer dinlenik uzunluğundan 1.5 kat ya da L_0 'nun % 160'ı daha küçüktür. Bu yüzden, bütün bir kas dinlenik uzunluğunun % 60 - % 160 uzunluklarında aktif olarak güç üretebilir. Yani bir sarkomerde gelişen aktif

gerilimin büyüklüğünü, aktin ve miyozin filamentlerinin Z diskleri ve birbirleri ile etkileşimi belirler. Şekil 2'de dinlenik uzunluktaki en büyük aktif gerilim, aktif gerilim üretmek için en düşük uzunluk ve aktif gerilim üretmek için maksimal uzunluk görülür (McGinnis, 2005).



Şekil 2. Farklı uzunluklardaki aktif kas gerginliği (McGinnis, 2005)

Çok kısa bir başlangıç uzunluğunda kasılmak için kas uyarıldığında, aktif gerginlik olarak da adlandırılan gerilimde yaklaşık 200 milisaniyede sonlanan artış oluşacaktır. Daha uzun bir başlangıç uzunluğunda kas gerildiğinde ise uyarım için öncelikle pasif gerginlik artacaktır (Klabunde, 2012). Sarkolemma, endomisyum, perimisyum, epimisyum ve tendon gibi konnektif doku yapıları gerilerek bütün kasta ve sarkomerde pasif gerilim yaratabilirler. Yani pasif gerginlik, kas - tendon ünitesindeki konnektif doku bileşenlerinin uzamasından üretilen bir kuvvettir. Bu dokulardaki pasif gerginlik, kasın gerilmesini sağlayarak dinlenik durumunun % 160'ı ötesinde gerilim yaratır. Bu yüzden de bütün bir kasta yaratılan gerilim, aktin - miyozin filamentlerinin aktif kasılması ile yaratılan gerilmeye dayanır ve kas dinlenik uzunluğunun ötesinde gerildiğinde pasif bir gerilim yaratılır. Maksimal gerilim, kas dinlenik uzunluğundan biraz daha uzun olduğunda (yaklaşık % 120) bütün bir kasta yaratılabilir ve % 160'ın ötesinde gerdirilebilir ise kas maksimal uzunluğuna gerildiğinde maksimal gerime ulaşılır (McGinnis, 2005).

Bir kas tarafından üretilen kuvvet ya da gerilim, kasılma zamanı ile orantılıdır. Daha uzun kasılma zamanı, maksimal gerilim noktası üstünde daha fazla güç yaratırken; daha yavaş kasılma ise PEB'lerde tendon yoluyla iletilmiş olan kasılabilen elementlerle üretilen gerilim için zamanın olanak sağlamasından dolayı daha büyük bir güç üretimi sağlar (Nordin ve Frankel, 2001). Kuvvet - zaman ilişkisini ifade eden gecikme zamanı iki bölüme ayrılır. Birinci bölüm genellikle aktif durum veya uyarılma dinamiği olarak da isimlendirilen kas uyarılmasındaki artışla ilgilidir. Yüksek bir kuvvet uygulanması gerektiren ve yüksek süratte yapılan aktivitelerde, sinir - kas sistemi kasın hızlı bir şekilde uyarılmasını sağlayarak tepki verir (uyarılma süresi 20 milisaniyeye kadar düşer). Gecikmenin ikinci bölümü ise kasılma dinamikleri olarak da bilinen gerilimin gerçek artışını içerir. Farklı kas lifi tiplerinin kasılma dinamiğindeki oluşma zamanlarına bakarsak FT lifleri için bu süre 20 ms, ST liflerinde ise 120 ms'dir. Yani FT kas lifi yüzdeliği fazla olan kaslarda elektro - mekanik gecikme süresi daha kısadır ve daha fazla bir kasılma kuvveti yaratabilir. Bu sürenin uzunluğu sporcunun kognitif çabasına, antrenman düzeyine, kas grubunun aktivasyon geçmişine ve kas aksiyon tipine bağlıdır (Knudson, 2003).

2. 1. 6. İtme Evresinin Kinetik ve Kinematikleri

Sportif faaliyetler ya da diğer fiziksel aktivitelerdeki maksimal insan eforlarına katkı sağlayan bazı önemli yetenekleri tanımlamada kullanılan kuvvet ve güç özellikleri (Harman, 2008), yüksek bir çalışma oranı (güç) ve büyük dirençlere (kuvvet) karşı oldukça yüksek bir kuvvet yaratma yeteneğini gerektiren spor dalları için oldukça önemlidir. Bu nedenle çoğu spordaki başarı, büyük oranda sporcunun patlayıcı bacak kuvvetine ve maksimal kuvvetine bağlıdır. Sıçramalar, atmalar, atletizm yarışmaları ya da diğer aktivitelerde mücadele eden sporcuların mümkün olduğu kadar çok zorlanarak ve hızlı bir şekilde kuvvet kullanabilmeleri gerekir (Yessin ve Hatfield, 2007). Ayrıca bacak kuvveti hem başlangıç ivmelenmesi hem de maksimal hız için önemlidir (Chelly ve Denis, 2001).

Kuvvet veya kas kuvveti, sporcunun bir dirence karşı maksimal kuvvet uygulayabilme yeteneği olarak adlandırılır ve maksimal istemli kasılma ya da maksimal bitiş noktası kuvveti olarak da kullanılır. Kuvvetin büyüklüğü sadece seçilen harekete değil (bacak ekstansiyonu gibi), aynı zamanda da belirli motor görevlerin birçok özelliğine (postür, direnç, hareket hızı ve türü gibi) bağlıdır (Zatsiorky, 2003). Kuvvet ve güç terimleri ara sıra birbirlerinin yerine kullanılmasına rağmen, bu doğru değildir. Çünkü güç, bir zaman bileşenine sahiptir ve bu nedenle iki sporcu benzer maksimal kuvvete sahipse daha yüksek hızda (ya da daha kısa zaman döneminde) kuvvetini açığa vuran birey, anaerobik sporların performansı esnasında belirgin bir avantaja sahip olacaktır. Güç, kuvvet bakımından da tanımlanmıştır. Örneğin,

ivmelenme kuvveti ve çabuk kuvvet gibi terimler bir hız yelpazesine karşı kuvvet gelişimini tanımlamak için kullanılırken, başlangıç kuvveti ise hareketin ilk bölümündeki güç üretimini belirtmek için kullanılır. Genellikle bilimsel yayınlarda kullanılan bir terim olan kuvvet gelişim hızı (rate of force development), patlayıcı bir egzersiz esnasındaki güç verimini ifade eder. Güç denkleminin hız bileşeni, kas kasılması esnasındaki yüksek kasılma hızlarının (ağır bir dirence karşı bile maksimal hızlarda kasılma) zorunlu olduğunu gösterir (Ratamess, 2012).

Güç, yapılan bir çalışmanın (iş) veya hareketin zamansal oranı olarak tanımlanır (güç = çalışma / zaman). Buradaki çalışma, kuvvetin uygulandığı yöne doğru bir cismin hareket ettiği mesafe ve cisme uygulanan kuvvetin çarpımıdır (çalışma = kuvvet x mesafe). Ayrıca güç, kuvvetin uygulandığı yöne cismin hızı ve cisim üstündeki kuvvetin çarpımı ya da cismin hareket ettiği yönde cisim üstündeki kuvvet ve cismin hızına çarpımı (güç = kuvvet x hız) olarak da hesaplanabilir. Dünya genelindeki uluslararası birim sistemleri standardına göre mesafe metre (m) olarak, iş joule (J; yani newton-metre ya da N.m) olarak, zaman saniye (sn) olarak, güç watt (W: yani J/s) olarak ve kuvvet ise Newton olarak (N) ölçülür (Harman, 2008).

Güç, tek bir vücut hareketi veya hareket serisi olarak ya da aerobik egzersiz halinde çok sayıdaki hareket tekrarı olarak belirlenebilir. Ayrıca egzersiz dönemi veya hareketin herhangi bir durumu için de ortalama ya da hareketin herhangi bir durumunda anlık olarak belirlenebilir (Knuttgen ve Komi, 2003). Güç, genellikle mümkün olan en yüksek kuvveti (maksimal kuvvet) ortaya koyma yeteneğine bağlıdır (Stone vd., 2003). Böylece maksimal kuvvet ve gücün etkili bir şekilde nasıl geliştirileceği, sporcular veya antrenörler için önemli konulardır. Çünkü birçok sportif hareketteki performans başarısı, çoğunlukla objelere (yer, top ya da sportif ekipman gibi) karşı ne kadar güç uygulanacağına (Newton ve Kraemer, 1994), çok kısa bir zaman diliminde tamamlanan belirli bir sportif iş esnasındaki başarı ise sporcunun güç verimi kapasitesine bağlıdır (Baker, 2001, Newton ve Dugan, 2002). Böylece sporlarda yapılması gerekli olan çok geniş hareketler düzeni esnasında gelişen güç verimi, kuvvet ve kondisyon programlarının en önemli amaçlarından biridir (Baker, 2001). Güçteki artış, sporcuda gelişmiş bir çabuk kuvvet ilişkisinin arandığı ileri düzeyde sportif performans olanağı sağlar (Sankarmani vd., 2012).

Gücün, kuvvetin herhangi bir tek yönünden ziyade çok yönlü kuvvet özellikleri ile belirlendiği ifade edilmiştir. Özellikle hızlı bir şekilde yüksek kuvvet geliştirme yeteneği ve yüksek hız esnasında yüksek bir kuvvet meydana getirmeyi sürdürebilme yeteneği, gücü mümkün olan maksimal düzeye çıkartmak için en önemlileridir (Newton ve Kraemer, 1994). Sporlarda verilen bir görev esnasında hareket ettirilmesi gerekli olan kütleler, vücudun bir

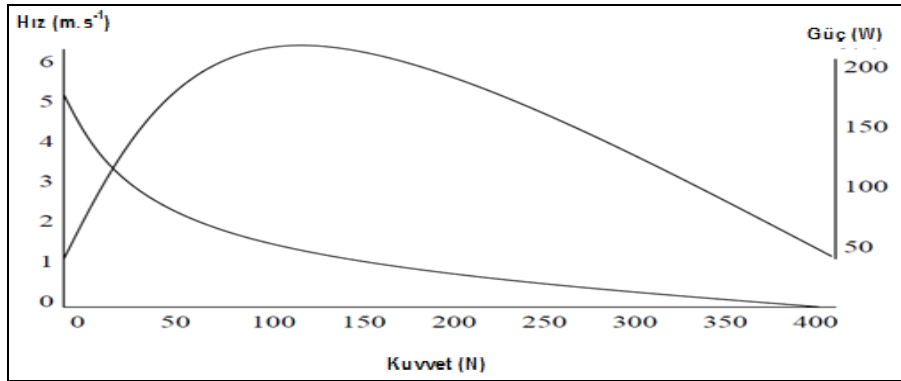
bölümünden (fırlatmada kollar, tekmede ayaklar ya da sıçramada bütün vücut gibi) rakibin vücuduna (futbolda mücadele) göre çeşitlenir (Newton ve Dugan, 2002).

Farklı birçok yükteki ölçümler arasındaki en yüksek güç verimi, maksimal güç verimi (P_{max}) olarak adlandırılır (Baker, 2001; Newton ve Dugan, 2002) ve potansiyel olarak güce ya da kuvvete yönelik olan spordaki sporcuların performanslarını değerlendirmek için en önemli mekaniksel niceliklerdir (Newton ve Kraemer, 1994). Bundan dolayı maksimal güç veriminin denetlenmesi, spor bilimcilerine yararlı bilgiler sağlar. Baker (2001), sporcunun maksimal güç verimini dikkatli bir şekilde denetlemiş ve maksimal güç veriminin sporcunun kondisyonunu yansıttığını elde etmiştir. Bu nedenle, maksimal güç verimi ya da kassal güç veriminin çoğu atletik ve sportif aktivitedeki başarılı performans için temel olduğu düşünülür (Fernandes vd., 2011). Yapılan çalışmaların büyük bir bölümünde ise güç verimini geliştirme yöntemleri ayrıntılı bir şekilde araştırılmış ve sportif performansa aktarılmıştır. İlk başlarda, maksimal izometrik kuvvet ya da güç verimini maksimize edildiği maksimal kas kasılma hızının % 30'u gibi oldukça hafif yüklerle elde edilirken (Kaneko vd., 1983; Turner vd., 2012); izoinertial koşullardaki (sabit bir dış yük) çok eklemlili dinamik kas hareketleri ile yapılan sonraki araştırmalarda, P_{max} yaratan relatif yüklerde değişkenlikler (1TM'nin % 20-80 arası) bulunmuştur (Garhammer, 1993; Thomas vd., 1996; Newton vd., 1997; Izquierdo vd., 1999, 2002, 2004; Cronin vd., 2000, 2001; Baker, 2001; Baker vd., 2001; Siegel vd., 2002; Dugan vd., 2004; Zink vd., 2006; Cormie vd., 2007a,b; Marques vd., 2007; Jidovtseff vd., 2008; Requena vd., 2009; Sanchez-Medina vd., 2010, 2014; Alcaraz vd., 2011; Garcia-Pallares vd., 2011, 2014).

Günümüzde izoinertial, izometrik ya da izokinetik yöntemler güç değerlendirmesinde kullanılır (Cronin ve Sleivert, 2005). Güç değerlendirmesi sırasında kullanılan parametreler farklıdır ve bu parametreler arasında en yaygın kullanılanlar; ortalama güç (OG), ortalama itme gücü (OİG) ve zirve güçtür (ZG). P_{max} 'ın elde edildiği yükün OG, OİG ya da ZG olarak kullanılan parametrelere bağlı olduğu elde edilmiştir (Sanchez-Medina vd., 2010; 2014). Bu parametreler, patlayıcı çalışmalarda güç ve performans için önemli olduğu düşünülen merkezi bir değişkeni meydana getirmek için kullanılabilir. Bu değişken, kasın mekanik güç verimini maksimale çıkartan antrenman yüküdür (Baker vd., 2001; Cronin ve Sleivert, 2005; Sanchez-Medina vd., 2010). Ortalama güç, hareket açıklığında (range of motion) ulaşılan verilerin sayısına bölünen konsantrik evredeki pozitif bütün değerlerinin toplamından elde edilen ortalama değerleri ifade eder. Ortalama itme gücü, konsantrik evrenin itme bölümü içindeki ortalama güç verimidir. Zirve güç ise tüm konsantrik kasılma aralığındaki maksimal güç üretme olarak tanımlanır ve belli bir hareket gözlemlenmeksizin $1 / m.s^{-1}$ 'lik bir periyotta daha yüksek bir anlık güç üretimini yansıtan zirve güç olarak da ifade edilir. Bazı yazarlar

bu kapasiteyi, bir harekette sporcunun üretebildiği maksimal mekanik performansı yansıtan ve eşik kas performansında ulaşılan moment olarak tanımlar (Baker ve Newton, 2005).

Direnç antrenmanı ile ilişkili olan kinetik ve kinematiklerin, sinir - kas adaptasyonlarının oluşması için önemli bir uyarıcı olduğuna inanılır (Crewther vd., 2006). Genellikle dinamik sportif performans ile oldukça zayıf ilişkiye sahip olan izometrik ve izokinetik testler aksine (Baker vd., 1994; Murphy vd., 1994; Murphy ve Wilson, 1996), izoinertial kuvvet testinin genel anlamda hızlanma ve yavaşlamayı içeren gerçek antrenman ve yarışma görevlerine daha çok benzediği (Cronin vd., 2003; Jidovtseff vd., 2006, 2008; Murphy vd., 1994) ve antrenmanın sonucu olarak denekler arasındaki kuvvet değişiklikleri incelemek için daha hassas olduğu belirtilir (Abernethy ve Jurimae, 1996). Büyük kuvvetlerin yükteki artışlardan ve daha büyük ivmelenmelerden kaynaklanmasından dolayı kaldırışın ivmelenme profilini belirlemek önemlidir. Yani maksimal ivmelenme ile bir submaksimal yük hareket ettirilirse, sinir - kas sistemine farklı bir baskı uygular ve dolayısıyla da farklı adaptasyonlara neden olur (Harris, 2008). Çoğu direnç egzersizinde hareket sıfır (0) şiddetinden başlar, kaldırışın konsantrik bölümü içindeki orta zaman civarında zirve şiddet meydana gelir ve son olarak tekrar sıfır şiddetine geri döner (Sanchez-Medina vd., 2010). Konsantrik evre sonunda hızın sıfıra ulaştığı ağırlık barı veya yük kaldırılan geleneksel direnç antrenmanında, kasılmanın önemli bir bölümü için yavaşlama meydana gelir (Baker vd., 2001). Kas kuvveti, hız ve güç arasındaki karşılıklı ilişki grafik 7'de verilmiştir.



Grafik 7. Kas kuvveti, hız ve güç arasındaki karşılıklı ilişki (Toji ve Kaneko, 2004)

Yaygın olarak kullanılan çoğu direnç antrenman egzersizleri için yük (kuvvet) - güç ya da yük - hız ilişkilerinin detaylı bir şekilde tanımlanması, antrenman verimliliği gelişirken kuvvet ve güç kazanımlarını optimize eden kuvvetin bireysel olarak tanımlanması ve çoğu sportif performans ile ilişkili relatif yüklere (% 1TM) karşı antrenmanlı ya da antrenmansız dönemin sebep olduğu sinir - kas adaptasyonlarını dönemsel değerlendirmek için kondisyon antrenörlerine veya spor bilimcilerine yardımcı olacaktır (Sanchez-Medina vd., 2010).

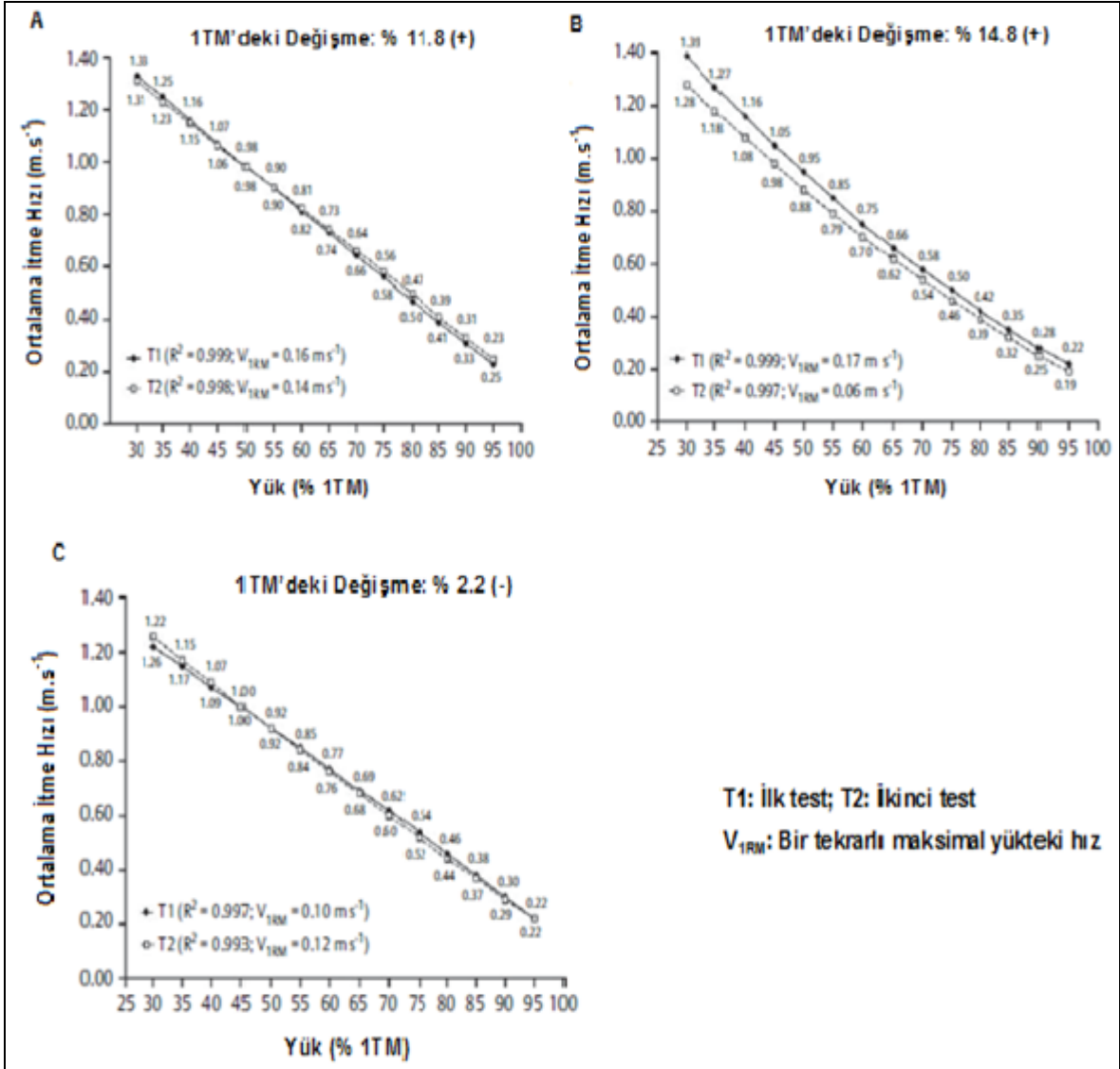
Kas, boyunun kısılması anında kendisine uygulanan dirence karşı koyabilecek tepki kuvveti ayarlayabilen özelliğe sahiptir. Basit elastik bir cisimden kası ayırt eden bu özellik, kas kasılma sisteminin meydana getirdiği hızın bir dış dirence karşı sürekli ayarlanmasına dayanır (Edman vd., 1978). Sportif performansta kuvvetin en kısa sürede uygulanabilmesi çok önemlidir. Bu yüzden bir saniyeden daha kısa sürede meydana gelen birçok harekette mümkün olan en yüksek kuvveti çok kısa bir süre diliminde sergilemek önemlidir. Bu tür hareketlerde yüksek hızda maksimal kuvvet sergileyebilme, başarıyı belirleyen en önemli faktörlerden biridir (Sale, 1992'den aktaran: Cihan, 2002: 20).

Vektörel bir nicelik olan hız, pozisyonlardaki değişimin zamansal oranıdır. Anlık hız ise zaman aralığı son derece küçük olduğunda ulaşılan (sıfıra yaklaşma) hızdır (Zatsiorsky, 1998). İlk olarak 1930'lu yıllarda ifade edilen kuvvet - kas kasılma hızı ilişkisi, kas kasılma kuvveti ve kasılma hızı arasındaki zıt bir ilişkiyi gösterir. Yani ağırlık arttıkça, kas tarafından üretilen kuvvetin de artması ama hareket hızının azalmasıdır (Boreham, 2006). Bu durum deneysel olarak da doğrudur. Bir sporcudan mümkün olan maksimal ağırlık miktarında BP hareketi yapması istenirse, çok yavaş bir şekilde ağırlığı hareket ettirecektir. Fakat 1TM'nin yarısında BP hareketini yapması istenirse, daha hızlı bir şiddette barı hareket ettirecektir (Kraemer ve Vinger, 2007). Böylece yük düşük olduğunda, kısılma hızı uygun bir şekilde artırılarak aktif kuvvet paralel bir şekilde düşük yapılabilir. Buna karşılık yük arttığında kas, kısılma hızını yeterince azaltarak aynı seviyede aktif kuvvetini artırır (Edman, 2003). Bir kasın konsantrik kasıldığındaki hızı, uygulanan yük ya da dış kuvvetle ters orantılı olarak ilişkilidir. Uygulanan kuvvet sıfır olduğunda, kasın kasılma hızı en büyüktür. Kası zorlayacak olan maksimal kuvvete eşit bir seviyeye kuvvet arttığında ise kısılma hızı sıfır olur ve kas izometrik olarak kasılır. Uygulanan kuvvet ile kasılma hızının azalması, kasılma zamanının kısılması ve latens dönemindeki artışla olur. Kuvvetteki daha fazla bir artış, kas eksantrik kasıldığında kas uzunluğunda bir artışa neden olur ve sonra uzama hızı uygulanan kuvvet ile artar (Bartlett, 2007).

Hareket hızı, egzersiz yoğunluğunu takip etmek için daha fazla ilginin olabileceği bir değişkendir ama şaşırtıcı bir şekilde bazı yazarların farkına varmasına rağmen (Pereira ve Gomez, 2003; Izquierdo vd., 2006), çoğu çalışmada hareket hızından çok kısıtlı bir şekilde söz edilmiştir. Belki de her tekrarda yapılan aktüel hız, sporcu tarafından uygulanan gerçek bir efor miktarı için en iyi referans olabilir. Bu durum yeni, çok daha doğru ve rasyonel bir antrenman paradigması olan ve hız temelli direnç antrenmanı diye adlandırılan daha iyi bir efor seviyesini yaratabilir (Gonzales-Badillo ve Sanchez-Medina, 2010).

Egzersiz yoğunluğunun genellikle kuvvet seviyelerindeki değişmelerle ilgili olarak en önemli uyarıcı olduğu kabul edilir (Kraemer vd., 1988) ve genellikle relatif yük ile (1TM'nin yüzdesi) ilişkilendirilir (Fry, 2004). Gonzales-Badillo ve Sancez-Medina (2010) tarafından yapılan çalışmada, relatif yük (% 1TM) ve ortalama itme hızı (OİH) arasında çok yakın bir ilişki ($r^2 = 0.98$) elde edilmiştir. Aynı çalışmada, relatif yükteki her % 5'lik artış arasındaki (1TM'nin % 30 - 100) hızda gözlemlenen farklılıkların $0.07 - 0.09 \text{ m.s}^{-1}$ arasında değiştiği için bir denek saniyede bir metrenin % 7-9 ile belirli bir absolut yükte elde edilen OİH'sini artırdığında, performansında % 5 oranında bir artış olacağı belirtilmiştir. Benzer bir şekilde, Sanchez-Medina ve diğerleri (2011) tarafından farklı bir egzersiz tekniği kullanılarak yapılan çalışmada da tam SQ hareketindeki relatif yük ve OİH arasında çok yakın bir ilişki ($r^2 = 0.96$) elde edilmiştir.

Gonzales-Badillo ve Sancez-Medina (2010), bench press (BP) egzersizinde 1TM ile ulaşılan ortalama hız (OH) değerini 0.16 m.s^{-1} olarak elde etmişlerdir. Ayrıca ortalama test hızı ve 1TM yük arasında ise düşük olmasına rağmen yine de anlamlı bir ilişki bulmuşlardır ($r = 0.27$, $p < 0.01$). 6 haftalık bir kuvvet antrenmanından sonra BP egzersizindeki temsili üç deneğin yük - hız ilişkisi grafik 8'de verilmiştir. 1TM değerini % 11.8 oranında (85 kg'dan 95 kg'a) geliştiren deneğin yüz - hız ilişkisi grafik 8a'da verilmiştir. Grafikte de görüldüğü gibi 1TM'nin her yüzdesindeki OİH ve ortalama test hızı (OH) sabit kalırken, ilk ve ikinci testteki 1TM yük hızı (V_{1TM}) neredeyse aynıdır (söylenen sıraya göre 0.16 m.s^{-1} & 0.14 m.s^{-1}). İlk ve son test arasındaki yük - hız ilişkisinde daha büyük bir değişme gösteren deneğin son durumu grafik 8b'de verilmiştir. Burada, deneğin 1TM değerini % 14.8 oranında geliştirdiği (115 kg'dan 132 kg'a) ama ikinci testteki hem V_{1TM} (0.06 m.s^{-1}) hem de OH (0.69 m.s^{-1}) değerlerinin ilk testte ulaşılan değerlerden (sıraya göre 0.17 m.s^{-1} & 0.75 m.s^{-1}) oldukça düşük olduğu görülür. Her bir relatif yükte ulaşılan OİH, ilk testte ulaşılan değere göre ikinci testte daha düşüktür. Son olarak, 8c'de grafik değerleri verilen deneğin maksimal kuvveti gelişmemiştir (1TM değeri % 2.2 azalmış ve 112.5 kg'dan 110 kg'a düşmüştür). Bu denek için ilk ve ikinci testteki V_{1TM} benzerdir (sıraya göre 0.10 m.s^{-1} & 0.12 m.s^{-1}) ama OİH ise her iki durumda da aynıdır (0.73 m.s^{-1}). Ayrıca ilk ve ikinci testteki 1TM'nin her yüzdesi ile elde edilen OİH neredeyse aynıdır. Yani belirli bir yüke (absolut) karşı hız ne kadar yüksek olursa, yoğunluk da o kadar fazla olur ve bu da antrenmanın etkisini etkiler. Bu nedenle de hareket hızı, antrenman yoğunluğunun anahtar bir bileşenidir (Gonzales-Badillo vd., 2011) ve kuvvet antrenmanındaki yoğunluk ölçümü için oldukça etkili bir kriter olduğu ileri sürülür (Pereira ve Gomes, 2003; Kawamori ve Newton, 2006; Gonzales-Badillo ve Sanchez-Medina, 2010).



Grafik 8. Bench press hareketinde üç temsili deneğin yük - hız ilişkisi (Gonzales - Badillo ve Sanchez-Medina, 2010)

Tipik izoinertial egzersizlerde yük kaldırması konusu ile ilgili dikkate alınması gereken önemli bir nokta ise konsantrik evrenin önemli bir kısmının da hareket direncini azaltmaya ayrılmasıdır. Hafif ve orta yükler kaldırıldığı zaman sadece yerçekiminden kaynaklanan ve beklenenden daha fazla büyüklükte bir yavaşlamanın olduğu son bir evre ortaya çıkar ki bu da sporcunun yükün hareket yönünden zıt yöne doğru kuvvet uygulamasından kaynaklanır. Bu son evre esnasında kütle (m) dış gücüne karşı sporcu tarafından uygulanan kuvvet (F) negatiftir. Örneğin $F = m \cdot a$ den dolayı F sadece $a < g$ olduğunda negatif olur (g: yerçekimine rağmen ivmelenme; a: hareket eden yükü ifade eden ivmelenme). Bu yüzden kaldırışın konsantrik bölümü, bir itme ($F > 0$) ve frenleme ($F < 0$) içinde daha alt bölümlere ayrılabilir. Bu ayırım sadece hızlanma ($a > 0$) ve yavaşlama ($a < 0$) evrelerindeki konsantrik hareketin bir bölümdür (Jidovtseff vd., 2008; Sanchez-Medina vd., 2010).

Sanchez-Medina ve diğ erleri (2010) tarafından yapılan çalışmada, konsantrik bench press egzersizindeki 1TM kuvvetin farklı yüzdeleri arasındaki itme ve frenleme evrelerinin katkısı analiz edilmiştir. Yapılan çalışmada, frenleme ve itme evresinin toplam konsantrik sreye relatif katkısının hafif (1TM'nin % 20'si için itme evresi % 72, frenleme evresi % 28), orta (1TM'nin % 55'i için itme evresi % 88, frenleme evresi % 12) ve ağır (1TM'nin % 80'i için itme evresi % 100, frenleme evresi % 0) yükler arasında değiştiği rapor edilmiştir. Bu sonuçlardan da görüleceği gibi yük arttıkça bir kaldırış esnasında toplam konsantrik sreye frenleme evresinin relatif katkısı azalırken, itme evresinin katkısı artar. 1TM'nin % 80'inden sonra frenleme evresi tamamen ortadan kalkar ve konsantrik bir hareket tamamen itme evresinden meydana gelir. Bu durum, daha yüksek bir ortalama hızın (ve de daha düşük bir relatif yük) toplam konsantrik zamana frenleme evresinin relatif katkısını daha fazla yaptığı gerçeği ile açıklanır.

İzoinertial egzersizler sırasındaki farklı kuvvet ve g ölçümleri ile sprint veya sıçrama performansı arasındaki ilişkiler bazı çalışmalarda incelenmiştir. Yinede tam SQ hareketinin itme evresindeki kinetik - kinematiklerin kısa sprint ve sıçrama performansı ile ilişkilerinin araştırıldığı çok fazla çalışma mevcut değildir. Lopez-Segovia ve diğ erleri (2011) tarafından U21 futbolcularında yapılan ve tam SQ hareketinin itme evresindeki g parametreleri ile sprint performansı arasındaki ilişkinin araştırıldığı çalışmada, 70 kg'lık dış yükle uygulanan tam SQ hareketinin itme evresindeki OG'nin, sprint zamanlarının çoğu ile ilişkili olduğu elde edilmiştir. Ayrıca 30 ve 40 kg dış yük ile uygulanan tam SQ hareketindeki OG ve 10 metre sprint zamanı arasında da anlamlı bir ilişki bulmuşlardır. Bunun dışında, farklı dış yüklerle uygulanan tam SQ hareketindeki g parametreleri ve sprint zamanı arasında anlamlı ilişki elde edilmemiştir. Lopez-Segovia ve diğ erleri (2009) tarafından yapılan bir başka çalışmada da farklı yüklerdeki (30, 40, 50, 60 kg) tam SQ hareketi esnasındaki OG ile 10, 20 ve 30 m sprint zamanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki elde edilmiştir.

Requena ve diğ erleri (2009) tarafından yapılan ve 1. lig futbolcularının yarım SQ hareketinde vücut ağırlığının % 50, 75, 100 ve 125'ini yansıtan bir dış yükle elde edilen OİG ve ZG'nin dikey sıçrama performansı ile ilişkisinin araştırıldığı çalışmada, bu parametrelerin sıçrama performansı ile istatistiksel olarak anlamlı ilişki gösterdiği elde edilmiştir. Marques ve diğ erleri (2011) ise farklı branşlardaki amatör sporcuların 5 m sprint zamanları ile dikey sıçrama kuvvet metrikleri arasındaki ilişkileri araştırdıkları çalışmada, 5 m sprint performansı ile bir smith makine kullanılarak yapılan countermovement sıçrama egzersizi esnasındaki OİG ve OİK arasında yüksek düzeyde kuvvetli ilişkiler elde etmişlerdir. Buna karşılık kısa sprint performansı ile OG, ZG, OK, ZK, OİH ve ZH arasında anlamlı ilişki elde edilmemiştir.

2. 2. Literatür Taramasının Sonucu

İnsan yaşamının önemli bir parçası ve yürüme, koşma veya sıçrama gibi çok geniş bir içeriğe sahip olan hareketin gerçekleşmesi için merkezi sinir sistemi ve iskelet - kas sistemi arasında uyumlu bir aksiyonun olması gerekmektedir. Çünkü merkezi sinir sistemi, hareketi değerlendiren ve başlatan bir sistem iken; kaslar ise hareketi uygulayan bir çalıştırıcıdır. Bu nedenle, tendonlar yoluyla kemiklere bağlanan kasların kısalarak veya kasılarak bir kuvvet oluşturması ve bu sayede kasların kemikleri çekmesi ile vücut hareketi gerçekleşir. Kasların kasılması için gereken enerji, kas içinde depo halde bulunan ve çok kısa süreli hareketleri gerçekleştirmekte kullanılan ATP tarafından sağlanır.

Kas kasılması türleri üzerine çok farklı yaklaşımlar olmasına rağmen, kaslar genellikle izometrik, izotonik ve izokinetik olarak kasılır. Statik bir kasılma olan izometrik kasılmalar, dış bir dirençten üretilen kuvvetin kaslar tarafından yaratılan kuvvetten daha fazla olması durumunda kas boyunda ya da eklem açısında herhangi bir değişiklik olmadan kuvvetin tonusu ya da geriliminde artışın meydana geldiği kasılmalardır. Kas boyunda bir değişiklik olduğu için dinamik bir kasılma olan izotonik kasılmalar, kas tonusunun sabit kalarak kasın boyunda bir kısalmanın olduğu kasılmalardır. Genellikle konsantrik kasılmalarla eş anlamlı kullanılsalar da izotonik kasılmaların konsantrik ve eksantrik olarak iki farklı türü mevcuttur. Konsantrik kasılmalar, kas tarafından üretilen kuvvetin dış direnci yenmede yeterli olduğu ve bu nedenle de kasın boyunda bir kısalmanın meydana geldiği kasılmalardır. Eksantrik kasılmalar ise kas tarafından üretilen kuvvetin bir dış direnci yenmede başarısız olduğu durumlarda kas boyunda uzamanın meydana geldiği kasılmalardır. İzokinetik kasılmalarda ise hareket sürati sabittir ve hareketin tamamında maksimal kasılma meydana gelmektedir.

Bazı spor branşlarında mücadele eden sporcuların, diğer sporculara göre niçin daha iyi performans sergilediklerin açıklanmasına kısmen katkı sağlayan kas lifleri, hem aerobik hem de anaerobik enerji üretebilme yeteneğine sahiptir. Metabolik özelliklerine ve kasılma hızlarına göre iskelet kaslarının temel olarak hızlı ve yavaş kasılan olmak üzere iki lif türü vardır. Herhangi bir hareket şiddetinde meydana gelen güç miktarı da kas liflerine bağlıdır. Bununla birlikte, sürat ya da dayanıklılık sporları ile ilgilenen üst düzey sporcular ise farklı lif tiplerine sahiptir ve bu farklılığın kazanılmış bir yetenek mi yoksa genetik bir özellik mi olduğunu belirlemek için yapılan çalışmalarda, lif tipi dağılımın genetik olarak belirlendiği ve erken çocukluk çağından itibaren yaş ile birlikte önemli bir ölçüde değişmediği belirtilmiştir. Sprinter, halterci ya da güç gereken anaerobik temelli yarışmalardaki sporcular yüksek bir oranda hızlı kasılan lif tiplerine; mesafe koşucuları ya da aerobik temelli yarışmalardaki sporcular ise yüksek bir oranda yavaş kasılan lif tiplerine sahiptir. Yoğun bir şekilde yapılan

antrenmanlar, bir sporcunun kuvvet ya da dayanıklılık yeteneğini geliştirebilir ama bireyin genetik olarak kapasitesi yoksa dünya standartlarında bir kuvvet - güç sporcusu ya da ileri düzeyde mücadele eden dayanıklılık sporcusu olabilmesi mümkün değildir. Yani sadece yapılan antrenmanlar yeterli değildir ve aynı zamanda da bireyin ailesinden genetiksel aldığı kas lifinin özelliğine de ihtiyaç vardır.

Direnç antrenmanı ile ilişkili olan kinetik (kuvvet ve güç gibi) ve kinematikler (hız ve ivmelenme gibi), sinir - kas adaptasyonları oluşmasında önemli bir uyarıcıdır. Kısa zaman diliminde yüksek bir güç oranı üretme ve büyük dirençlere karşı oldukça yüksek bir kuvvet üretme yeteneği, günlük aktiviteler ve çoğu spor disiplinleri için çok önemlidir. Çünkü özellikle mücadele seviyesindeki çoğu spor branşı genellikle kassal kuvvet ve güce bağlıdır. Genelde mümkün olan maksimal kuvveti yaratma yeteneğine bağlı olan güç, bir çalışmanın zamansal oranıdır. Farklı yüklerde yapılan ölçümler arasındaki en yüksek güç verimi, maksimal güç verimidir ve bir sporcunun kondisyonunu yansıtır. Literatürde, maksimal güç veriminin elde edildiği yük değerlerinin hem farklı egzersizler arasında hem de aynı egzersizde farklılaştığı görülür. Bu farklılıklar genellikle metodolojik, içeriksel ya da bireyler arasındaki değişiklikten kaynaklanır. Herhangi bir egzersizdeki güç değerlendirmesi için genellikle ortalama güç, ortalama itme gücü ve zirve güç parametreleri kullanılır. Yapılan çalışmalarda, zirve güç ve relatif yük arasında daha güçlü ilişkiler elde edilmiş ve zirve gücün performansı daha iyi yansıttığı ifade edilmiştir. Güç ve kuvvet terimi ara sıra birbirlerinin yerine kullanılmasına rağmen, bu doğru bir yaklaşım değildir. Çünkü güç, bir zaman bileşenine sahiptir. Kassal uygunluğun önemli motorik özelliklerinden biri olan ve genellikle de kas gücü ile eş değer sayılan kuvvet ise bir kas ya da kas grubunun bir dirence karşı tek bir istemli kasılmada ürettiği maksimal kuvvet miktarıdır ve bir tekrarlı maksimal olarak da adlandırılır.

Vektörel bir parametre olan hız, pozisyonlarda meydana gelen değişimin; sürat ise katedilen bir mesafenin zamansal oranıdır. Kuvvet ve kasılma hızı arasındaki ilişki ilk kez 1938 yılında incelenmiş ve bu iki parametre arasında zıt bir ilişki bulunmuştur. Yani ağırlık arttıkça, kas tarafından ortaya konulan kuvvet artar ama hız azalır. Hareketin hızı arttıkça, kasın ortaya koyduğu zirve kuvvet azalır. Maksimal hareket hızına uygulanan kuvvet sıfır olduğunda ulaşılır. Kuvvet - hız ilişkisindeki en önemli konu olan zirve kuvvet, hızlı kasılan lif yüzdesi fazla olan kaslarda daha yüksektir. İtme evresindeki hız değerlendirmesi için OH, OİH ve ZH parametreleri kullanılır. Kuvvet seviyelerindeki değişimlerle ilgili en önemli uyarıcının egzersiz şiddeti olduğu kabul edilir ve genellikle de relatif yük ile ilişkilendirilir. Yapılan çalışmalarda, OİH ve relatif yük arasında daha güçlü ilişkiler elde edilmiş ve OİH parametresinin performansı daha iyi yansıttığı belirtilmiştir.

Bireysel ya da takım sporlarını içeren birçok spor branşının temelini oluşturan sprint ve sıçrama performans, bu sportlardaki başarılı bir performans için önemli bileşenler olarak kabul edilmektedir. Yani daha yüksek sıçramak ya da daha hızlı koşabilmek, sporcunun performansına önemli bir katkı sağlayacaktır ve böylece de rakibine oranla daha belirgin bir avantaja sahip olacaktır. Sporcunun sahip olduğu güç, kuvvet ve hız özelliklerinin yüksek bir çalışma ya da hareket hızı ve büyük dirençlere karşı oldukça yüksek bir kuvvet yaratma yeteneği gereken sportlarda oldukça önemli olmasından dolayı kinetik - kinematiklerin sprint ve sıçrama performansı ile ilişkisini araştırarak hangi değişkenin hangi yüklenme yoğunluğu ile ilişkili olduğunu belirlemek spor bilimi literatürüne yeni bir yaklaşım getirecektir.

3. YÖNTEM

Bu bölümde; çalışmada kullanılan araştırmanın modeli, evren ve örneklem, verilerin toplanması ve verilerin analizi ile birlikte bu bölümlerin alt basamakları yer almaktadır.

3. 1. Araştırma Modeli

Bu araştırmada, nicel araştırma yöntemlerinden olan korelasyonel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Korelasyonel araştırmalar, iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi betimlemek için ilişkilerin derinlemesine analiz edildiği (Karakaya, 2012) ve değişkenlere bir müdahale edilmeden incelenen araştırma yöntemidir. Değişkenlere müdahale edilmemesi nedeniyle nedensel karşılaştırma araştırmalarına benzer. Fakat bu araştırmalarda bağımlı değişkeni etkileyen bağımsız değişkenler, neden - sonuç ilişkisi içinde belirlenmeye çalışılır. Korelasyonel araştırmalarda sadece değişkenlerin birlikte değişimleri incelenir. Bu inceleme bir neden - sonuç ilişkisinin olabileceği konusunda araştırmacıya fikir verebilir ama kesinlikle neden - sonuç şeklinde yorumlanmaz (Fraenkel ve Wallen, 2006'dan aktaran: Büyüköztürk vd., 2012: 184). Bu anlamda, korelasyon araştırmalarının değişkenler arasındaki ilişkilerin açığa çıkarılması ve bu ilişkilerin düzeylerini belirlemede etkili ve bu ilişkilerle ilgili daha üst düzey araştırmalar yapılmasında gerekli ipuçları sağlayan önemli araştırmalar olduğu ifade edilebilir (Büyüköztürk vd., 2012).

Korelasyonel araştırmalarda değişkenler arasındaki ilişki, farklı türdeki değişkenler için farklı teknikler kullanılarak hesaplanan bir korelasyon katsayısı (r) ile gösterilir ve - 1 ile + 1 arasında değerler alabilir. Değişkenler arasındaki katsayısı +1 olduğunda değişkenler arası ilişkinin en yüksek ve değişkenlerin birbirleriyle ilişkili olduğu; korelasyon katsayısı 0.30'dan az olduğunda değişkenler arasındaki ilişkinin düşük olduğu; 0.30-0.70 arasında olduğunda orta düzeyde; 0.70 ve üzeri olduğunda ilişkinin yüksek olduğu söylenebilir (Büyüköztürk, 2010; Köklü vd., 2007'den aktaran: Karakaya, 2012: 69). Korelasyon katsayısının 0 olması ise iki veya daha fazla değişken arasında herhangi bir ilişki olmadığını ortaya koyar (Çepni, 2007). Eğer ilişki eksi (-) olur ve -1'e yaklaşırsa, iki değişken arasında ters yönde anlamlı bir ilişkinin olduğunu gösterir (Sönmez ve Alacapınar, 2013). Yani korelasyon katsayısının pozitif olması, bir değişkende artış olduğunda diğer değişkende de artışın olduğunu; negatif olması ise bir değişkende artış olurken diğerinde azalmanın olduğunu gösterir (Büyüköztürk vd., 2012).

Korelasyonel araştırmalarda kullanılan değişkenlere, bazı durumlarda “keşfedici” ya da “yordayıcı” gibi isimler verilebilir (Karakaya, 2012). Keşfedici korelasyon araştırmaları, değişkenler arası ilişkileri çözümlyerek önemli bir olayı anlamaya çalışmak için kullanılır. Keşfedici korelasyonel araştırmaların yürütülmesinde uzak hedef, neden - sonuç ilişkilerinin belirlenmesi de olabilir. Yordayıcı korelasyon araştırmalarında ise değişkenler arasındaki ilişkiler incelenerek değişkenlerin birinden yola çıkarak diğeri yordanmaya çalışılır. Yani bir değişkenin bilinen bir değerinden yola çıkarak diğer değişkenin bilinmeyen değeri elde edilmeye çalışılır. Bu değişkenlerden yordama işlemi yapılacak olan değeri bilinen değişken yordayan (yordayıcı) değişken, değeri belirlenecek değişkene ise ölçüt değişken denir. İki değişken arasındaki ilişki ne kadar yüksekse, bu belirlemenin o kadar doğru yapılacağından söz edilebilir (Büyüköztürk vd., 2012).

3. 2. Evren ve Örnekleme

3. 2. 1. Evren

Evren; bir araştırmada kullanılacak örneklemin oluşturulmasında temel alınan ve bu araştırma sonunda ulaşılan sonuçların genellenmek istendiği gerçek ya da hipotetik insan, olay veya objelerin bütününe verilen isimdir (Baydar vd., 2009). Gümüşhane ilinde mücadele sporlarına dayalı bireysel ya da takım sporları olarak aktif olan ve büyükler kategorisinde de sporculara sahip 8 farklı spor branşı vardır. Gümüşhane ilinde (ilçeler dahil) amatör olarak 7 futbol takımı ve birer tane de voleybol, basketbol ve hentbol takımları vardır. Ayrıca boks, kick boks, atletizm ve bilek güreşi branşları Gümüşhane Gençlik ve Spor Kulübü bünyesinde yapılmaktadır. Bu araştırmanın evrenini, Gümüşhane ilinde aktif olarak spor yapan ve temel bir kuvvet seviyesine sahip farklı spor branşlarındaki 345 erkek amatör sporcu oluşturur.

3. 2. 2. Örnekleme

Bu araştırmanın örnekleme seçiminde olasılığa dayalı örnekleme yöntemlerinden basit olasılıklı (rastgele) örnekleme yöntemi kullanılmış ve çalışmaya gönüllü katılmak isteyen 75 amatör sporcu araştırmaya dahil edilmiştir. Ölçümler sürecinde sakatlanan, çalışmadan çıkmak isteyen ve ölçümlerin tamamına katılmayan sporcular araştırmadan çıkartılmıştır. Bu nedenle yapılacak olan araştırmanın örnekleme grubunu, farklı spor branşlarında (futbol, hentbol, basketbol, voleybol, kick boks ve atletizm) mücadele eden ve çalışmaya gönüllü olarak katılan 32 erkek amatör sporcu oluşturmaktadır. Bu örnekleme grubu, evrenin yaklaşık % 10'unu yansıtmaktadır. Deneklerin fiziksel özellikleri tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Deneklerin Fiziksel Özellikleri

Değişkenler	n	Ortalama	Standart Sapma	Minimal	Maksimal
Yaş (yıl)	32	20,4	1,98	18	24
Boy (cm)	32	179,3	7,23	164	191,5
Kilo (kg)	32	73,5	9,85	54,7	99,7

3. 3. Verilerin Toplanması

Bu başlıkta altında, araştırmada kullanılan veri toplama araçları ve veri toplama süreci esnasında yapılan işlemler hakkında detaylı bilgiler yer almaktadır.

3. 3. 1. Veri Toplama Araçları

Yapılan araştırma kapsamında aşağıda sıralanan ve detaylı bir şekilde anlatılan veri toplama araçları kullanılmıştır.

3. 3. 1. 1. Boy ve Kilo Ölçüm Cihazı

Deneklerin boy ve kilo ölçümleri, Seca 769 marka elektronik bir ölçüm aleti (Seca Anonim Şirketi, Hamburg, Almanya) kullanılarak elde edilmiştir (resim 1). Kullanılan aletin ölçüm doğruluğu, boy uzunluğu için 0.1 cm; vücut ağırlığı için 0.01 kg hassasiyetindedir.



Resim 1. Boy ve kilo ölçüm cihazı

3. 3. 1. 2. Smith Makine

Deneklerin tam SQ hareketindeki bir tekrarlı maksimal kuvvet testleri ve 1TM'nin farklı yüklerinde yapılan kaldırışları, sabit bir dikey düzlem olan smith makine (Esjim, Eskişehir) aletinde yapılmıştır (resim 2). Bu alet, squat (SQ) ve bench press (BP) gibi kompleks egzersizlerde kasların stabilize olmasını desteklemek için tasarlanmıştır. Bütün egzersizleri dikey harekete dönüştürmesinden dolayı makinedeki yapılan aktiviteler, iskelet kemiklerini güçlendirmeye yardımcı olur (Pinchas, 2006). Sporcuların elinden barın düşmesi ya da sallanması gibi herhangi bir durumun olmamasından dolayı BP, SQ ve baş üstü kaldırmalar gibi egzersizlerin güvenliğini artırır (Neporent vd., 2006).



Resim 2. Smith makine

3. 3. 1. 3. Serbest Ağırlıklar

Deneklerin tam SQ hareketindeki 1TM değerlerini ve farklı yüklerdeki kaldırışlarını smith makinede değerlendirmek için serbest ağırlıklar (1 kg, 1.25 kg, 2.5 kg, 5 kg, 10 kg, 15 kg, 20 kg; Esjim, Eskişehir) kullanılmıştır (resim 3). Elektronik baskülde serbest ağırlıklar tartılarak ağırlıklarının doğruluğu kontrol edilmiştir.

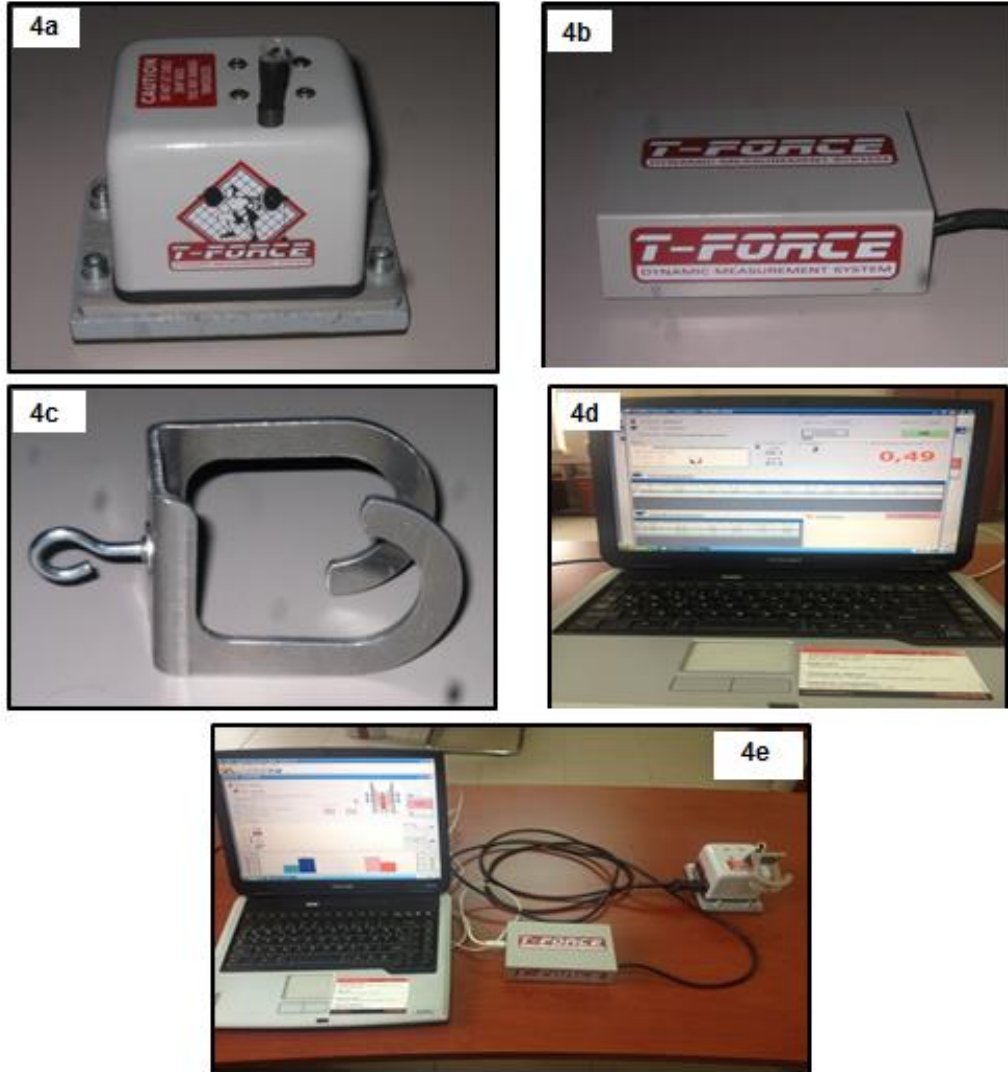


Resim 3. Serbest ağırlıklar

3. 3. 1. 4. T-Force Dinamik Ölçüm Sistemi

Deneklerin farklı yüklerde yaptığı tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki kinetik ve kinematiklerin elde edilmesi için T-Force dinamik ölçüm sistemi (Ergotech, Murcia, İspanya) kullanılmıştır. Bu sistem, direnç antrenmanındaki kuvvet ve gücü değerlendiren bir dinamik ölçüm sistemidir. Teknik olarak kaldırılan ağırlıklardaki hızı doğrudan ölçtüğü için izoinertial bir hız göstergesi olarak da düşünülebilir. Bu sistemin kullanımı özellikle tipik ağırlık kaldırma egzersizleri ya da yerçekimine karşı dikey eksen boyunca hareket eden bir yükü yenmenin zorunlu olduğu herhangi bir direnç antrenman egzersizi için uygundur. Sistem, elektro-mekanik bir donanım (hız sensörü ve ara birim) ve bu donanımı yöneten özel bir bilgisayar programını (T-Force sistem yazılımı) içerir. Hız sensörü genellikle zemine konulur ve alüminyum gövdesi içindeki yüksek bir hassasiyete sahip takojeneratör yoluyla 2 metrelik kablunun ne kadar hızlı bir şekilde çekilip bırakıldığını ölçerek kaldırılan yüklerin hızını ölçer (resim 4a). Yani sensör, kablunun hareketi ile orantılı akım sağlar ve hareketin yapıldığı yüklerdeki hızın doğrudan bir belirlenmesi elde edilir. Kablo, naylon ile kaplanmış paslanmaz bir çelikten yapılmıştır ve 0.50 mm çapa sahiptir. Telin gerilimi (5 N) ise büyük ivmelenmelere dayanabilir ve bu yüzden dikey sıçrama, çekme ve kaldırma gibi ani sportif hareketlerde bu sistemin kullanılması sorun oluşturmaz. Bilgisayara iletim ara birimi, 14-bit çözünürlük ile donatılmış elektronik bir veri edinme panosunu içerir (resim 4b). Çok hızlı ve güvenilir veri transferlerine imkan sağlayan USB girişi ile bilgisayara bağlanır. Elde edilen verinin örnekleme frekansı 1.000 Hz'de sabittir. Yani her milisaniyedeki anlık hız verisi elde edilir. Ağırlık halterine güç çevirici kablосunu bağlamak için özel olarak tasarlanan çengel (resim 4c) kullanılmıştır (Sanchez-Medina vd., 2010).

T-Force yazılımı, her tekrardaki ilgili kinetik - kinematik değişkenleri otomatik olarak hesaplar ve bu değişkenleri bilgisayarda sayısal ve grafik olarak gösterir (resim 4d). Ayrıca analiz için diskte bilgileri kaydeder ve işitsel geri bildirim sağlar. Kaydedilen veri; hareketi tanımlayan mesafe, zaman, hız, ivmelenme, kuvvet ve güç çıktısı gibi temel biyomekanik değişkenlerdir. Güçlü analiz yazılımı ile sayısal ve grafiksel yöntem içinde egzersizin her bir ayrıntısını analiz etmek mümkündür (Sanchez-Medina vd., 2010).



Resim 4. T-Force dinamik ölçüm sistemi: (4a) hız sensörü, (4b) bilgisayara iletileri sağlayan ara birim, (4c) ağırlık halterine bağlanan çengel, (4d) sistemin yazılım programı ve (4e) sistemin kurulumu

İspanya Ulusal Uzay Teknoloji Enstitüsü (INTA) tarafından daha önceleri ayarlanan yüksek doğrulukta bir dijital yükseklik ölçümü ile T-Force dinamik ölçüm sisteminden elde edilen yer değiştirme ölçümleri karşılaştırılarak aletin geçerlilik ve güvenilirliği yapılmıştır. 18

farklı T-Force ünitesi ile karşılaştırmalar yaptıktan sonra hız ölçümlerindeki ortalama relatif hata $< \% 0.25$ olarak bulunmuştur. Buna ek olarak iki alet ile eş zamanlı 30 tekrar yapıldığı zaman (ortalama hız aralığı 0.3 - 2.3 m/s), en yüksek hız için grup içi korelasyon katsayısı 1.00 (% 95 güven aralığı: 0.99-1.00) ve CV için % 1.75 olarak elde edilirken; ortalama itme hızı için ise grup içi korelasyon katsayısı 1.00 (% 95 confidence interval: 1.00-1.00) ve CV için % 0.57 olarak elde edilmiştir (Sanchez-Medina ve Gonzales-Badillo, 2011). Böylece, çok yüksek örnekleme frekansı ve güçlü analiz yazılımına sahip olması ile birlikte güvenilirlik ve hassasiyeti, T-Force dinamik ölçüm sisteminin spor bilimi araştırmalarında kullanılmasını oldukça uygun yapmaktadır (Sanchez-Medina vd., 2010).

3. 3. 1. 5. Fotosel

Deneklerin 5 - 30 metre sprint zamanları, Newtest Powertimer marka taşınabilir bir fotosel sistemi (Model 300s, Oy, Finlandiya) kullanılarak elde edilmiştir (resim 5).



Resim 5. Newtest Powertimer

3. 3. 1. 6. Şeritmetre

5 - 30 metre koşu mesafelerini belirlemek ve deneklerin sıçrama yüksekliğini ölçmek için şeritmetre kullanılmıştır (resim 6).



Resim 6. Şeritmetre

3. 3. 2. Veri Toplama Süreci

Bu araştırmanın veri toplama süreci, her biri 5 gün süren 3 farklı dönem içinde toplam 15 günde tamamlanmıştır. İlk dönemde, çalışmaya katılan deneklerin fiziksel özellikleri ile tam SQ hareketindeki 1TM değerleri belirlenmiş ve 1TM değerlerinin farklı yüzdelerine (% 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100) karşılık gelen ağırlıklar hesaplanarak kaydedilmiştir. İkinci dönemde, daha önce hesaplanan 1TM'nin farklı yüzdelerindeki ağırlıklarda deneklere tam SQ hareketi yaptırılmıştır. Uygulanan ağırlıklarda deneklerin tam SQ hareketindeki itme evreleri; ortalama güç (OG), ortalama itme gücü (OİG), zirve güç (ZG), ortalama hız (OH), ortalama itme hızı (OİH), zirve hız (ZH) ortalama kuvvet (OK), ortalama itme kuvveti (OİK) ve zirve kuvvet (ZK) olarak elde edilmiştir. Üçüncü ve son dönemde ise deneklere 5 - 30 metre sprint ve dikey sıçrama testleri uygulanmıştır. Çalışmaya katılan deneklerin tam SQ ölçümleri kondisyon salonunda; 5 - 30 metre sprint ölçümleri atletizm pistinde; dikey sıçrama testleri ise kapalı spor salonunda gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümler her bir denek için yaklaşık 2 saat sürmüştür. Çalışma süresince uygulanan bütün işlemler alt başlıklar halinde aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

3. 3. 2. 1. Boy ve Kilo Ölçümü

Deneklerin kiloları, ağırlıklarını etkilemeyecek bir şekilde ayakkabısız ve üstlerinde sadece şort ve tişört ile kilogram (kg) cinsinden ölçülmüştür. Boy uzunlukları ise ayakkabısız, vücut ağırlığı iki ayağına eşit dağılmış bir şekilde santimetre (cm) cinsinden kaydedilmiştir (resim 7).



Resim 7. Boy ve kilo değerlerinin belirlenmesi

3. 3. 2. 2. Bir Tekrarlı Maksimal (1TM) Kuvvetin Elde Edilmesi

Bir tekrarlı maksimal (1TM) protokolu, kuvvet ve gücün test edilmesi için kullanılan ve evrensel olarak kabul edilen yöntemlerden biridir. Esasen belirli bir egzersiz için bir kişinin 1TM değeri, yapılan egzersizde bir tekrardan daha fazla kaldırılamayan maksimal ağırlık miktarıdır (Murray vd., 2007). Diğer bir deyişle, sinir kas sisteminin istemli kasılması sonucu sporcunun kaldırabileceği en büyük ağırlık ya da bir direncin kaldırılması olarak tanımlanır (Gündüz, 1997). Bu araştırmada deneklerin tam squat hareketindeki 1TM kuvvet değerleri, Beachle, Earle ve Wathen (2008) tarafından tasarlanan yöntem kullanılarak elde edilmiştir. Bu yöntemde yapılan işlemler, maddeler halinde aşağıda açıklanmıştır.

1. 10 dakikalık genel bir ısınma çalışmasından sonra denek, 5 - 10 tekrara olanak sağlayan bir yükte tekrarlar yaparak ısındırılmıştır,
2. Bir (1) dakika dinlenme verilmiştir,
3. Deneğin 1. basamakta kullandığı yüke 14 ila 18 kg arasında ağırlık ilave edilerek 3 - 5 tekrar yapmasına olanak sağlayan bir ısınma yükü hesaplanmıştır,
4. İki (2) dakika dinlenme verilmiştir,
5. Deneğin 3. basamakta kullandığı yüke 14 ila 18 kg arasında ağırlık ilave edilerek 2 - 3 tekrar yapmasına olanak sağlayan maksimale yakın bir yük hesaplanmıştır,
6. Üç (3) dakika dinlenme verilmiştir,

7. Deneğin 5. basamakta kullandığı yük, 14 ila 18 kg arasında artırılarak bir tekrarlı maksimal girişim yaptırılmıştır,
8. Üç (3) dakika dinlenme verilmiştir,
9. Eğer denek 7. basamaktaki ağırlığı kaldırmada başarılı olursa, yük tekrar uygun oranda artırılarak devam edilmiştir. Fakat denek 1TM girişiminde başarısız olursa 7 ila 9 kg arasında yük azaltılarak ağırlık kaldırılmıştır,
10. Üç (3) dakika dinlenme verilmiştir,
11. Denek uygun bir teknik ile bir tekrarlı maksimali tamamlayana kadar yük azaltılıp artırılmaya devam edilmiştir ve deneğin 1TM kuvvet değeri en fazla 5 denemede belirlenmiştir.



Resim 8. Tam SQ hareketindeki 1TM kuvvetin belirlenmesi

3. 3. 2. 3. İtme Evresindeki Güç, Hız ve Kuvvet Değerlerinin Belirlenmesi

Çalışmaya katılan deneklerin 1TM değerleri belirlendikten sonra, tam SQ hareketinde daha önce belirlenmiş olan 1TM'nin farklı yüzdelerindeki ağırlık ölçümleri gerçekleştirilmiştir (resim 9). Tam SQ hareketi, Earle ve Beachle (2008) tarafından tasarlanan bir prosedür uygulanarak ölçülmüştür. Bu prosedürde denek, omuz genişliğinden biraz daha geniş olan içe dönük bir kavrama ile ağırlık halterini kavramış ve halter omuz arkası hizasının üstüne (yüksek bar pozisyonu) yerleştirilmiştir. Ayaklar omuz genişliğinden biraz daha geniştir ve denek alçalmaya başladığında ayakları biraz dış tarafı göstermiştir. Denekler alçalmadaki

en düşük noktaya uylukları yere paralel olduğunda ulaşmışlar ve yardım olmaksızın devamlı bir hareket içinde ağırlık halterini kaldırmışlardır. Güvenlik için ağırlık halterinin her iki yanına da birer yardımcı yerleştirilmiştir. Hareketin uygulanma sırasında deneklere ağırlık halterini indirirken nefes almaları, kaldırırken ise nefes vermeleri gerektiği belirtilmiştir (resim 9). Tam SQ hareketi esnasında yapılan kaldırışlarda hafif yüklerde 3 tekrar, orta yüklerde 2 tekrar yaptırılmış ve en iyi değerler istatistik analizi için kaydedilmiştir. Ağır yüklerde ise deneklere 1 tekrar yaptırılmıştır. Farklı yüzdelerdeki ağırlık kaldırışlarında, hafif ve orta yükler için 2-3 dakikalık bir dinlenme süresi verilirken; ağır yükler için ise 3-5 dakikalık bir dinlenme süresi verilmiştir. Konsantrik evre daima maksimal hızda yapılırken, eksantrik evre ise kontrollü bir hızda yapılmıştır.



Resim 9. Tam SQ hareketindeki itme evresinin değerlendirilmesi

3. 3. 2. 4. Sprint Sürelerinin Ölçülmesi

10 dakikalık genel bir ısınma çalışmasından sonra, deneklere statik bir pozisyondan (ilk fotosel sensörünün 0 metre arkasından) ikişer kez 5 - 30 metre sprint testleri yaptırılmış ve en iyi 5 - 30 metre sprint zamanları istatistiksel analiz için kaydedilmiştir. Deneklere ilk önce 5 metre sprint testi uygulanmış ve tam toparlanma sağlamak için ölçümler arasında 3 dakikalık bir dinlenme süresi verilmiştir. Bütün denekler 5 metre sprint testlerini bitirdikten sonra 30 metre sprint testindeki ölçümleri alınmıştır. Sprint testleri, Gümüşhane Üniversitesi BESYO atletizm pistinde uygulanmıştır.



Resim 10. 5 - 30 metre sprint testi ölçümleri

3. 3. 2. 5. Dikey Sıçrama Yüksekliğinin Ölçülmesi

10 dakikalık genel bir ısınma çalışmasından sonra, deneklerin dikey sıçrama testleri Gümüşhane Üniversitesi BESYO spor salonunda yaptırılmıştır. İlk olarak test platformu önünde deneklerin standart kol uzunlukları belirlenmiş ve daha sonra mümkün olduğu kadar yükseğe sıçramaları istenmiştir. Test sonunda, deneklerin sıçrama mesafeleri ve standart kol uzunlukları arasındaki mesafe hesaplanmış ve dikey sıçrama mesafesi santimetre olarak kaydedilmiştir. Sıçrama testi, deneklere yeterli dinlenme süresi verilerek iki kez yaptırılmış ve en iyi test değerleri istatistiksel analiz için kaydedilmiştir (resim 11).



Resim 11. Dikey sıçrama testi ölçümleri

3. 4. Verilerin Analizi

Bu araştırmada, toplanan verilerin istatistiksel analizi için SPSS 16.0 istatistik paket programı kullanılmıştır. Deneklerin bazı fiziksel ve performans özellikleri ile farklı yüklerde yapılan tam SQ hareketinin itme evresindeki güç, hız ve kuvvet parametrelerinin değerleri, tanımlayıcı istatistikler ile belirlenmiştir. Tam squat hareketinin itme evresindeki güç, hız ve kuvvet parametreleri ile 5 - 30 metre sprint zamanları ve sıçrama performansı arasındaki ilişki; 1TM kuvvet ile 5 - 30 metre sprint zamanları ve sıçrama performansı arasındaki ilişki; sıçrama mesafesi ile 5 - 30 metre sprint zamanları arasındaki ilişki ve tam SQ hareketinin itme evresindeki güç, hız ve kuvvet parametreleri ile 1TM yüzdelerle yük değerleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi için korelasyon analiz tekniği kullanılmıştır. Ayrıca tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki güç, hız ve kuvvet parametrelerinin yükler arasında farklılık gösterip göstermediğine ise bağımlı gruplar için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile bakılmıştır. Tüm istatistiksel analizlerde anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Tam squat hareketinin itme evresindeki kinetik - kinematiklerin, sprint ve sıçrama performansı ile ilişkilerinin araştırıldığı bu araştırmanın istatistiksel analizler sonucunda elde edilen sonuçları aşağıda tablolar halinde verilerek detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Çalışmaya katılan deneklerin performans testlerine ait tanımlayıcı istatistik değerleri tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Deneklerin Performans Değerleri

Değişkenler	n	Ortalama	Standart Sapma	Minimal	Maksimal
5 m Sprint (sn)	32	1,11	0,73	1,01	1,29
30 m Sprint (sn)	32	4,39	0,18	3,97	4,77
Dikey Sıçrama (cm)	32	50,25	7,50	34	69
1TM Tam Squat (kg)	32	101,0	18,7	70	150

Tablo 4 incelendiğinde, çalışmaya katılan deneklerin tanımlayıcı istatistik sonuçlarına göre 5 - 30 metre sprint testlerindeki ortalama zamanlarının söylenen sıraya göre 1,11 (\pm 0,73 sn) ve 4,39 (\pm 0,18 sn), ortalama dikey sıçrama yüksekliklerinin 50,25 (\pm 7,50 cm) ve tam squat hareketindeki ortalama 1TM kuvvet değerlerinin 101,0 (\pm 18,7 kg) olarak elde edildiği görülmektedir.

Çalışmaya katılan deneklerin farklı yüklerde yaptıkları tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki (konsantrik evre) güç parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik değerleri tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki Güç Değerleri

1TM Yük		Güç Parametreleri (W)		
(%)	n	OG	OİG	ZG
20	32	125,2 ± 26,6	143,4 ± 30,2	718,2 ± 152
30	32	152,5 ± 31,6	188,3 ± 24,3	926,1 ± 244,8
40	32	197,2 ± 55,1	280,1 ± 85,1	1129,4 ± 275,8
50	32	226,8 ± 63,4	329,3 ± 131,1	1341,6 ± 393,5
60	32	232 ± 56,2	337,3 ± 99,9	1357,8 ± 391,9
70	32	236,3 ± 72,1	336,2 ± 100,5	1382,5 ± 500
80	32	212,7 ± 54	308,4 ± 100	1311,2 ± 498,3
90	32	197,7 ± 55,5	230,7 ± 65	1288,3 ± 441,7
100	32	162,1 ± 46,4	164,5 ± 59,4	1023 ± 449,7

OG: Ortalama Güç; OİG: Ortalama İtme Gücü; ZG: Zirve Güç

Tablo 5 incelendiğinde, çalışmaya katılan deneklerin tanımlayıcı istatistik sonuçlarına göre farklı yüklerde yaptıkları tam SQ hareketindeki OG ve ZG değerlerinin 1TM'nin % 20 - 70'i arasında kademeli olarak artış gösterdiği ve daha sonra azaldığı; buna karşılık OİG değerlerinin ise 1TM'nin % 20 - 60'ı arasında kademeli olarak bir artış gösterdiği ve daha sonra azaldığı görülmektedir. Ayrıca farklı yüklerde yapılan tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki maksimal güç değerlerine OG (236,3 W) ve ZG (1382,5 W) parametreleri için 1TM'nin % 70'inde kaldırılan yüklerde, OİG (337,2 W) parametresi için de 1TM'nin % 60'ında kaldırılan yüklerde ulaşıldığı görülmektedir.

Araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların (n = 32), 1TM'nin % 20 - 100'ü arasında uyguladıkları tam squat hareketinin itme evresindeki OG değerlerinin yükler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini araştırmak için 0.05 anlamlılık düzeyindeki tek yönlü ANOVA analizi sonuçları tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. OG Değerlerinin Yükler Arasındaki ANOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p	Anlamlı Fark
Gruplararası	388781,27	8	48597,65	17,279	,000*	20-40, 20-50, 20-
Gruplarıçi	784681,82	279	2812,480			60, 20-70, 20-80,
Toplam	1173463,09	287				20-90, 30-50, 30-60, 30-70, 30-80, 50-100, 60-100, 70-100

* P < 0.05

Analiz sonuçlarına göre araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların tam SQ hareketinin itme evresindeki OG değerleri, yükler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir ($F_{8,279}$; 17,279, $p < 0.05$). Yani tam SQ hareketinin itme evresindeki OG değerleri, 1TM yüzdeler yük değerlerine bağlı olarak anlamlı bir şekilde değişmektedir. Farklılıkların hangi yüzdeler yük değerleri arasında olduğunu belirlemek için ikinci seviye testi olarak Scheffe testi uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre; 1TM'nin % 20'sindeki OG değerinin ($\bar{X} = 125,2 \pm 26,6$), 1TM yük değerinin % 40 ($\bar{X} = 197,2 \pm 55,1$), % 50 ($\bar{X} = 226,8 \pm 63,4$), % 60 ($\bar{X} = 232 \pm 56,2$), % 70 ($\bar{X} = 236,3 \pm 72,1$), % 80 ($\bar{X} = 212,7 \pm 54$) ve % 90'ındaki ($\bar{X} = 197,7 \pm 55,5$) OG değerlerinden; 1TM yük değerinin % 30'unda elde edilen OG değerinin ($\bar{X} = 152,5 \pm 31,6$), 1TM yük değerinin % 50, % 60, % 70 ve % 80'indeki OG değerlerinden daha düşük ve yükler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu elde edilmiştir. 1TM'nin % 50, % 60 ve % 70'indeki OG değerlerinin ise 1TM yük değerinin % 100'ünde elde edilen OG değerinden ($\bar{X} = 162,1 \pm 46,4$) daha yüksek ve yükler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu elde edilmiştir. Bu yükler haricinde, 1TM'nin % 20 - 100'ü arasında uygulanan tam SQ hareketinin itme evresindeki OG değerlerinin yükler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermediği elde edilmiştir.

Araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların (n = 32), 1TM'nin % 20 - 100'ü arasında uyguladıkları tam squat hareketinin itme evresindeki OİG değerlerinin yükler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini araştırmak için 0.05 anlamlılık düzeyindeki tek yönlü ANOVA analizi sonuçları tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. OİG Değerlerinin Yükler Arasındaki ANOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p	Anlamlı Fark
Gruplararası	1536218,31	8	192027,28	26,745	,000*	20-40, 20-50, 20-60,
Gruplarıçi	2003185,12	279	7179,875			20-70, 20-80, 20-90,
Toplam	3539403,43	287				30-40, 30-50, 30-60,
						30-70, 30-80, 40-100,
						50-90, 50-100, 60-90,
						60-100, 70-90, 70-100
						80-100

* P < 0.05

Analiz sonuçlarına göre araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların tam SQ hareketinin itme evresindeki OİG değerleri, yükler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir ($F_{8,279}$; 26,745, $p < 0.05$). Yani tam SQ hareketinin itme evresindeki OİG değerleri, 1TM yüzdelik yük değerlerine bağlı olarak anlamlı bir şekilde değişmektedir. Farklılıkların hangi yüzdelik yük değerleri arasında olduğunu belirlemek için ikinci seviye testi olarak Scheffe testi uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre; 1TM'nin % 20'sindeki OİG değerinin ($\bar{X} = 143,4 \pm 30,2$), 1TM yük değerinin % 40 ($\bar{X} = 280,1 \pm 85,1$), % 50 ($\bar{X} = 329,3 \pm 131,1$), % 60 ($\bar{X} = 337,3 \pm 99,9$), % 70 ($\bar{X} = 336,2 \pm 100,5$), % 80 ($\bar{X} = 308,4 \pm 100$) ve % 90'ındaki ($\bar{X} = 230,7 \pm 65$) OİG değerlerinden; 1TM'nin % 30'undaki OİG değerinin ($\bar{X} = 188,3 \pm 24,3$), 1TM'nin % 40, % 50, % 60, % 70 ve % 80'indeki OİG değerlerinden daha düşük ve yükler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu elde edilmiştir. 1TM yük değerinin % 50, % 60 ve % 70'indeki OİG değerlerinin, 1TM yük değerinin % 90'ındaki OİG değerinden; 1TM yük değerinin % 40, % 50, % 60, % 70 ve % 80'inde elde edilen OİG değerlerinin de 1TM yük değerinin % 100'ündeki OİG değerinden ($\bar{X} = 164,5 \pm 59,4$) daha yüksek ve yükler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu elde edilmiştir.

Araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların (n = 32), 1TM'nin % 20 - 100'ü arasında uyguladıkları tam squat hareketinin itme evresindeki ZG değerlerinin yükler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini araştırmak için 0.05 anlamlılık düzeyindeki tek yönlü ANOVA analizi sonuçları tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. ZG Değerlerinin Yükler Arasındaki ANOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	P	Anlamlı Fark
Gruplararası	1,377	8	1721477,95	11,364	,000*	20-40, 20-50, 20-60,
Gruplarıçi	4,227	279	151489,856			20-70, 20-80, 20-90,
						30-50, 30-60, 30-70,
Toplam	5,604	287				

* P < 0.05

Analiz sonuçlarına göre araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların tam SQ hareketinin itme evresindeki ZG değerleri, yükler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir ($F_{8,279}$; 11,364, $p < 0.05$). Yani tam SQ hareketinin itme evresindeki ZG değerleri, 1TM yüzdeler yük değerlerine bağlı olarak anlamlı bir şekilde değişmektedir. Farklılıkların hangi yüzdeler yük değerleri arasında olduğunu belirlemek için ikinci seviye testi olarak Scheffe testi uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre; 1TM'nin % 20'sindeki ZG değerinin ($\bar{X} = 718,2 \pm 152$), 1TM yük değerinin % 40 ($\bar{X} = 1129,4 \pm 275,8$), % 50 ($\bar{X} = 1341,6 \pm 393,5$), % 60 ($\bar{X} = 1357,8 \pm 391,9$), % 70 ($\bar{X} = 1382,5 \pm 500$), % 80 ($\bar{X} = 1311,2 \pm 498,3$) ve % 90'ındaki ($\bar{X} = 1288,3 \pm 441,7$) ZG değerlerinden; 1TM'nin % 30'undaki ZG değerinin ($\bar{X} = 926,1 \pm 244,8$) ise 1TM yük değerinin % 50, % 60 ve % 70'inde elde edilen ZG değerlerinden daha düşük ve yükler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık elde edilmiştir. Bu yükler haricinde, 1TM yüzdeler yük değerlerinin % 20 - 100'ü arasında yapılan tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki OG değerlerinin ise yükler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermediği elde edilmiştir.

Araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların (n = 32), 1TM yüzdelerdeki yük değerleri ve tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki OG, OİG ve ZG değerleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için 0.05 anlamlılık düzeyindeki Pearson korelasyon sonuçları Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. 1TM Yüzdelerdeki Yük Değerleri ve Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki OG, OİG ve ZG Değerleri Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları

Pearson Korelasyon		Yük (60,00 ± 27,39 W)
OG	r	,218*
(193,61 ± 38,98 W)	p	,000
OİG	r	,107
(257,58 ± 77,45 W)	p	,070
ZG	r	,264*
(1164,23 ± 231,94 W)	p	,000

* p < 0.05

Tablo 9 incelendiğinde, 1TM'nin yüzdelerdeki yük değerleri ile tam SQ hareketinin itme evresindeki OG (r = ,218; p < 0.05) ve ZG (r = ,264; p < 0.05) parametreleri arasında düşük düzeyde, pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki görülürken; OİG (r = ,107; p > 0.05) parametresi arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olmadığı görülmektedir. Bu sonuçlara göre; 1TM yüzdelerdeki yük değerleri arttıkça, tam SQ hareketinin itme evresindeki OG ve ZG değerleri azalmaktadır. Ayrıca sonuçlara bakıldığında, farklı yüklerde yapılan tam squat hareketindeki relatif yük ve güç arasındaki en güçlü ilişkinin ZG ile elde edildiği görülmektedir.

Çalışmaya katılan deneklerin farklı yüklerde yaptıkları tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki (konsantrik evre) hız parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik değerleri tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki Hız Değerleri

1TM Yük		Hız Parametreleri (m/sn ⁻¹)		
(%)	n	OH	OİH	ZH
20	32	1,164 ± 0,200	0,906 ± 0,080	1,669 ± 0,163
30	32	1,101 ± 0,219	0,874 ± 0,077	1,585 ± 0,183
40	32	0,980 ± 0,212	0,757 ± 0,084	1,464 ± 0,145
50	32	0,710 ± 0,172	0,635 ± 0,083	1,299 ± 0,164
60	32	0,571 ± 0,133	0,524 ± 0,087	1,117 ± 0,190
70	32	0,404 ± 0,106	0,396 ± 0,054	0,969 ± 0,205
80	32	0,266 ± 0,072	0,305 ± 0,059	0,767 ± 0,218
90	32	0,217 ± 0,423	0,218 ± 0,037	0,716 ± 0,179
100	32	0,169 ± 0,040	0,147 ± 0,285	0,585 ± 0,207

OH: Ortalama Hız; OİH: Ortalama İtme Hızı; ZH: Zirve Hız

Tablo incelendiğinde, çalışmaya katılan deneklerin tanımlayıcı istatistik sonuçlarına göre farklı yüklerde yapılan tam SQ hareketindeki OH, OİH ve ZH değerlerinin yük artışına paralel olarak azaldığı görülmektedir. Ayrıca OH (1,164 m.s⁻¹), OİH (0,906 m.s⁻¹) ve ZH (1,669 m.s⁻¹) parametreleri için maksimal hızların 1TM'nin % 20'sinde kaldırılan yüklerde, en düşük hızların ise 1TM yükte yapılan kaldırıışlarda elde edildiği görülmektedir (söylenen sıraya göre 0,169 m.s⁻¹; 0,147 m.s⁻¹; 0,585 m.s⁻¹).

Araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların (n = 32), 1TM'nin % 20 - 100'ü arasında uyguladıkları tam squat hareketinin itme evresindeki OH değerlerinin yükler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini araştırmak için 0.05 anlamlılık düzeyindeki tek yönlü ANOVA analizi sonuçları tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. OH Değerlerinin Yükler Arasındaki ANOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p	Anlamlı Fark
Gruplararası	38,569	8	4,821	215,73	,000*	20-40, 20-50, 20-60, 20-
Gruplarıçi	6,235	279	,022			70, 20-80, 20-90, 20-100,
Toplam	44,803	287				30-50, 30-60, 30-70, 30-80, 30-90, 30-100, 40-50, 40-60, 40-70, 40-80, 40-90, 40-100, 50-70, 50-80, 50-90, 50-100, 60-70, 60-80, 60-90, 60-100, 70-90, 70-100

* P < 0.05

Analiz sonuçlarına göre araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların tam SQ hareketinin itme evresindeki OH değerleri, yükler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir ($F_{8,279}$; 215,73, $p < 0.05$). Yani tam SQ hareketinin itme evresindeki OH değerleri, 1TM yüzdeleri yük değerlerine bağlı olarak anlamlı bir şekilde değişmektedir. Farklılıkların hangi yüzdeleri yük değerleri arasında olduğunu belirlemek için ikinci seviye testi olarak Scheffe testi uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre; 1TM'nin % 20'sindeki OH değerinin ($\bar{X} = 1,164 \pm 0,20$), 1TM yük değerinin % 40 ($\bar{X} = 0,980 \pm 0,21$), % 50 ($\bar{X} = 0,710 \pm 0,17$), % 60 ($\bar{X} = 0,571 \pm 0,13$), % 70 ($\bar{X} = 0,404 \pm 0,10$), % 80 ($\bar{X} = 0,266 \pm 0,07$), % 90 ($\bar{X} = 0,217 \pm 0,42$) ve % 100'ündeki ($\bar{X} = 0,169 \pm 0,04$) OH değerlerinden; 1TM'nin % 30'undaki OH değerinin ($\bar{X} = 1,101 \pm 0,21$), 1TM'nin % 50, % 60, % 70, % 80, % 90 ve % 100'ündeki OH değerlerinden; 1TM'nin % 40'ındaki OH değerinin, 1TM'nin % 60, % 70, % 80, % 90 ve % 100'ündeki OH değerlerinden; 1TM'nin % 50'sindeki OH değerinin, 1TM'nin % 70, % 80, % 90 ve % 100'ündeki OH değerlerinden; 1TM'nin % 60'ındaki OH değerinin, 1TM'nin % 70, % 80, % 90 ve % 100'ündeki OH değerlerinden; 1TM'nin % 70'indeki OH değerinin ise 1TM'nin % 90 ve 100'ündeki OH değerlerinden daha yüksek ve yükler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık elde edilmiştir.

Araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların (n = 32), 1TM'nin % 20 - 100'ü arasında uyguladıkları tam squat hareketinin itme evresindeki OİH değerlerinin yükler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini araştırmak için 0.05 anlamlılık düzeyindeki tek yönlü ANOVA analizi sonuçları tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. OİH Değerlerinin Yükler Arasındaki ANOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	P	Anlamlı Fark
Gruplararası	21,706	8	2,713	567,99	,000*	20-30, 20-40, 20-50,
Gruplarıçi	1,333	279	,005			20-60, 20-70, 20-80,
Toplam	23,038	287				20-90, 20-100, 30-40,
						30-50, 30-60, 30-70,
						30-80, 30-90, 30-100,
						40-50, 40-60, 40-70,
						40-80, 40-90, 40-100,
						50-60, 50-70, 50-80,
						50-90, 50-100, 60-70,
						60-80, 60-90, 60-100,
						70-80, 70-90, 70-100,
						80-90, 80-100, 90-100

* P < 0.05

Analiz sonuçlarına göre araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların tam SQ hareketinin itme evresindeki OİH değerleri, yükler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir ($F_{8,279}$; 567,99, $p < 0.05$). Yani tam SQ hareketinin itme evresindeki OİH değerleri, 1TM yüzdeler yük değerlerine bağlı olarak anlamlı bir şekilde değişmektedir. Farklılıkların hangi yüzdeler yük değerleri arasında olduğunu belirlemek için ikinci seviye testi olarak Scheffe testi uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre; 1TM yüzdeler yük değerinin % 20 - 100'ü arasında uygulanan tam SQ hareketinin itme evresindeki OİH değerlerinin, bütün yükler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterdiği elde edilmiştir.

Araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların (n = 32), 1TM'nin % 20 - 100'ü arasında uyguladıkları tam squat hareketinin itme evresindeki ZH değerlerinin yükler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini araştırmak için 0.05 anlamlılık düzeyindeki tek yönlü ANOVA analizi sonuçları tablo 13'de verilmiştir.

Tablo 13. ZH Değerlerinin Yükler Arasındaki ANOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p	Anlamlı Fark
Gruplararası	40,434	8	5,054	146,92	,000*	20-40, 20-50, 20-60, 20-70,
Gruplarıçi	9,598	279	,034			20-80, 20-90, 20-100, 30-50, 30-60, 30-70, 30-80, 30-90, 30-100, 40-60, 40-70, 40-80, 40-90, 40-100, 50-70, 50-80, 50-90, 50-100, 60-80, 60-90, 60-100, 70-80, 70-90, 70-100
Toplam	50,032	287				

* P < 0.05

Analiz sonuçlarına göre araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların tam SQ hareketinin itme evresindeki ZH değerleri, yükler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir ($F_{8,279}$; 146,92, $p < 0.05$). Yani tam SQ hareketinin itme evresindeki ZH değerleri, 1TM yüzdelerine bağlı olarak anlamlı bir şekilde değişmektedir. Farklılıkların hangi yüzdelerine bağlı olarak olduğunu belirlemek için ikinci seviye testi olarak Scheffe testi uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre; 1TM'nin % 20'sindeki ZH değerinin ($\bar{X} = 1,669 \pm 0,16$), 1TM yük değerinin % 40 ($\bar{X} = 1,464 \pm 0,14$), % 50 ($\bar{X} = 1,229 \pm 0,16$), % 60 ($\bar{X} = 1,117 \pm 0,19$), % 70 ($\bar{X} = 0,969 \pm 0,20$), % 80 ($\bar{X} = 0,767 \pm 0,21$), % 90 ($\bar{X} = 0,716 \pm 0,17$) ve % 100'ündeki ($\bar{X} = 0,585 \pm 0,20$) ZH değerlerinden; 1TM'nin % 30'undaki ZH değerinin ($\bar{X} = 1,585 \pm 0,18$), 1TM'nin % 50, % 60, % 70, % 80, % 90 ve % 100'ündeki ZH değerlerinden; 1TM'nin % 40'ındaki ZH değerinin, 1TM'nin % 60, % 70, % 80, % 90 ve % 100'ündeki ZH değerlerinden; 1TM'nin % 50'sindeki ZH değerinin, 1TM'nin % 70, % 80, % 90 ve 100'ündeki ZH değerlerinden; 1TM'nin % 60'ındaki ZH değerinin, 1TM'nin % 70, % 80, % 90 ve % 100'ündeki ZH değerlerinden; 1TM'nin % 70'indeki ZH değerinin, 1TM'nin % 80, % 90 ve 100'ündeki ZH değerlerinden daha yüksek ve yükler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık elde edilmiştir.

Araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların (n = 32), 1TM yüzdelik yük değerleri ve tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki OH, OİH ve ZH değerleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için 0.05 anlamlılık düzeyindeki pearson korelasyon sonuçları tablo 14'de verilmiştir.

Tablo 14. 1TM Yüzdelik Yük Değerleri ve Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki OH, OİH ve ZH Değerleri Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları

Pearson Korelasyon		Yük (60,00 ± 27,39 W)
OH (,620 ± ,388 m/sn ⁻¹)	r	- ,913*
	p	,000
OİH (,529 ± ,282 m/sn ⁻¹)	r	- ,968*
	p	,070
ZH (1,130 ± ,397 m/sn ⁻¹)	r	- ,895*
	p	,000

* p < 0.05

Tablo incelendiğinde, 1TM yüzdelik yük değerleri ile tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki OH (r = - ,913; p < 0.05), OİH (r = - ,968; p < 0.05) ve ZH (r = - ,895; p < 0.05) parametreleri arasında yüksek düzeyde, negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Buna göre 1TM yüzdelik yük değerleri arttıkça, tam SQ hareketinin itme evresindeki OH, OİH ve ZH değerleri azalmaktadır. Ayrıca sonuçlara bakıldığında, tam SQ hareketindeki relatif yük ve hız arasındaki en güçlü ilişkinin OİH ile elde edildiği görülmektedir.

Çalışmaya katılan deneklerin farklı yüklerde yaptıkları tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki (konsantrik evre) kuvvet parametrelerine ait tanımlayıcı istatistiksel değerleri tablo 15'de verilmiştir.

Tablo 15. Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki Kuvvet Değerleri

1TM Yük		Kuvvet Parametreleri (N)		
(%)	n	OK	OİK	ZK
20	32	201,4 ± 34,2	433,3 ± 95,4	761,6 ± 106,3
30	32	296,5 ± 55,5	603,5 ± 180,8	1096,3 ± 220
40	32	398,3 ± 74,4	753,1 ± 192,7	1441,6 ± 292,4
50	32	496,1 ± 94,6	895,5 ± 269,2	1754,7 ± 375,3
60	32	597,5 ± 110	979,7 ± 227,4	1957,4 ± 391,4
70	32	692,3 ± 0,106	1056,8 ± 269,3	2157,1 ± 550
80	32	795,4 ± 150,2	1101,1 ± 249,8	2336,4 ± 569,3
90	32	913,6 ± 174	1103 ± 246	2539,6 ± 583,6
100	32	998,1 ± 185,6	1167,5 ± 200,8	2576,2 ± 418

OK: Ortalama Kuvvet; OİK: Ortalama İtme Kuvveti; ZK: Zirve Kuvvet

Tablo incelendiğinde, çalışmaya katılan deneklerin tanımlayıcı istatistik sonuçlarına göre farklı yüklerde yapılan tam SQ hareketindeki OK, OİK ve ZK değerlerinin yük artışına paralel olarak arttığı görülmektedir. Ayrıca OK (998,1 N), OİK (1167,5 N) ve ZK (2576,2 N) parametreleri için en yüksek kuvvet değerlerine maksimal yükte (1TM) ulaşıldığı, en düşük kuvvet değerlerine ise 1TM'nin % 20'sinde kaldırılan yüklerde ulaşıldığı görülmektedir (söylenen sıraya göre 201,4 N; 433,3 N; 761,6 N).

Araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların (n = 32), 1TM'nin % 20 - 100'ü arasında uyguladıkları tam squat hareketinin itme evresindeki OK değerlerinin yükler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini araştırmak için 0.05 anlamlılık düzeyindeki tek yönlü ANOVA analizi sonuçları tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 16. OK Değerlerinin Yükler Arasındaki ANOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	P	Anlamlı Fark
Gruplararası	1,939	8	2424052,58	161,88	,000*	20-40, 20-50, 20-60,
Gruplarıçi	4177822,49	279	14974,27			20-70, 20-80, 20-90,
Toplam	2,357	287				20-100, 30-50, 30-60,
						30-70, 30-80, 30-90,
						30-100, 40-60, 40-70,
						40-80, 40-90, 40-100,
						50-70, 50-80, 50-90,
						50-100, 60-80, 60-90,
						60-100, 70-90, 70-100

* p < 0.05

Analiz sonuçlarına göre araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların tam SQ hareketinin itme evresindeki OK değerleri, yükler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir ($F_{8,279}$; 161,88, p < 0.05). Yani tam SQ hareketinin itme evresindeki OK değerleri, 1TM yüzdelerine bağlı olarak anlamlı bir şekilde değişmektedir. Farklılıkların hangi yüzdeler arasında olduğunu belirlemek için ikinci seviye testi olarak Scheffe testi uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre; 1TM'nin % 20'sindeki OK değerinin ($\bar{X} = 201,4 \pm 34,2$), 1TM yük değerinin % 40 ($\bar{X} = 398,3 \pm 74,4$), % 50 ($\bar{X} = 496,1 \pm 94,6$), % 60 ($\bar{X} = 597,5 \pm 110$), % 70 ($\bar{X} = 692,3 \pm 0,10$), % 80 ($\bar{X} = 795,4 \pm 150,2$), % 90 ($\bar{X} = 913,6 \pm 174$) ve % 100'ündeki ($\bar{X} = 998,1 \pm 185,6$) OK değerlerinden; 1TM'nin % 30'undaki OK değerinin ($\bar{X} = 296,5 \pm 55,5$), 1TM'nin % 50, % 60, % 70, % 80, % 90 ve % 100'ündeki OK değerlerinden; 1TM'nin % 40'ündeki OK değerinin, 1TM'nin % 60, % 70, % 80, % 90 ve % 100'ündeki OK değerlerinden; 1TM'nin % 50'sindeki OK değerinin, 1TM'nin % 70, % 80, % 90 ve 100'ündeki OK değerlerinden; 1TM'nin % 60'undaki OK değerinin, 1TM'nin % 80, % 90 ve % 100'ündeki OK değerlerinden; 1TM'nin % 70'ündeki OK değerinin, 1TM'nin % 90 ve 100'ündeki OK değerlerinden daha düşük ve yükler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık elde edilmiştir.

Araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların (n = 32), 1TM'nin % 20 - 100'ü arasında uyguladıkları tam squat hareketinin itme evresindeki OİK değerlerinin yükler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini araştırmak için 0.05 anlamlılık düzeyindeki tek yönlü ANOVA analizi sonuçları tablo 17'de verilmiştir.

Tablo 17. OİK Değerlerinin Yükler Arasındaki ANOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Anlamlı Fark
Gruplararası	1,637	8	2045667,99	41,934	,000*	20-40, 20-50, 20-60,
Gruplarıçi	1,361	279	48782,80			20-70, 20-80, 20-90,
Toplam	2,998	287				20-100, 30-50, 30-60, 30-70, 30-80, 30-90, 30-100, 40-60, 40-70, 40-80, 40-90, 40-100, 50-100

* p < 0.05

Analiz sonuçlarına göre araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların tam SQ hareketinin itme evresindeki OİK değerleri, yükler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir ($F_{8,279}$; 41,934, p < 0.05). Yani tam SQ hareketinin itme evresindeki OİK değerleri, 1TM yüzdeler yük değerlerine bağlı olarak anlamlı bir şekilde değişmektedir. Farklılıkların hangi yüzdeler yük değerleri arasında olduğunu belirlemek için ikinci seviye testi olarak Scheffe testi uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre; 1TM'nin % 20'sindeki OİK değerinin ($\bar{X} = 433,3 \pm 95,4$), 1TM'nin % 40 ($\bar{X} = 753,1 \pm 192,7$), % 50 ($\bar{X} = 895,5 \pm 375,3$), % 60 ($\bar{X} = 979,7 \pm 227,4$), % 70 ($\bar{X} = 1056,8 \pm 269,3$), % 80 ($\bar{X} = 1101,1 \pm 249,8$), % 90 ($\bar{X} = 1103 \pm 246$) ve % 100'ündeki ($\bar{X} = 1167,5 \pm 200,8$) OİK değerlerinden; 1TM yük değerinin % 30'undaki OİK değerinin ($\bar{X} = 603,5 \pm 180,8$), 1TM'nin % 50, % 60, % 70, % 80, % 90 ve % 100'ündeki OİK değerlerinden; 1TM yük değerinin % 40'ındaki OİK değerinin, 1TM'nin % 60, % 70, % 80, % 90 ve % 100'ündeki OİK değerlerinden; 1TM'nin % 50'sindeki OİK değerinin ise 1TM yük değerinin % 100'ünde elde edilen OİK değerinden daha düşük ve yükler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu elde edilmiştir.

Araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların (n = 32), 1TM'nin % 20 - 100'ü arasında uyguladıkları tam squat hareketinin itme evresindeki ZK değerlerinin yükler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini araştırmak için 0.05 anlamlılık düzeyindeki tek yönlü ANOVA analizi sonuçları tablo 18'de verilmiştir.

Tablo 18. ZK Değerlerinin Yükler Arasındaki ANOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p	Anlamlı Fark
Gruplararası	1,048	8	1,309	74,513	,000*	20-40, 20-50, 20-60,
Gruplarıçi	4,903	279	175732,53			20-70, 20-80, 20-90,
Toplam	1,538	287				20-100, 30-50, 30-60, 30-70, 30-80, 30-90, 30-100, 40-60, 40-70, 40-80, 40-90, 40-100, 50-80, 50-90, 50-100, 60-90, 60-100, 70-100

* p < 0.05

Analiz sonuçlarına göre araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların tam SQ hareketinin itme evresindeki ZK değerleri, yükler arasında anlamlı bir farklılık göstermektedir ($F_{8,279}$; 74,513, p < 0.05). Yani tam SQ hareketinin itme evresindeki ZK değerleri, 1TM yüzdelik yük değerlerine bağlı olarak anlamlı bir şekilde değişmektedir. Farklılıkların hangi yüzdelik yük değerleri arasında olduğunu belirlemek için ikinci seviye testi olarak Scheffe testi uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre; 1TM'nin % 20'sindeki ZK değerinin ($\bar{X} = 761,6 \pm 106,3$), 1TM yük değerinin % 40 ($\bar{X} = 1441,6 \pm 292,4$), % 50 ($\bar{X} = 1754,7 \pm 375,3$), % 60 ($\bar{X} = 1957,4 \pm 391,4$), % 70 ($\bar{X} = 2157,1 \pm 550$), % 80 ($\bar{X} = 2336,4 \pm 569,3$), % 90 ($\bar{X} = 2539,6 \pm 583,6$) ve % 100'ündeki ($\bar{X} = 2576,2 \pm 418$) ZK değerlerinden; 1TM'nin % 30'undaki ZK değerinin ($\bar{X} = 1096,3 \pm 220$), 1TM'nin % 50, % 60, % 70, % 80, % 90 ve % 100'ündeki ZK değerlerinden; 1TM'nin % 40'ındaki ZK değerinin, 1TM'nin % 60, % 70, % 80, % 90 ve % 100'ündeki ZK değerlerinden; 1TM'nin % 50'sindeki ZK değerinin, 1TM'nin % 80, % 90 ve % 100'ündeki ZK değerlerinden; 1TM'nin % 60'ındaki ZK değerinin, 1TM'nin % 90 ve % 100'ündeki ZK değerlerinden; 1TM'nin % 70'indeki ZK değerinin ise 1TM'nin % 100'ünde elde edilen ZK değerinden daha düşük ve yükler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu elde edilmiştir.

Araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların (n = 32), 1TM yüzdellik yük değerleri ve tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki OK, OİK ve ZK değerleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için 0.05 anlamlılık düzeyindeki pearson korelasyon sonuçları tablo 19'da verilmiştir.

Tablo 19. 1TM Yüzdellik Yük Değerleri ve Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki OK, OİK ve ZK Değerleri Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları

Pearson Korelasyon		Yük (60,00 ± 27,39 W)
OK (598,8 ± 275,2 N)	r	,907*
	p	,000
OİK (899,2 ± 252,8 N)	r	,706*
	p	,070
ZK (1846,7 ± 639,7 N)	r	,811*
	p	,000

* p < 0.05

Tablo 19 incelendiğinde, 1TM'nin yüzdellik yük değerleri ile tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki OK (r = ,907; p < 0.05), OİK (r = ,706; p < 0.05) ve ZK (r = ,811; p < 0.05) parametreleri arasında yüksek düzeyde, pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Buna göre 1TM yüzdellik yük değerleri arttıkça, tam SQ hareketinin itme evresindeki OK, OİK ve ZK değerleri artmaktadır. Ayrıca tam SQ hareketindeki relatif yük ve kuvvet arasındaki en güçlü ilişkinin ZK ile elde edildiği görülmektedir.

Araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların (n = 32), farklı yüklerde uyguladıkları tam SQ hareketinin itme evresindeki güç parametreleri (OG, OİG, ZG) ve 5 metre sprint zamanları arasındaki ilişkiye ait 0.05 anlamlılık düzeyindeki pearson korelasyon sonuçları tablo 20'de verilmiştir.

Tablo 20. Farklı Yüklerde Yapılan Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki Güç Parametreleri ve 5 Metre Sprint Zamanı Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları

1TM Yük (%)	N	OG - 5 m Sprint		OİG - 5 m Sprint		ZG - 5 m Sprint	
		r	p	r	p	r	p
20	32	-,196	,283	-,138	,450	-,123	,501
30	32	-,346	,052	-,292	,105	-,325	,070
40	32	-,409*	,020	-,127	,488	-,445*	,011
50	32	-,087	,636	-,123	,501	-,249	,170
60	32	-,202	,266	-,214	,239	-,261	,149
70	32	-,454*	,009	-,607*	,000	-,365*	,040
80	32	-,163	,373	-,129	,480	-,054	,769
90	32	-,334	,062	-,312	,082	,016	,931
100	32	-,159	,385	-,187	,305	,083	,651

OG: Ortalama Güç; OİG: Ortalama İtme Gücü; ZG: Zirve Güç

* p < 0.05

Tablo 20 incelendiğinde, 5 m sprint zamanı ile 1TM yük değerinin % 40 ve 70'indeki tam SQ hareketinin itme evresindeki OG (söylenen sıraya göre r = -,409, p < 0.05; r = -,454, p < 0.05) ve ZG (söylenen sıraya göre r = -,445; r = -,365, p < 0.05) değerleri arasında orta düzeyde, negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki görülmektedir. Ayrıca 5 metre sprint zamanı ve 1TM yük değerinin % 70'inde yapılan tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki OİG (r = -,607, p < 0.05) değerleri arasında orta düzeyde, negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki görülmektedir. Bu sonuçlara göre 5 m sprint değerleri azaldıkça, tam SQ hareketinin itme evresindeki OG, OİG ve ZG değerleri ilişkili oldukları yüklerde artmaktadır.

Araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların (n = 32), farklı yüklerde uyguladıkları tam SQ hareketinin itme evresindeki hız parametreleri (OH, OİH, ZH) ve 5 metre sprint zamanları arasındaki ilişkiye ait 0.05 anlamlılık düzeyindeki pearson korelasyon sonuçları tablo 21’de verilmiştir.

Tablo 21. Farklı Yüklerde Yapılan Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki Hız Parametreleri ve 5 Metre Sprint Zamanı Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları

1TM Yük (%)	N	OH - 5 m Sprint		OİH - 5 m Sprint		ZH - 5 m Sprint	
		r	P	r	p	r	p
20	32	-,048	,794	-,312	,082	,209	,251
30	32	-,034	,852	-,304	,091	,035	,851
40	32	,061	,739	,112	,543	-,033	,858
50	32	,186	,307	,239	,188	,094	,608
60	32	-,056	,761	,171	,350	-,237	,192
70	32	,128	,484	,168	,357	,101	,583
80	32	,143	,435	,086	,640	,086	,641
90	32	-,224	,218	,063	,731	,065	,725
100	32	,053	,773	-,023	,899	,153	,403

OH: Ortalama Hız; OİH: Ortalama İtme Hızı; ZH: Zirve Hız

p > 0.05

Tablo 21 incelendiğinde, 5 m sprint zamanı ve 1TM'nin farklı yüklerinde yapılan tam SQ hareketinin itme evresindeki hız parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki (p > 0.05) olmadığı görülmektedir.

Araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların (n = 32), farklı yüklerde uyguladıkları tam SQ hareketinin itme evresindeki kuvvet parametreleri (OK, OİK, ZK) ve 5 metre sprint zamanları arasındaki ilişkiye ait 0.05 anlamlılık düzeyindeki pearson korelasyon sonuçları tablo 22'de verilmiştir.

Tablo 22. Farklı Yüklerde Yapılan Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki Kuvvet Parametreleri ve 5 Metre Sprint Zamanı Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları

1TM Yük (%)	N	OK - 5 m Sprint		OİK - 5 m Sprint		ZK - 5 m Sprint	
		r	P	r	P	r	p
20	32	-,462*	,008	-,395*	,025	-,304	,091
30	32	-,351*	,049	-,395*	,025	-,325	,069
40	32	-,433*	,013	-,216	,236	-,399*	,024
50	32	-,419*	,017	-,252	,165	-,320	,075
60	32	-,423*	,016	-,468*	,007	-,475*	,006
70	32	-,416*	,018	-,618*	,000	-,416*	,018
80	32	-,404*	,022	-,392*	,027	-,216	,235
90	32	-,448*	,010	-,327	,068	-,193	,291
100	32	-,430*	,014	-,354*	,047	-,271	,133

OK: Ortalama Kuvvet; OİK: Ortalama İtme Kuvveti; ZK: Zirve Kuvvet

* p < 0.05

Tablo 22 incelendiğinde, 1TM'nin % 40, 50 ve 90'ında yapılan tam SQ hareketinin itme evresindeki OİK değerleri ile birlikte 1TM'nin % 20, 30, 50, 80, 90 ve 100'ünde elde edilen ZK değerleri hariç diğer bütün yüklerde, 5 metre sprint zamanı ile OK, OİK ve ZK değerleri arasında orta düzeyde, negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki görülmektedir. Buna göre 5 m sprint değerleri azaldıkça, tam SQ hareketinin itme evresindeki OK, OİK ve ZK değerleri ilişkili oldukları yüklerde artmaktadır.

Araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların (n = 32), farklı yüklerde uyguladıkları tam SQ hareketinin itme evresindeki güç parametreleri (OG, OİG, ZG) ve 30 metre sprint zamanları arasındaki ilişkiye ait 0.05 anlamlılık düzeyindeki pearson korelasyon sonuçları tablo 23'de verilmiştir.

Tablo 23. Farklı Yüklerde Yapılan Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki Güç Parametreleri ve 30 Metre Sprint Zamanı Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları

1TM Yük (%)	N	OG - 30 m Sprint		OİG - 30 m Sprint		ZG - 30 m Sprint	
		r	p	r	P	r	p
20	32	-,132	,471	,075	,682	,040	,828
30	32	-,163	,373	-,129	,482	-,216	,236
40	32	-,375*	,035	,297	,099	-,400*	,023
50	32	-,248	,171	-,139	,449	-,292	,105
60	32	-,349	,050	-,331	,064	-,355*	,046
70	32	-,394*	,026	-,314	,080	-,318	,076
80	32	-,069	,706	-,020	,912	,038	,838
90	32	-,290	,108	,076	,681	-,230	,205
100	32	-,192	,294	-,143	,436	-,278	,123

OG: Ortalama Güç; OİG: Ortalama İtme Gücü; ZG: Zirve Güç

* p < 0.05

Tablo 23 incelendiğinde, 30 m sprint zamanı ile 1TM yük değerinin % 40 ve 70'inde yapılan tam SQ hareketinin itme evresindeki OG (söylenen sıraya göre r = -,375; r = -,394, p < 0.05) ve 1TM yük değerinin % 40 ve 60'ında yapılan tam SQ hareketinin itme evresindeki ZG (söylenen sıraya göre r = -,400; r = -,355, p < 0.05) değerleri arasında orta düzeyde, negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki görülmektedir. Buna göre 30 metre sprint değerleri azaldıkça, tam SQ hareketinin itme evresindeki OG ve ZG değerleri ilişkili oldukları yüklerde artmaktadır. Fakat 30 metre sprint zamanı ile 1TM'nin farklı yüklerinde yapılan tam SQ hareketinin itme evresindeki OİG değerleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki (p > 0.05) olmadığı görülmektedir.

Araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların (n = 32), farklı yüklerde uyguladıkları tam SQ hareketinin itme evresindeki hız parametreleri (OH, OİH, ZH) ve 30 metre sprint zamanları arasındaki ilişkiye ait 0.05 anlamlılık düzeyindeki pearson korelasyon sonuçları tablo 24'de verilmiştir.

Tablo 24. Farklı Yüklerde Yapılan Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki Hız Parametreleri ve 30 Metre Sprint Zamanı Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları

1TM Yük (%)	N	OH - 30 m Sprint		OİH - 30 m Sprint		ZH - 30 m Sprint	
		r	P	r	p	R	p
20	32	-,412*	,019	-,106	,564	-,024	,898
30	32	-,217	,233	-,124	,500	-,129	,481
40	32	-,318	,077	,217	,233	-,402*	,023
50	32	-,167	,362	,069	,707	-,251	,166
60	32	-,157	,391	,261	,150	-,370*	,037
70	32	,012	,949	,188	,303	-,091	,620
80	32	,237	,192	,189	,300	,153	,403
90	32	-,399*	,024	,151	,409	-,326	,068
100	32	-,311	,083	-,211	,248	-,305	,090

OH: Ortalama Hız; OİH: Ortalama İtme Hızı; ZH: Zirve Hız

* p < 0.05

Tablo 24 incelendiğinde, 30 m sprint zamanı ile 1TM yük değerinin % 20 ve 90'ında yapılan tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki OH (söylenen sıraya göre r = -,412; r = -,399, p < 0.05) ve 1TM yük değerinin % 40 ve 60'ında yapılan tam SQ hareketinin itme evresindeki ZH (söylenen sıraya göre r = -,402; r = -,370, p < 0.05) değerleri arasında orta düzeyde, negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki görülmektedir. Buna göre 30 m sprint değerleri azaldıkça, tam SQ hareketinin itme evresindeki OH ve ZH değerleri ilişkili oldukları yüklerde artmaktadır. Fakat 30 metre sprint zamanları ile 1TM'nin farklı yüklerinde yapılan tam SQ hareketinin itme evresindeki OİH değerleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki (p > 0.05) olmadığı görülmektedir.

Araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların (n = 32), farklı yüklerde uyguladıkları tam SQ hareketinin itme evresindeki kuvvet parametreleri (OK, OİK, ZK) ve 30 metre sprint zamanları arasındaki ilişkiye ait 0.05 anlamlılık düzeyindeki pearson korelasyon sonuçları tablo 25'de verilmiştir.

Tablo 25. Farklı Yüklerde Yapılan Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki Kuvvet Parametreleri ve 30 Metre Sprint Zamanı Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları

1TM Yük (%)	N	OK - 30 m Sprint		OİK - 30 m Sprint		ZK - 30 m Sprint	
		r	p	r	p	r	p
20	32	-,142	,438	-,121	,909	-,197	,281
30	32	-,115	,529	-,222	,222	-,126	,493
40	32	-,163	,373	,125	,494	-,216	,236
50	32	-,147	,421	-,112	,542	-,182	,319
60	32	-,171	,350	-,274	,130	-,376*	,034
70	32	-,131	,474	-,297	,099	-,322	,072
80	32	-,101	,583	-,089	,626	-,040	,826
90	32	,102	,578	,099	,589	-,199	,275
100	32	-,145	,429	-,116	,528	-,223	,220

OK: Ortalama Kuvvet; OİK: Ortalama İtme Kuvveti; ZK: Zirve Kuvvet

* p < 0.05

Tablo 25 incelendiğinde, 30 m sprint zamanı ve 1TM yük değerinin % 60'ındaki tam SQ hareketinin itme evresindeki ZK (r = -,412, p < 0.05) değerleri arasında orta düzeyde, negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki görülmektedir. Buna göre 30 m sprint değerleri azaldıkça, tam SQ hareketinin itme evresindeki ZK değerleri ilişkili olduğu yükte artmaktadır. Bundan başka, farklı 1TM yüzdelerinde yapılan tam SQ hareketinin itme evresi esnasında OK, OİK ve ZK değerleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki (p > 0.05) olmadığı görülmektedir.

Araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların (n = 32), farklı yüklerde uyguladıkları tam SQ hareketinin itme evresindeki güç parametreleri (OG, OİG, ZG) ve dikey sıçrama performansı arasındaki ilişkiye ait 0.05 anlamlılık düzeyindeki pearson korelasyon sonuçları tablo 26'da verilmiştir.

Tablo 26. Farklı Yüklerde Yapılan Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki Güç Parametreleri ve Dikey Sıçrama Performansı Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları

1TM Yük (%)	N	OG - Dikey Sıçrama		OİG - Dikey Sıçrama		ZG - Dikey Sıçrama	
		r	P	r	p	r	p
20	32	,256	,157	,099	,591	,219	,228
30	32	,170	,351	,127	,488	,054	,770
40	32	,187	,304	-,117	,524	,170	,354
50	32	,109	,553	,017	,926	,154	,401
60	32	,227	,212	,342	,056	,255	,159
70	32	,225	,215	,076	,678	,114	,534
80	32	-,131	,475	-,076	,681	-,188	,302
90	32	,150	,412	-,100	,586	-,008	,964
100	32	-,048	,794	-,040	,827	,061	,741

OG: Ortalama Güç; OİG: Ortalama İtme Gücü; ZG: Zirve Güç

p > 0.05

Tablo 26 incelendiğinde, sıçrama performansları ile 1TM'nin farklı yüklerinde yapılan tam SQ hareketi esnasındaki güç parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki (p > 0.05) olmadığı görülmektedir.

Araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların (n = 32), farklı yüklerde uyguladıkları tam SQ hareketinin itme evresindeki hız parametreleri (OH, OİH, ZH) ve dikey sıçrama performansı arasındaki ilişkiye ait 0.05 anlamlılık düzeyindeki pearson korelasyon sonuçları tablo 27’de verilmiştir.

Tablo 27. Farklı Yüklerde Yapılan Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki Hız Parametreleri ve Dikey Sıçrama Performansı Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları

1TM Yük		OH - Dikey Sıçrama		OİH - Dikey Sıçrama		ZH - Dikey Sıçrama	
(%)	N	r	P	r	P	r	p
20	32	,172	,345	-,047	,797	,120	,514
30	32	,044	,811	,013	,944	,178	,328
40	32	,192	,293	-,254	,161	,255	,158
50	32	,284	,115	,018	,921	,269	,137
60	32	,307	,088	,000	,996	,297	,099
70	32	,091	,620	-,096	,599	,010	,958
80	32	-,179	,327	-,245	,176	-,180	,325
90	32	,183	,315	-,069	,707	,124	,497
100	32	,060	,744	-,005	,976	,091	,622

OH: Ortalama Hız; OİH: Ortalama İtme Hızı; ZH: Zirve Hız

p > 0.05

Tablo 27 incelendiğinde, sıçrama performansları ile 1TM’nin farklı yüklerinde yapılan tam SQ hareketi esnasındaki hız parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki (p > 0.05) olmadığı görülmektedir.

Araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların (n = 32), farklı yüklerde uyguladıkları tam SQ hareketinin itme evresindeki kuvvet parametreleri (OK, OİK, ZK) ve dikey sıçrama performansı arasındaki ilişkiye ait 0.05 anlamlılık düzeyindeki pearson korelasyon sonuçları tablo 28'de verilmiştir.

Tablo 28. Farklı Yüklerde Yapılan Tam SQ Hareketinin İtme Evresindeki Kuvvet Parametreleri ve Dikey Sıçrama Performansı Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları

1TM Yük (%)	N	OK - Dikey Sıçrama		OİK - Dikey Sıçrama		ZK - Dikey Sıçrama	
		r	p	r	p	r	p
20	32	,087	,636	-,038	,836	,136	,457
30	32	-,023	,900	,036	,844	,021	,908
40	32	,054	,768	-,028	,878	,064	,727
50	32	,076	,679	,069	,706	,026	,887
60	32	,071	,700	,315	,079	,295	,101
70	32	,071	,701	,119	,517	,042	,818
80	32	,058	,701	,048	,795	-,139	,448
90	32	,032	,860	-,099	,591	,048	,793
100	32	,056	,761	,080	,665	,026	,889

OK: Ortalama Kuvvet; OİK: Ortalama İtme Kuvveti; ZK: Zirve Kuvvet

p > 0.05

Tablo 28 incelendiğinde, sıçrama performansları ile 1TM'nin farklı yüklerinde yapılan tam SQ hareketi esnasındaki kuvvet parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki (p > 0.05) olmadığı görülmektedir.

Araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların (n = 32), tam SQ hareketindeki 1TM kuvvet değerleri ile 5 - 30 metre sprint zamanları ve sıçrama mesafeleri arasındaki ilişkiye ait 0.05 anlamlılık düzeyindeki pearson korelasyon sonuçları tablo 29'da verilmiştir.

Tablo 29. Tam Squat Hareketindeki 1TM Kuvvet ile 5 - 30 Metre Sprint Zamanları ve Dikey Sıçrama Mesafesi Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları

		5 m Sprint	30 m Sprint	Dikey Sıçrama
1TM	r	-,413*	-,138	,055
	p	,019	,452	,764
	N	32	32	32

* p < 0.05

Tablo 29 incelendiğinde, tam SQ hareketindeki 1TM kuvvet değeri ve 5 metre sprint zamanı arasında orta düzeyde, negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki ($r = -,413$; $p < 0,05$) olduğu görülmektedir. Buna göre 1TM kuvvet değeri arttıkça, 5 metre sprint zamanı azalmaktadır. 1TM kuvvet ile 30 metre sprint zamanı ($r = -,138$; $p > 0,05$) ve dikey sıçrama mesafesi ($r = 0,55$; $p > 0,05$) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki elde edilmemiştir.

Araştırma grubunu oluşturan farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların (n = 32), dikey sıçrama mesafeleri ve 5 - 30 m sprint zamanları arasındaki ilişkiye ait 0.05 anlamlılık düzeyindeki pearson korelasyon sonuçları tablo 30'da verilmiştir.

Tablo 30. Dikey Sıçrama Mesafesi ile 5 - 30 Metre Sprint Zamanları Arasındaki İlişkiye Ait Pearson Korelasyon Sonuçları

		5 m Sprint	30 m Sprint
Dikey Sıçrama	r	-,428 *	-,598
	p	,015	,000
	N	32	32

* p < 0.05

Tablo 30 incelendiğinde, dikey sıçrama mesafesi ile 5 (r = -,428; p < 0.05) ve 30 m (r = -,598; p < 0.05) sprint zamanları arasında orta düzeyde, negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir. Buna göre sıçrama mesafesi arttıkça, 5 - 30 m sprint zamanları azalmaktadır.

5. TARTIŞMA

Bu çalışmanın amacı; aktif olarak spor yapan ve temel bir kuvvet seviyesine sahip farklı spor branşlarındaki amatör sporcuların tam SQ hareketinin itme evresindeki kinetik – kinematiklerin, sprint zamanı ve dikey sıçrama performansı ile ilişkisinin araştırılmasıdır. Yapılan araştırmalara göre bu çalışma, doğrusal bir hız dönüştürücü ile ölçülen tam SQ hareketinin itme evresindeki kinetik - kinematiklerin, sprint ve sıçrama performansı ile ilişkilerinin araştırıldığı ilk çalışmadır.

Bir tekrarlı maksimal kuvvet, bireyin spesifik bir egzersizde tek seferde kaldırabildiği maksimal ağırlık ya da üretebildiği maksimal kuvvettir (Boone, 2013). Bu araştırmada, deneklerin 1TM değerlerini belirlemek için tam SQ hareketi yaptırılmış ve deneklerin 1TM değerleri 101 (\pm 18.7 kg) olarak elde edilmiştir. Literatürü incelediğimizde; Garcia-Pallares, Sanchez-Medina, Perez, Cruz-Sanchez ve Rodriguez (2014) tarafından yapılan çalışmada, kuvvet antrenmanı yapan deneklerin tam SQ hareketindeki ortalama 1TM değerleri 100.4 (\pm 21.8 kg) olarak elde edilirken, Sanchez-Medina ve diğerleri (2011) ise kuvvet antrenmanı yapan deneklerin tam SQ hareketindeki ortalama 1TM değerlerini 102 (\pm 22 kg) olarak elde etmişlerdir. Pareja-Blanco, Sanchez-Medina, Suarez-Arrones ve Gonzales-Badillo (2011), % 15 - 30 ortalama hız kaybına sahip iki gruba ayırdıkları profesyonel futbolcuların tam SQ hareketindeki ortalama 1TM kuvvetlerini % 15 grubu için 93.3 kg, % 30 grubu için 98.1 kg olarak elde etmişlerdir. Yapılan çalışmalardaki 1TM değerleri ile bu çalışmadaki değerlerin birbirine benzer olduğu görülür. Fakat yapılan çalışmalardaki denek gruplarına bakıldığında 1TM değerlerinin daha yüksek olması beklenirken, bu değerlerin düşük olarak elde edilmesi yapılan çalışmalarda uygulanan test prosedürünün geleneksel test yöntemine göre değil de kaldırış hızına (hız faktörüne) göre yapılmasından kaynaklanabilir. Bu çalışmada ise tam SQ hareketindeki 1TM değerleri geleneksel yöntem kullanılarak elde edilmiştir.

Bu çalışmadaki sonuçlardan farklı olarak Alcaraz, Romere-Arenas, Vila ve Ferragut (2011), en az 2 yıllık kuvvet ve en az 6 yıllık sprint antrenman deneyimi olan sprinterlerin SQ hareketindeki ortalama 1TM değerlerini 199.7 (\pm 59.1 kg) olarak elde ederlerken; Zink ve diğerleri (2006) ise en az 2 yıllık SQ antrenman geçmişi olan deneklerin ortalama 1TM değerlerini 175.1 (\pm 30.6 kg) olarak elde etmişlerdir. Cotterman, Darby ve Skelly (2005) tarafından yapılan çalışmada, sağlıklı erkeklerin SQ hareketindeki 1TM değerleri 171.5 (\pm 35.7 kg); Masamoto, Larson, Gates ve Faigenbaum (2003) ise 139 (\pm 29.3 kg) olarak elde etmişlerdir. Elit futbolcularda yapılan çalışmalarda SQ hareketindeki ortalama 1TM değerleri

171.7 kg (Wisloff vd., 2004) ve 119.5 kg (Requena vd., 2009) olarak elde edilmiştir. Ayrıca NCAA 1 lig futbolcularının SQ hareketindeki ortalama 1TM değerleri 121 (± 22.5 kg) olarak bulunurken (Thomas vd., 2007), Celtic U17 takımındaki oyuncuların 1TM değerleri 129.1 (± 11.4 kg) olarak bulunmuştur (McMillan vd., 2005). Cormie, McBride ve McCaulley (2007a) tarafından yapılan çalışmada ise 1. lig oyuncularının ortalama 1TM değerleri 170 (± 21.7 kg) olarak bulunmuştur. Iglesias-Soler ve diğerleri (2012) tarafından yapılan ve en az 18 aylık kuvvet antrenmanı deneyimi olan judocuların SQ hareketindeki 1TM değerleri 129.8 (± 19.4 kg) olarak elde edilmiştir. Izquierdo ve diğerleri (2004) ise SQ hareketindeki ortalama 1TM değerlerini halterciler için 157 (± 18 kg), bisikletçiler için 134 (± 18 kg) olarak bulmuşlardır. Sonuçların, bu çalışmadaki sonuçlardan oldukça yüksek olduğu görülür. Bu farklılık, yapılan çalışmalarda uygulanan prosedürlerden ya da bireyler arası farklılıklardan kaynaklanabilir. Yani, bu çalışmadaki deneklerin temel bir kuvvet seviyesine sahip olan amatör sporculardan oluşması ve prosedür olarak tam SQ egzersizi uygulanmasıdır. Yapılan çalışmalarda ise deneklere yarım SQ egzersizi uygulanmış ve denekler uzun süre kuvvet antrenmanı yapan sporculardan ya da üst düzey sporculardan oluşmuştur.

Sportif performansın önemli faktörlerinden biri olan güç (Newton ve Kraemer, 1994, Cronin ve Sleivert, 2005, Young vd., 2005), yapılan bir çalışmanın (iş) zamansal oranı olarak tanımlanan mekanik miktardır (Enoka, 1994) ve genellikle mümkün olan en yüksek kuvveti (maksimal kuvvet) ortaya koyma yeteneğine bağlıdır (Stone vd., 2003). Yüksek seviyede kas gücünü geliştirme yeteneği, sprint ve sıçrama gibi takım ve bireysel sporlardaki birçok aktivitenin zorunlu bileşenidir. Bu nedenle, özellikle dinamik ve patlayıcı tarzdaki sporlarda mücadele eden sporcuların sportif performanslarını ve güçlerini geliştirmesi gerekir. Kasın gerilme anındaki tepkili eylemler, istemli kasılmadan çok daha fazla hareketlenme uyarımı sağlar. Bu durum, kırışteki gerilimi artırır ve konsantrik evrede oluşan sinir uyarımı ile daha kuvvetli bir itmenin meydana gelmesine olanak sağlar (Bompa, 2013).

Bu çalışmada, farklı yüklerde yapılan tam SQ hareketinin itme evresindeki OG ve ZG değerlerinin 1TM'nin % 20 - 70'i arasında; OİG değerlerinin ise % 20 - 60'ı arasında bir artış gösterdiği ve sonra kademeli olarak azaldıkları bulunmuştur. Siegel ve diğerleri (2002), SQ hareketi için 1TM'nin % 20 - 90'ı arasındaki yük aralığında ölçülen ZG verimleri arasında istatistiksel anlamlı bir farklılık olmadığını ama ZG değerinin 1TM'nin % 20 - 60'ı arasında artış gösterdiğini ve % 60 - 90'ı arasında ise azaldığını elde etmişlerdir. Thomas, Fiatarone ve Fielding (1996) tarafından genç kadınlarda LP egzersizi kullanılarak yapılan çalışmada, ZG değerinin 1TM'nin % 34 - 68'i arasında artış gösterdiği ve sonra azaldığı elde edilmiştir. Zink ve diğerleri (2006) tarafından yapılan çalışmada da farklı yüklerdeki SQ hareketinin itme evresi esnasındaki ZG için istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır. ZG değeri

1TM'nin % 20 - 40'ı arasındaki yüklerde artış göstermiş, % 40 - 80'i arasında azalmış ve % 90'ındaki yükte ise ikinci bir artış göstermiştir. Yükler arasındaki ZG değerinde istatistiksel bir farklılık bulunmaması, öncelikle deneğin her bir yükte yaptığı performansı arasındaki ZG verimlerinde gerçekleşen önemli değişimlerden kaynaklandığı belirtilmiştir. Ayrıca denekler tarafından yapılan stratejiler ve farklı antrenman programlarının relatif yüklerde üretilen güç verimlerini etkilemesi de muhtemeldir. Pearson, Cronin, Hume ve Slyfield (2009) tarafından yapılan çalışmada, BP hareketindeki OG değerlerinin 1TM'nin % 10 - 50'si arasında; bench pull hareketinde ise 1TM'nin % 10 - 80'i arasında artış gösterdiğini ve daha sonra kademeli olarak azaldıkları elde edilmiştir. Sonuçlara bakıldığında ise Thomas ve diğerleri (1996) ile Siegel ve diğerleri (2002) tarafından yapılan çalışmalarda sonuçların, bu çalışmada elde edilen sonuçlarla paralellik gösterdiği görülmektedir.

Farklı birçok yükteki ölçümler arasındaki en yüksek güç verimi, maksimal güç verimi (P_{max}) olarak adlandırılır (Baker, 2001; Newton ve Dugan, 2002) ve potansiyel olarak güç ya da kuvvete yönelik sporlardaki sporcuların performanslarını değerlendirmek için en önemli mekaniksel niceliklerdir (Newton ve Kraemer, 1994). Literatüre bakıldığında, P_{max} yaratan yük sorusunun çok fazla tartışma konusu olduğu görülür (Sanchez-Medina vd., 2010). İlk başlarda, maksimal izometrik kuvvet ya da güç verimini maksimize edildiği maksimal kas kasılma hızının % 30'u gibi oldukça hafif yüklerle elde edilirken (Kaneko vd., 1983; Turner vd., 2012); izoinertial koşullardaki (sabit dış yük) çok eklemlili dinamik kas hareketleri ile yapılan sonraki araştırmalarda, P_{max} yaratan relatif yüklerde değişkenlikler (1TM'nin % 20 - 80 arası) bulunmuştur (Garhammer, 1993; Thomas vd., 1996; Newton vd., 1997; Izquierdo vd., 1999, 2002, 2004; Cronin vd., 2000, 2001; Baker, 2001; Baker vd., 2001; Siegel vd., 2002; Dugan vd., 2004; Zink vd., 2006; Cormie vd., 2007a,b; Marques vd., 2007; Jidovtseff vd., 2008; Requena vd., 2009; Sanchez-Medina vd., 2010, 2014; Alcaraz vd., 2011; Garcia-Pallares vd., 2011, 2014). Bu farklılıklar genelde çalışmalar arası metodolojik (gücün zirve ya da ortalama ölçümleri, alt vücut güç verimi hesaplanması için vücut kütlelerinin alınması veya alınmaması, uygulanan protokollerin değişkenliği), içeriksel ya da bireyler arasındaki (deneyimsiz veya antrenmanlı sporcu) farklılıklara dayandırılır (Cronin ve Sleivert, 2005). Ayrıca yapılan egzersiz türüne ve ilgili kas gruplarına göre de P_{max} yükünde bir farklılığın olduğu elde edilmiştir (Baker vd., 2001; Cormie vd., 2007a, 2007b).

Izquierdo ve diğerleri (2002, 2004) tarafından farklı branşlardaki sporcularda yapılan çalışmalarda, hentbolcular ve orta mesafe koşucuları için SQ hareketindeki P_{max} verimine 1TM'nin % 60'ındaki yükte ulaşıldığına; halterci ve bisikletçilerin ise % 45'inde ulaştıklarını ve bu farklılığın yaptırılan antrenman protokolünden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Benzer bir şekilde Alcaraz ve diğerleri (2011) tarafından sprinterlerde; Requena ve diğerleri (2009)

tarafından yarı profesyonel futbolcularda yapılan çalışmalarda, SQ hareketinde maksimal güce 1TM'nin % 60'ında ulaşılmıştır. Cormie, McCaulley, Triplett ve McBride (2007b), SQ hareketinde 1TM yük değerinin % 56'sında ulaşılan güç veriminin maksimal olduğunu ama yükler arasındaki ZG'nin önemli ölçüde farklı olmadığını ve optimal yükteki ZG'nin 1TM'nin % 42 ve 71'i arasındaki yüklerde benzer olduğunu elde etmişlerdir. Zink ve diğerleri (2006) tarafından yapılan çalışmada, SQ hareketindeki en yüksek ZG değerini 1TM'nin % 40 - 50'si ile yapılan yüklerde; Siegel ve diğerleri (2002) ise SQ hareketinde optimal yükün % 50'den 80'e devam eden yüksek güç verimleri ile 1TM'nin % 60'ında olduğunu bulmuşlardır. Alcaraz (2009'dan aktaran: Alcaraz vd., 2011: 3048) tarafından sprinterler üzerinde yapılan bir diğer çalışmada, ZG değerine yüksek yüklerde (% 80) ulaşılmıştır. Bu çalışmalardaki maksimal ZG değerinin elde edildiği yüklerin birbirleri ile uyuşmaması, veri toplama tekniğindeki ya da denekler arasındaki farklılıklardan kaynaklanabilir. Yinede yapılan çalışmalara bakıldığında zaman, SQ hareketinde maksimal güce orta seviyedeki yükler ile ulaşıldığı görülmektedir.

Farklı egzersiz teknikleri kullanılarak yapılan çalışmalarda, güç veriminin daha düşük yüklerde maksimize edildiği bulunmuştur. Mayhew, Wave, Johns ve Bemben (1997), farklı yüklerde yapılan BP hareketindeki maksimal güce 1TM'nin % 40'ında ulaşılmıştır. Benzer sonuçlar farklı araştırmalarda da elde edilmiştir. Newton ve diğerleri (1997), farklı yüklerde yapılan BP egzersizinde P_{max} verimine 1TM'nin % 30 ve 45'inde ulaşılmıştır. Mastropaolo (1992'den aktaran: Cronin ve Sleivert, 2005: 215), BP egzersizinde P_{max} 'ın 1TM'nin % 40'ı ile meydana geldiğini ama 1TM'nin % 40 - 60'ı arasındaki güç veriminin benzer olduğunu ifade etmiştir. Baker, Nance ve Moore (2001) tarafından rugby oyuncularında yapılan bir çalışmada, 1TM'nin % 47 - 63'ü arasındaki yüklerin P_{max} için sıklıkla benzer bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Aşçı (2001), BP egzersizindeki maksimal güce atletlerde 1TM'nin % 49.93'ünde; diğer branşlarda (hentbol, vücut geliştirme, basketbol ve voleybol) 1TM'nin % 39.90'ında ulaşılmıştır. Cronin, McNair ve Marshall (2000), BP egzersizindeki en yüksek OG değerini 1TM'nin % 60'ındaki bir yükte; P_{max} değerini ise 1TM'nin % 40'ındaki bir yüklenme yoğunluğunda elde etmişlerdir. Cronin, McNair ve Marshall (2001) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, BP egzersizindeki en yüksek OG değerine 1TM'nin % 50 - 70'i arasındaki yüklerde; en yüksek ZG değerine % 50-60'ı arasındaki yüklerde ulaşılmıştır. Buna karşılık, Thomas ve diğerleri (1996) tarafından LP kullanarak genç kadınlarda yapılan çalışmada ise en yüksek ZG değerine 1TM'nin % 68'inde ulaşılmıştır. Bu yükün 1TM'nin % 34, 40, 45, 50, 84 ya da 89'undaki yüklere göre istatistiksel olarak daha yüksek ZG değerleri ürettiğini elde etmişlerdir. Cormie ve diğerleri (2007b) tarafından yapılan bir çalışmada ise power clean egzersizindeki optimal yüke 1TM'nin % 80'inde ulaşılmıştır.

Sanchez-Medina ve diğeri (2010) tarafından sağlıklı erkek deneklerde yapılan bir çalışmada BP egzersizi uygulanmış ve P_{max} yükü elde edilmeye çalışılmıştır. Yapılan bu araştırmada mekaniksel güç veriminde maksimize edilen yükün OG, OİG ya da ZG olarak kullanılan parametreye bağlı olduğu belirtilmiştir. P_{max} yükünü hesaplamada ikinci dereceli bir polinom eğrisi, bireyin yük - güç verisi noktalarına yerleştirilmiş ve her bir koşul için her testte elde edilen P_{max} 'a göre güç verisi ifade edilmiştir. OG kullanıldığında 1TM'nin % 40 - 60'ı arasındaki yüklerde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmamasına rağmen, 1TM'nin % 54.2'sindeki yükte güç verimi maksimale ulaşmıştır. OİG ve ZG için ise P_{max} , söylenen sıraya göre 1TM'nin % 36.5 ve % 37.4'ündeki bir yükte elde edilmiş ve bu yükler arasında önemli farklılıkların olmadığı belirtilmiştir. OİG veya ZG'ye eklenerek hesaplanan P_{max} , OG kullanılarak elde edilenden daha düşük bulunmuştur. OİG ya da ZG için 1TM'nin % 20 - % 55'i arasındaki yükler için güç veriminde istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur. Ayrıca BP testlerinde direk olarak elde edilen absolut P_{max} değerleri ise OG için 453 (\pm 69 W), OİG için 568 (\pm 84 W) ve ZG için 938 (\pm 148 W) olarak elde edilmiş ve bu değerlerin birbirinden farklı olduğu belirtilmiştir. İlgili bireysel ikinci derece polinomlardan elde edilen bu değerlerin her bir deneğin OG için 0.97, OİG için 0.98 ve ZG için 0.95 oranında r^2 değeri ham verisine karşılık geldiği rapor edilmiştir.

Sanchez-Medina, Gonzales-Badillo, Perez ve Garcia-Pallares (2014), BP ve prone bench pull (PBP) egzersizindeki OG, OİG ve ZG parametrelerinde istatistiksel farklılıklar bulmuşlardır. Yapılan çalışmada, OG kullanıldığında güç veriminin BP için 1TM'nin % 56'sı, PBP için ise 1TM'nin % 70'indeki yükte en yüksek seviyeye çıktığı; BP için 1TM'nin % 40 - 70'i arasındaki yüklerde, PBP için ise % 50 - 90 arasındaki yüklerde ulaşılan güç veriminde istatistiksel olarak anlamlı olmayan farklılıklar elde edilmiştir. OİG kullanıldığında BP için 1TM'nin % 20 - 60'ı, PBP için ise % 20 - 70 arasındaki yüklerde ulaşılan güç veriminde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olmamasına rağmen, BP için 1TM'nin % 37'si, PBP için % 46'sındaki bir yükte güç verimi en yüksek seviyeye çıktığı elde edilmiştir. Son olarak ZG kullanıldığında BP için 1TM'nin % 20 - 65'i, PBP için ise % 20 - 75 arasındaki yüklerde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olmamasına rağmen, güç veriminin BP için 1TM'nin % 37'si, PBP için % 41'indeki yükte en yüksek düzeye çıktığı elde edilmiştir. OİG ya da ZG sonuç değişkenleri dikkate alınarak hesaplanan P_{max} 'ın hem BP hem de PBP için OG kullanılarak elde edilen değerden önemli bir ölçüde daha düşük olduğu belirtilmiştir. Ayrıca BP ve PBP testlerindeki her bir değişken için (OG, OİG ve ZG) direk olarak elde edilen absolut P_{max} değerinin önemli ölçüde birbirlerinden farklı olduğu elde edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlara bakıldığında, SQ hareketindeki maksimal güce orta seviyedeki yüklerde; BP hareketlerinde ise daha düşük yüklerde ulaşıldığı ve bu egzersizler arasındaki P_{max} ulaşma yükünün değiştiği görülür. Bu farklılıklar egzersizlerdeki kaldırışlarla ilgili hareketlerin yapılış özelliğinden, diğer bir deyişle metodolojik sebeplerden kaynaklanmış olabilir. Çünkü SQ ya da LP hareketleri bir alt vücut egzersizi iken; BP ya da PBP hareketleri ise bir üst vücut egzersizidir. Bu varsayımımızı Garcia-Pallares ve diğerleri (2011) tarafından yapılan ve BP egzersizi için maksimal güç veriminin 1TM'nin % 34 - 37'si arasındaki bir yükte, SQ egzersizi için ise 1TM'nin % 62 - 65'indeki yükte ulaşıldığının ifade edildiği çalışma desteklemektedir. Literatürde, BP egzersizindeki P_{max} için düşük yüklerin elde edilmesinin diğer bir nedeni de rapor edilen bu çalışmaların çoğunda 1TM'nin % 45 - 60'ı arasındaki yüklerin analiz edilmemesi olabilir. Ayrıca hareket mekanikleri, cinsiyet, yaş, kassal yorgunluk, kas - tendon morfolojisi, lif tipi, antrenman seviyesi, kuvvet ve antrenman deneyimi gibi koşulların da maksimal güce ulaşılan yük yüzdeliğini etkileyen parametreler olduğu ileri sürülmektedir (Castillo vd., 2011). Bu çalışmadaki en önemli bulgulardan biri de tam SQ hareketinin itme evresindeki OG, OİG ve ZG değerlerinin orta seviyede yüklerde maksimale ulaşmasıdır. Bu da literatürdeki çalışmalarda (Thomas vd., 1996; Izquierdo vd., 2002, 2004; Siegel vd., 2002; Alcaraz vd., 2011) elde edilen sonuçlarla paralellik gösterir. Buradan da güç verimini maksimale çıkartan bir yük aralığının olduğu sonucuna ulaşabiliriz. Bununla birlikte, yapılan çalışmalardaki gibi bu çalışmada da en yüksek OG, OİG ve ZG değerlerinin birbirinden farklı olduğu elde edilmiştir. Benzer şekilde, Fernandes ve diğerleri (2011) tarafından yapılan çalışmada da hem BP hem de SQ egzersizinde P_{max} 'ın her bir parametre için farklı olduğu elde edilmiştir.

Fernandes ve diğerleri (2011) tarafından kuvvet antrenmanı yapan erkek deneklerde yapılan çalışmada, güç ve relatif yük arasındaki en iyi ilişkinin LP ve SQ egzersizi için OİG ile elde edildiğini bulmuşlardır. Bu çalışmada ise relatif yük ve OİG arasında anlamlı bir ilişki elde edilmemiş ve tam SQ hareketindeki güç ve relatif yük arasındaki en iyi ilişki ZG ile elde edilmiştir. Bu sonuçlar, Dugan ve diğerleri (2004) tarafından yapılan çalışmada elde edilen sonuçlarla paralellik gösterir. Belirtilen çalışmada, OG yerine ZG kullanıldığında performans ile daha yüksek bir ilişki olduğu bulunmuştur. Morouçu ve diğerleri (2011), ulusal seviyedeki genç yüzücülerin SQ ve BP hareketindeki en yüksek OİG değerlerini söylenen sıraya göre 381.7 (\pm 49.7 W) ve 221.7 (\pm 58.5 W) olarak elde etmişlerdir. Benzer şekilde, bu çalışmada da en yüksek OİG değeri 337.3 (99.9 W) olarak elde edilmiştir. Lopez-Segovia ve diğerleri (2011) tarafından U21 futbolcularında yapılan çalışmada, tam SQ hareketinde artan yük ile ZG ve OG değerlerinde anlamlı farklılıklar olduğu gösterilmiştir.

Garcia-Pallares, Lopez-Gullon, Muriel, Diaz ve Izquierdo (2011) tarafından farklı kilo sınıflandırmasına (hafif, orta, ağır) göre gruplandırılan profesyonel ve amatör güreşçilerde yapılan bir çalışmada, amatör güreşçilere göre SQ ve BP hareketindeki maksimal güç değerlerinin profesyonel güreşçilerde daha yüksek olduğu bulunmuştur (% 14 - 29.8 arası). Kilo sınıflandırmasına göre değerlendirildiğinde, ağır kilodaki elit güreşçilerinin SQ ve BP hareketindeki P_{max} verimleri orta (% 17.5) ve hafif kilodaki (% 18.8) elit güreşçilerden daha fazla olduğu elde edilmiştir. Garhammer (1991) tarafından yapılan çalışmada, elit seviyede mücadele eden ağır kilodaki haltercilerin BP hareketi 1TM kaldırışı esnasında 415 W, SQ hareketinin 1TM kaldırışı esnasında ise 900 W güç verimlerine sahip olduklarını belirtmiştir. Izquierdo ve diğerleri (2004) ise haltercilerin bütün yüklerdeki ortalama absolut güç verimi indeksini (755 ± 140 W), bisikletçilerden (397 ± 99 W) % 42 - 48 daha yüksek bulmuşlardır. Granados, Izquierdo, Ibanez, Bonnabau ve Gorostiaga (2007), ise elit ve amatör bayan hentbolcuların hem BP hem de SQ hareketindeki yük - güç ilişkilerinde farklılık olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada, incelenen bütün absolut yüklerdeki (% 45 - 70 arası) üst ekstremitelerin ortalama güç verimi amatör bayan hentbolculara (153 ± 18.8 W) göre elit bayan hentbolcularda (203 ± 37.3 W) % 25 daha yüksek olarak bulunmuştur. Yarım SQ hareketinde, bütün absolut yüklerdeki (vücut kütlelerinin % 60-125 arası) alt ekstremitelerin OG verimi de amatör bayan hentbolculara (406 ± 52.0 W) göre elit bayan hentbolcularda (463 ± 51.9 W) % 12 daha yüksek bulunmuştur. Buradan da submaksimal yüklerde yarım SQ egzersizi esnasındaki güç verimi vücut kütleleri ile ilişkili ifade edildiğinde, farklı relatif yüklerde daha hızlı şekilde hareket etme yeteneğine sahip bayan hentbol grupları arasında gözlemlenen farklılıkların azaldığı görülür. Ayrıca maksimal kuvvet ve kas gücünün yüksek absolut değerlerinin de elit bayan hentbolundaki başarılı performans için çok gerekli olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte yapılan çalışmalarda, hem erkek hem de bayan sporcular için hem alt vücut hem de üst vücut maksimal güç verimlerinde bir farklılık olduğu, amatör sporculara göre elit sporcuların daha yüksek maksimal güç verimlerine sahip oldukları ve kilo sınıflandırmasına göre ise daha ağır olan sporcuların daha yüksek bir maksimal güç verimine sahip oldukları görülür.

Deneklerin absolut kuvvetleri dikkate alınmadan yük - güç ilişkileri incelendiğinde ise Garcia-Pallares ve diğerleri (2011), amatör ve elit gruplar ya da üç elit grup arasında SQ ve BP hareketlerinde güç verimini maksimal eden 1TM yüzdelerinde anlamlı farklılıklar elde etmemişlerdir. SQ ve BP egzersizinde güç verimini maksimale çıkartan 1TM yüzdeleri için üç profesyonel grup ya da amatör ve profesyonel güreşçiler arasında farklılıklar olmayışı; deneğin maksimal kuvvetine bakılmadan kas gücü verimini optimal duruma getiren yükün SQ için 1TM'nin % 62 - 65, BP için % 34 - 37'sine çok yakın olması ileri sürülebilir. Benzer

şekilde Sanchez-Medina ve diğerleri (2010) tarafından yapılan çalışmada da farklı relatif kuvvet ve gruplar arasında kas gücü verimini maksimize eden 1TM yüzdelerinde anlamlı farklılık bulunmamıştır. Yapılan çalışmada, P_{max} veriminin bireysel kuvvet seviyelerine bağlı olup olmadığını incelemek için kuvvet seviyelerine göre denekler üç farklı gruba ayrılmıştır. İstatistiksel analiz sonucunda, en güçlü grup açısından özellikle OG ve OİG parametreleri uygulandığında biraz daha düşük P_{max} yüklerine yönelik eğilim olmasına rağmen, incelenen üç parametrenin (OG, OİG ve ZG) 1TM yüzdeleri için anlamlı farklılıklar bulunmamıştır. Bu sonuçlara göre de maksimal kuvvetleri farklı olsa bile aynı yüklerdeki OG, OİG ve ZG'nin birbirine benzer olduğu ve istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olmadığı anlaşılmaktadır.

Hareket hızı, egzersiz yoğunluğunu takip etmek için daha fazla ilginin olabileceği bir değişkendir (Gonzales-Badillo ve Sanchez-Medina, 2010). Vektörel bir nicelik olan hız, pozisyonlardaki değişimin zamansal oranı olarak tanımlanır (Zatsiorsky, 1998) ve kuvvet antrenmanlarındaki egzersizlerin şiddetini sayısallaştırmak için kullanılan parametrelerden biridir (Pereira ve Gomes, 2003; Cormie vd., 2011; Kawamori ve Newton, 2006; Gonzales-Badillo ve Sanchez-Medina, 2010). Bu yüzden hızın, antrenman etkilerini düzenlemek için temel parametre olduğu ileri sürülmüştür (Izquierdo vd., 2006; Sanchez-Medina vd., 2010; Gonzales-Badillo ve Sanchez-Medina, 2010; Gonzales-Badillo vd., 2011; Sanchez-Medina ve Gonzales-Badillo, 2011; Pareja-Blanco vd., 2014).

Bu çalışmada, farklı yüklerde (1TM % 20 - 100 arası) yapılan tam SQ egzersizindeki OH, OİH ve ZH değerlerinin yük artışına paralel olarak azaldığı elde edilmiştir. OH, OİH ve ZH parametreleri için en yüksek hızın 1TM'nin % 20'sinde (OH için $1,164 \text{ m.s}^{-1}$, OİH için $0,906 \text{ m.s}^{-1}$, ZH için $1,669 \text{ m.s}^{-1}$) kaldırılan yükte meydana geldiği; 1TM yükte elde edilen hız değerlerinin ise OH için $0,169 (\pm 0,040 \text{ m.s}^{-1})$, OİH için $0,147 (\pm 0,285 \text{ m.s}^{-1})$ ve ZH için $0,585 (\pm 0,207 \text{ m.s}^{-1})$ olduğu elde edilmiştir. Bu bulgular, literatürde elde edilen sonuçlar ile paralellik göstermektedir. İlk olarak 1930'lu yıllarda Hill tarafından yapılan çalışmalarda da ifade edilen kuvvet ve kas kasılma hızı arasındaki ilişkiye göre kas kasılma kuvveti ve hızı arasında ters bir ilişki vardır. Yani ağırlık arttıkça, kas tarafından üretilen kuvvetin de artması ama hareket hızının azalmasıdır (Boreham, 2006).

Bir sporcudan mümkün olan maksimal ağırlıkta BP egzersizi yapması istenirse çok yavaş şekilde ağırlığı hareket ettirecektir. Fakat 1TM'nin yarısında BP hareketini yapması istenirse daha hızlı bir şiddette barı hareket ettirecektir (Kraemer ve Vinger, 2007). Buradan da bir kasın konsantrik kasıldığındaki hızı, uygulanan yük ya da dış kuvvet ile ters orantılı olarak ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. Uygulanan kuvvet (yük) sıfır olduğunda, kasın kasılma hızı en büyüktür ve kası zorlayacak maksimal kuvvete eşit bir seviyeye kuvvet arttığında

kasılma hızı sıfır olacaktır (Bartlett, 2007). Rahmani ve diğerleri (2001) tarafından yapılan çalışmada, farklı 1TM yüklerinde yapılan SQ hareketindeki yük - hız ilişkisinin önemli ölçüde doğrusal bir şekil gösterdiği ve yük artınca ise hızın azaldığı belirtilmiştir. Benzer sonuçlar farklı yazarlar tarafından da elde edilmiştir. Turner, Unholz, Potts ve Coleman (2012), elit rugby oyuncularının 1TM'nin % 20'sinde yapılan yükte maksimal bar hızına ulaşıldığını, bu hızın diğer yüklerle ulaşılan hızlardan önemli ölçüde yüksek olduğunu ve yük artışı ile hızın azaldığını bulmuşlardır. Cronin ve diğerleri (2001) tarafından farklı 1TM yüklerinde yapılan (% 30-80 arası) ve farklı BP tekniklerinin uygulandığı çalışmada, yükler arasındaki ZH'nin önemli ölçüde farklılaştığı ve artan yükte birlikte ZH'nin azaldığı elde edilmiştir. Cormie ve diğerleri (2007b), 1TM'nin % 0'ındaki yüklenme koşulunun maksimal hıza neden olduğunu ve bu hızın 1TM'nin % 27, 42, 56, 71 ve 85'inde ulaşılan hızlardan daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Zink ve diğerleri (2006) tarafından yapılan çalışmada da yük arttıkça ZH'nin azaldığı, fakat % 20 - 30, 70 - 80 ve 80 - 90 yüklerde kaldırılan ağırlıkların zirve hızlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı bulunmuştur. Bu çalışmada da 1TM'nin % 20 - 30 ve 80 - 90'ındaki yükler arasındaki ZH değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilmemiştir ve bu bakımdan bahsedilen çalışma ile paralellik göstermektedir.

Pearson ve diğerleri (2009), BP ve bench pull hareketleri kullanarak 1TM'nin farklı yüzdelerinde (% 10 artışla % 10-100 arası) elde edilen OİH'nin, BP hareketine göre bench pull hareketinde daha yüksek olduğunu ve iki hareket arasında aynı relatif yükteki OİH'nin farklı olduğunu bulmuşlardır. Yapılan çalışmada BP hareketi için OİH değeri $0.95 (\pm 0.14 \text{ m.s}^{-1})$, bench pull hareketi için ise $1.20 (\pm 0.16 \text{ m.s}^{-1})$ olarak elde edilmiştir. Hem bench pull hem de BP hareketinde yük artışı ile OİH değerlerinin kademeli olarak azaldığı; 1TM ile elde edilen OİH değerinin BP için $0.09 (\pm 0.03 \text{ m.s}^{-1})$, bench pull için $0.47 (\pm 0.03 \text{ m.s}^{-1})$ olduğu elde edilmiştir. Benzer şekilde Sanchez-Medina ve diğerleri (2014) tarafından yapılan ve BP ile PBP egzersizlerinin kullanıldığı bir çalışmada da 1TM'nin farklı yüzdeleri (% 5 artışla % 30-100 arası) ile ulaşılan OİH'nin BP hareketine göre PBP hareketi için önemli ölçüde daha yüksek olduğu ve iki hareket arasında aynı relatif yükteki OİH'nin istatistiksel olarak farklı olduğu bulunmuştur. Yapılan çalışmada 1TM'nin % 30'undaki kaldırış esnasında BP için OİH $1.29 (\pm 0.08 \text{ m.s}^{-1})$, PBP için ise $1.50 (\pm 0.11 \text{ m.s}^{-1})$ olarak elde edilmiştir. 1TM ile ulaşılan OİH değerleri BP için $0.17 (\pm 0.04 \text{ m.s}^{-1})$, PBP için ise $0.52 (\pm 0.05 \text{ m.s}^{-1})$ olarak bulunmuştur. Her iki hareket için de kaldırılan yük arttıkça OİH değerleri azalmıştır. BP ile karşılaştırıldığında, PBP hareketinde daha fazla hız değerlerinin elde edilme sebebi; farklı iskelet kas yapısı ile itme ve çekmenin karşıt eylemlerinde yer alan farklı mekaniksel kaldıraçlara bağlanmıştır. Yani PBP için öncelikli hareket kaslarının longitudinal lif dizilişi ve büyük lif uzunluğuna sahip olması ve bu özelliklerin de bu kasların kısılma hızlarını daha

hızlı geliştirmeye uygun hale getirmesine; BP hareketinde yer alan kas sisteminin ise daha kısa lif uzunluklarına, daha büyük pennation açlarına ve dolayısıyla da daha büyük bir güç üretme yeteneğine sahip olmasına neden olur (Lieber ve Frider, 2000; Pearson vd., 2009). Sanchez-Medina ve diğerleri (2011) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise tam squat hareketinde 1TM ile ulaşılan ortalama hızın $0.34 (\pm 0.05 \text{ m.s}^{-1})$ olduğu elde edilmiştir.

Jones, Hunter, Fleising, Escamilla ve Cemale (1999) tarafından kolej futbolcularında yapılan çalışmada, BP hareketindeki kaldırış hızının 1TM'nin % 50 (1.32 m.s^{-1}), % 75 (0.64 m.s^{-1}) ve % 90'ında (0.42 m.s^{-1}) elde edilen hızlardan farklı olduğu ve yüke bağlı olarak da hareket hızında azalmanın olduğu belirtilmiştir. Aşçı (2001) ise farklı spor branşlarındaki sporcularda yaptığı çalışmada, BP hareketindeki kaldırış hızının 1TM'nin % 49.93'de $1.51 - 1.82 \text{ m.s}^{-1}$ arasında, % 70'inde $1.15 - 1.48 \text{ m.s}^{-1}$ arasında ve % 79.98'inde ise $0.87 - 1.15 \text{ m.s}^{-1}$ arasında değiştiğini elde etmiştir. Belirtilen çalışmalarda elde edilen hareket hızlarının bu çalışmada elde edilen değerlerden oldukça yüksek olduğu görülür. Bu farklılık, kullanılan ölçüm cihazından kaynaklanabilir.

Gonzales-Badillo ve Sancez-Medina (2010), 1TM'nin farklı yüzdeleri (% 5 artış ile % 30-100 arası) ile elde edilen hızdaki farklılıkların $0.07 - 0.09 \text{ m.s}^{-1}$ arasında değiştiğini elde etmiştir. Yapılan çalışmada, BP hareketindeki 1TM ile elde edilen ortalama hızın 0.16 m.s^{-1} olduğu ve ortalama test hızı ile 1TM yük hızı arasında düşük olmasına rağmen yinede anlamlı bir ilişki olduğu bulunmuştur. Maksimal kuvvetleri modifiye edildikten sonra her bir relatif yük ile elde edilen OİH'deki mevcut olan farklılıkların incelenmesi için 6 haftalık bir antrenman döneminden sonra deneklere tekrardan BP hareketi yaptırılmış ve antrenman sonrası relatif yük - hız ilişkisi araştırılmıştır. Antrenman döneminden sonra deneklerin 1TM değerleri % 9.3 (± 6.7) artmasına rağmen, OH'deki farklılıklar sadece $-0.01 (\pm 0.05 \text{ m.s}^{-1})$ ya da absolut değer olarak ifade edildiğinde $0.02 (\pm 0.02 \text{ m.s}^{-1})$ bulunmuştur. 1TM değerini % 11.8 (85 kg'dan 95 kg'a) geliştiren deneğin relatif yükteki OH ve OİH değerleri sabit kalırken, birinci ve ikinci testteki 1TM yük hızları (V_{1TM}) neredeyse aynıdır (söylenen sıraya göre $0.16 \& 0.14 \text{ m.s}^{-1}$). 1TM değerini % 14.8 geliştiren (115 kg'dan 132 kg'a) deneğin ikinci testte hem V_{1TM} (0.06 m.s^{-1}) hem de OH (0.69 m.s^{-1}) değerleri ilk testte göre oldukça düşük bulunmuştur (söylenen sıraya göre $0.17 \& 0.75 \text{ m.s}^{-1}$). Bu denek için her bir yükte ulaşılan OİH, ilk testte ulaşılan değere göre ikinci testte daha düşüktür. Son olarak, 1TM değeri % 2.2 azalan (112.5 kg'dan 110 kg'a) deneğin birinci ve ikinci testteki V_{1TM} değeri benzer (sıraya göre $0.10 \& 0.12 \text{ m.s}^{-1}$) ama OH'nin her iki durumda da aynı olduğu elde edilmiştir (0.73 m.s^{-1}). Ayrıca birinci ve ikinci testteki her 1TM yüzdesi ile ulaşılan OİH değerinin de hemen hemen aynı olduğu elde edilmiştir. Bu sonuçlardan da anlaşılacağı gibi bir kuvvet antrenman döneminden sonra deneğin 1TM değeri değişse bile OİH'deki değişme minimal

ve istatistiksel olarak anlamlı değildir. Torres-Ronda, Sanchez-Medina ve Gonzales-Badillo (2011) tarafından yapılan bir çalışmada ise BP ve SQ hareketinde 1 m.s^{-1} hız yaratan yük ve ortalama itme gücü arasında anlamlı bir ilişki elde edilmiştir.

Sanchez-Medina ve diğerleri (2011) tarafından yapılan çalışmada, yük - hız profilinin bireysel belirlenmesi için deneklere bir tekrarlı maksimale kadar artan yükler ile tam squat kuvvet testi uygulamışlardır. Yapılan çalışmada OİH ve relatif yük arasında çok yakın bir ilişki ($r^2 = 0.96$) elde edilmiştir. Farklı hareketlerin kullanıldığı başka çalışmalarda da hız ve relatif yük arasında benzer ilişkiler bulunmuştur. Gonzales-Badillo ve Sancez-Medina (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, BP hareketindeki relatif yük ve OİH arasında çok yakın bir ilişki ($r^2 = 0.98$) elde edilirken; Sanchez-Medina ve diğerleri (2014) tarafından yapılan çalışmada da BP ve PBP egzersizleri için relatif yük ve OİH arasında çok yakın bir ilişki (söylenen sıraya göre $r^2 = 0.97$ & $r^2 = 0.94$) elde edilmiştir. Görüldüğü gibi literatürde yapılan çalışmalardaki sonuçların, bu çalışmadaki sonuçlarla oldukça benzer olduğu görülmektedir. Bu çalışmada da 1TM yüzdelerle yük değerleri ile tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki OH ($r = - ,913$), OİH ($r = - ,968$) ve ZH ($r = - ,895$) parametreleri arasında yüksek düzeyde, negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olduğu; yük değerleri arttıkça, tam squat hareketinin itme evresi esnasındaki OH, OİH ve ZH değerlerinin ise azaldığı elde edilmiştir. Bununla birlikte literatürdeki sonuçlara paralel olarak tam SQ hareketinin itme evresindeki relatif yük - hız arasındaki en güçlü ilişkinin OİH ile elde edildiği bulunmuştur. Bu sonuçlara göre bütün egzersizler için relatif yük ve hız arasında ayrılmaz bir ilişkinin olduğu görülür ve 1TM'nin her bir yüzdesinin kendi OH, OİH ve ZH değerine sahip olduğu ileri sürülebilir.

Marques, Tillaar, Vescovi ve Gonzales-Badillo (2007) tarafından elit hentbolcularda yapılan çalışmada, 26, 36 ve 46 kg ile konsantrik BP egzersizi esnasındaki güç ile bar hızı incelenmiş ve absolut yüklerin artması ile hızın azaldığı elde edilmiştir. ZG için 26 - 46 kg arasında, OG için ise 36 - 46 kg arasında anlamlı bir azalma elde edilmiştir. Ayrıca 36 - 46 kiloda ZG, 26 - 36 kiloda fırlatma hızı ve zirve bar hızı arasında anlamlı bir korelasyon elde edilmiştir. Buna ek olarak, her yükteki ortalama bar hızı ve OG arasında ve her bir yükteki zirve bar hızı ve ZG arasında da anlamlı korelasyonlar bulunmuştur.

Farklı absolut kuvvet seviyelerine sahip deneklerin yük - güç ve yük - hız ilişkilerinin araştırıldığı çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Sanchez-Medina ve diğerleri (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı maksimal dinamik kuvvet seviyelerine sahip (1TM değerleri 80, 102.5 ve 127.5 kg) sağlıklı erkek deneklerin BP hareketindeki yük - güç ve yük - hız parametrelerinin farklılık gösterdiği elde edilmiştir. Yapılan çalışmada hafif ve orta yükler kaldırıldığında, OİH ve özellikle de OİG değişkenlerinin OH ya da OG'ye göre

kuvvet seviyelerinde (1TM) mevcut olan farklılıklar arasında daha iyi bir ayırım yapılabildiğini belirtmişlerdir. Yani bütün konsantrik evre gözönüne alındığında 1TM kuvveti 80 kg olan bir deneğin 20 kg'lık bir yük ile ürettiği OG veriminin, 1TM kuvveti 127,5 kg olan bir denek tarafından aynı absolut yükte ulaşılan değerden sadece 40 W (% 15.7) daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca daha yüksek 1TM kuvvete sahip deneklerin daha hızlı şiddetlerde aynı absolut yükleri kaldırdıkları elde edilmiştir. Gonzales-Badillo ve Sancez-Medina (2010), her 1TM yüzdesi ile ulaşılan hızın bireysel kuvvet seviyelerine bağlı olup olmadığı incelemek için relatif kuvvet oranlarına göre denekleri dört gruba ayırmışlar ve relatif kuvvet oranı en fazla olan grubun ortalama test hızının diğer grupların hepsinden elde edilen değerlerden oldukça düşük olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca relatif kuvvet oranı daha fazla olan en güçlü grup için daha düşük değerler yönünde bir eğilim tespit edilmesine rağmen, V_{1TM} içinde gruplar arasında önemli farklılıklar bulunmamıştır. Bu sonuçlara göre her 1TM yüzdesi ile ulaşılan ortalama hız, her yükün (ağırlığın) temsil ettiği gerçek 1TM yüzdesinin çok basit bir göstergesidir. Yinede, 1TM'de meydana gelen daha büyük gelişmeler ortalama test hızında düşüş yönünde önemli bir eğilim ortaya çıkarmıştır. Bu da bireysel performans ilerledikçe (1TM), V_{1TM} 'nin biraz düşmeye eğilimli olması ile açıklanabilir. Bu nedenle de en yüksek relatif kuvvete sahip deneklerin, daha az relatif kuvvete sahip deneklere göre 1TM'lerine aşırı olmasa da biraz daha düşük OH ile ulaşmışlardır. Ayrıca yüksek relatif kuvvete sahip deneklerin ortalama test hızları, daha az kuvvete sahip olan deneklere göre önemli ölçüde düşük bulunmuştur. Buradan da hem SQ hem de BP hareketinde farklı kuvvet seviyelerine sahip deneklerin 1TM'nin farklı yüzdelilerindeki güç, hız ve kuvvet değişkenlerinde meydana gelen farklılıklar, her hareketin ve deneğin kendine özel bir yük - güç, yük - hız ve yük - kuvvet profillerine sahip olduklarını göstermektedir.

Yaygın olarak kullanılan çoğu direnç antrenman egzersizleri için yük - güç ya da yük - hız ilişkilerinin detaylı bir şekilde tanımlanması; antrenman verimliliği gelişirken kuvvet ve güç kazanımlarını optimize eden kuvvetin bireysel olarak tanımlanması ve çoğu sportif performans ile ilişkili relatif yüklere karşı antrenman ya da antrenmansız dönemin sebep olduğu sinir-kas adaptasyonlarını dönemsel değerlendirmek için kondisyonerlere ya da spor bilimcilerine yardımcı olacaktır (Sanchez-Medina vd., 2014).

Bu çalışmada, farklı yüklerde (1TM'nin % 20 - 100'ü arası) yapılan SQ egzersizindeki OK, OİK ve ZK parametrelerinin yük artışına paralel olarak yükseldiği elde edilmiştir. OK, OİK ve ZK parametreleri için en yüksek kuvvetin maksimal yükte meydana geldiği (OK için $998,1 \pm 185,6$ N; OİK için $1167,5 \pm 200,8$ N; ZK için $2576,2 \pm 418$ N), en düşük kuvvetin ise 1TM yük değerinin % 20'sindeki kaldırıpta meydana geldiği elde edilmiştir. 1TM'nin % 20'sinde elde edilen kuvvet değerleri; OK için $201,4 (\pm 34,2)$ N, OİK için $433,3 (\pm 95,4)$ N

ve ZK için 761,6 (\pm 106,3 N) olarak elde edilmiştir. Ayrıca 1TM'nin yüzdelik yük değerleri ile tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki OK ($r = ,907$), OİK ($r = ,706$) ve ZK ($r = ,811$) değerleri arasında yüksek düzeyde, pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olduğu; yük değerleri arttıkça, tam SQ hareketinin itme evresindeki OK, OİK ve ZK değerlerinin de arttığı bulunmuştur. Bununla birlikte, tam SQ hareketindeki kuvvet ve relatif yük arasındaki en güçlü ilişki, OK ile elde edilmiştir.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, Pearson ve diğerleri (2009) tarafından elit kürekçilerde yapılan çalışmada hem BP hem de bench pull egzersizi yaptırılmış ve bu egzersizlerin farklı yüklerdeki (% 10 artış ile % 10-100 arası) itme evreleri analiz edilmiştir. Yapılan çalışmada, BP hareketindeki en düşük OK değerleri 1TM'nin % 10'unda (122 ± 29 N) yapılan kaldırışlarda elde edilirken, en yüksek OK değeri ise 1TM yükte (1176 ± 232 N) elde edilmiştir. Bench pull hareketinde de aynı sonuçlar bulunmuştur. Uygulanan harekette en düşük OK değeri 1TM'nin % 10'unda (102 ± 15 N), en yüksek OK değeri ise 1TM yükte (984 ± 147 N) elde edilmiştir. Ayrıca her iki harekette de artan yüklerle birlikte OK değerlerinin yükseldiği gösterilmiştir. Bahsedilen çalışmadaki sonuçlar, bu çalışmadaki sonuçlarla büyük paralellik göstermektedir. Bu çalışmada da 1TM yükteki maksimal OK değeri 998,1 N, en düşük OK değeri ise 201,4 N olarak elde edilmiştir. İki çalışmada elde edilen en düşük OK değerlerindeki farklılık, uygulanan yüklenme yoğunluğundan kaynaklanmaktadır.

Farklı yazarlar tarafından da benzer sonuçlar bulunmuştur. Cronin ve diğerleri (2001) tarafından yapılan çalışmada, farklı relatif yüklerde (1TM'nin % 30 - 80 arası) yapılan farklı BP tekniklerinin kinetik - kinematikleri analiz edilmiş ve uygulanan yükün artması ile BP tekniklerinin hepsinde ZK değerlerinin de arttığı; en düşük ZK'nin minimal yükte, en yüksek ZK değerlerinin ise maksimal yükte gözlendiği belirtilmiştir. Turner ve diğerleri (2012), farklı 1TM yüzdelilerindeki (1TM'nin % 20 - 100 arası) squat sıçrama egzersizinde yük artışı ile ZK değerinin arttığını ve en yüksek değere maksimal yükte ulaşıldığını, buna karşılık 1TM'nin % 20 - 60'ı arasındaki yüklerde var olan farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığını elde etmişlerdir. Cormie ve diğerleri (2007b) ise kuvvetin maksimal yükte, yani 1TM'nin % 85'inde yapılan kaldırış esnasında maksimal değere çıktığını ve bu değer 1TM'nin % 0, 12, 27, 42 ve 56'sındaki yüklerde elde edilen kuvvetten önemli ölçüde farklı olduğunu elde etmişlerdir. Newton ve diğerleri (1997), BP hareketindeki en yüksek OK değerine 1TM'nin % 90'ında, en düşük OK değerine ise 1TM'nin % 15'inde ulaşmışlardır. Powers ve Howley (2009), hareket hızı arttıkça kas tarafından üretilen ZK değerinin azaldığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde Rahmani ve diğerleri (2001), SQ hareketi esnasında üretilen OK değerinin artan dirençle arttığını belirtmişlerdir. Literatürde mevcut olan sonuçların, bu çalışmada elde edilen sonuçlarla paralellik gösterdiği görülmektedir.

Sprint ve sıçrama performansı; basketbol, futbol ve hentbol gibi birçok sporun önemli bileşenleri olarak kabul edilir ve bu sportlardaki başarı için bu bileşenler oldukça etkilidir. Bu yüzden de birçok antrenman yöntemi, fiziksel performansı ve böylece de sprint ve sıçrama gibi spesifik takım sporlarındaki performansı geliştirmek için sportlardaki kuvvet ve gücü artırmada kullanılır (Gabbett vd., 2008; Santos ve Janeira, 2008). Sportif faaliyetler ya da diğer fiziksel aktivitelerdeki maksimal insan eforlarına katkı sağlayan bazı önemli yetenekleri tanımlamada kullanılan kuvvet ve güç özellikleri (Harman, 2008), yüksek bir çalışma oranı (güç) ve büyük dirençlere (kuvvet) karşı oldukça yüksek kuvvet yaratma yeteneği gereken çeşitli sportlar için oldukça önemlidir. Bu nedenle de çoğu spordaki başarı büyük bir oranda sporcunun patlayıcı bacak kuvvetine ve maksimal kuvvetine bağlıdır. Sıçramalar, atmalar, atletizm yarışmaları ve diğer aktivitelerde mücadele eden sporcuların mümkün olduğu kadar zorlanarak ve hızlı şekilde kuvvet kullanabilmeleri gerekir (Yessin ve Hatfield, 2007).

Sprint, çok kısa bir zaman periyodu boyunca maksimal ya da maksimale yakın hızda koşabilme yeteneğidir (Baker ve Nance, 1999). Yüksek bir maksimal sprint hızını meydana getirme yeteneği, birçok spordaki başarının önemli belirtecidir (Baughman vd., 1984). Bu nedenle sprint yeteneği, eklemler ve kaslar arasında uygun motor koordinasyon gereken bir kompleks yetenektir (Delecluse vd., 1995). Araştırmacı ve uygulayıcıların çoğu tarafından çok kısa mesafelerde (5 ya da 10 m) yapılan sprint yeteneğinin, belirli kuvvet özellikleri ve koşu tekniğini, genel olarak da çok kısa sprintlerin daha büyük konsantrik kas kontraksiyon katkısını ve diz ekstansör aktivitesini gerektirdiği kabul edilir (Marques vd., 2011).

Bu çalışmada, 1TM'nin % 40 ve 70'inde yapılan tam SQ hareketinin itme evresindeki OG ve ZG değerleri ile 1TM'nin % 70'inde elde edilen OİG değerinin 5 m sprint zamanı ile orta düzeyde negatif bir ilişkiye sahip olduğu; diğer yüklerle yapılan SQ hareketindeki güç parametreleri ve 5 m sprint zamanı arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmadığı bulunmuştur. Ayrıca farklı yüklerde yapılan tam SQ hareketi esnasındaki OH, OİH ve ZH parametreleri ile 5 m sprint zamanı arasında anlamlı bir ilişki elde edilmemiştir. 1TM'nin % 40, 50 ve 90'ındaki OİK ile % 30, 50, 80 ve 90'ındaki ZK değerleri hariç diğer bütün yüklerdeki OK, OİK ve ZK değerlerinin 5 metre sprint zamanı ile orta düzeyde negatif bir ilişkiye sahip olduğu elde edilmiştir. 30 m sprint performansına bakıldığında, 1TM'nin % 40 ve 70'indeki OG; % 40 ve 60'ındaki ZG; % 20 ve 90'ındaki OH; % 40 ve 60'ındaki ZH ile 1TM'nin % 60'ındaki ZK değerlerinin 30 metre sprint zamanı ile orta düzeyde negatif ilişkiye sahip olduğu; diğer yüklerle yapılan tam SQ hareketinin itme evresindeki güç, hız ve kuvvet parametrelerinden hiçbirinin 30 metre sprint zamanı ile istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkiye sahip olmadığı elde edilmiştir.

Literatüre bakıldığında, Lopez-Segovia ve diğerleri (2009, 2011) tarafından yapılan ve tam SQ hareketindeki güç parametreleri ile kısa sprint performansı arasındaki ilişkilerin araştırıldığı çalışma haricinde, itme evresindeki kinetik - kinematiklerin sprint performansı ile ilişkisini araştıran bir çalışma yoktur. Yinede, izoinertial egzersizlerdeki farklı kuvvet ve güç ölçümleri ile sprint performansı arasındaki ilişkiler bazı çalışmalarda incelenmiştir. Fakat yapılan çalışmalarda genellikle 1TM kuvvet ya da sıçrama egzersizleri esnasındaki bazı parametreler ile sprint performansı arasındaki ilişkilerin incelendiği görülür. Lopez-Segovia ve diğerleri (2011) tarafından U21 futbolcularında yapılan bir çalışmada, 70 kg'lık dış yüklerle uygulanan tam SQ hareketi esnasındaki OG veriminin sprint zamanlarının çoğu ile önemli ölçüde ilişkili olduğu elde edilmiştir. Ayrıca 30 ve 40 kg'lık bir dış yüklerle uygulanan tam SQ hareketindeki OG ve 10 m sprint zamanı arasında da anlamlı bir korelasyon elde etmişlerdir. Bundan başka, farklı yüklerle uygulanan tam SQ hareketindeki güç parametreleri ve sprint zamanları arasında anlamlı ilişki bulamamışlardır. ZG değerinin ise farklı sprint zamanları ile sadece 20 ve 30 kg'da anlamlı bir ilişki olduğu elde edilmiştir. Benzer bir şekilde Lopez-Segovia ve diğerleri (2009) tarafından yapılan bir başka çalışmada da farklı yüklerdeki (30, 40, 50 ve 60 kg) tam SQ hareketi esnasındaki OG değeri ile 10, 20 ve 30 m sprint zamanı arasında anlamlı korelasyonlar bulmuşlardır. Ayrıca sprint zamanlarının ZG ile de önemli ölçüde ilişkili olduğu fark edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçların Lopez-Segovia (2009, 2011) tarafından yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlarla benzerlik gösterdiği görülmektedir ama yinede bu çalışmadaki uygulama yöntemi ile bahsedilen çalışmalardaki uygulama yöntemleri arasında önemli bir farklılık bulunmaktadır. Bu çalışmada deneklerin güç parametreleri belirli bir dış yüke göre değil, 1TM kuvvet yüzdelerine karşılık gelen dış yükler kullanılarak elde edilmiş ve 5 - 30 metre sprint zamanları ile 1TM'nin % 40 ve 70'inde uygulanan tam SQ hareketinin itme evresindeki OG ve ZG parametreleri arasında anlamlı bir ilişki elde edilmiştir. Deneklerin tam SQ hareketindeki ortalama 1TM değerlerinin 101 kg olduğu gözönüne alındığında ise uygulanan dış yüklerin yapılan çalışmalarda kullanılan dış yüklerle benzediği görülmektedir.

Requena ve diğerleri (2009), yarı profesyonel futbolcularda yarım SQ hareketindeki vücut ağırlığının % 50, 75, 100 ve 125'ine karşılık gelen bir dış yüklerle elde edilen OİG ve ZG değerlerinin 15 m sprint zamanı ile anlamlı ilişkiler gösterdiğini elde etmişlerdir. 15 m sprint zamanı ve yarım SQ hareketindeki değişkenler arasında gözetlenen en kuvvetli ilişki, OİG ve vücut ağırlığının % 75'inde ulaşılan OG olduğu belirtilmiştir. Alcaraz ve diğerleri (2011), tarafından sprinterlerde yapılan bir çalışmada ise 5 farklı yoğunluktaki (1TM'nin % 30, 45, 60, 70 ve 80'i) yarım SQ hareketinin itme evresi esnasındaki ZG değerleri ve en iyi 60 m sprint zamanı arasında anlamlı bir ilişki elde edilmemiştir.

Marques, Gil, Ramos, Costa ve Marinho (2011) tarafından farklı spor branşlarında mücadele eden amatör sporcuların 5 m sprint zamanları ile dikey sıçrama kuvveti metrikleri arasındaki ilişkinin araştırıldığı çalışmada, 5 m sprint performansı ile bir smith makinede yapılan counter-movement sıçrama egzersizi esnasındaki OİG ($r = 0.715$), ZG zamanı ($r = -0.660$), itme zamanı süresi ($r = -0.737$), zirve hıza kadar OG ($r = 0.648$), OİK ($r = 0.801$), zirve hıza kadar OK ($r = 0.680$) arasında yüksek düzeyde kuvvetli ilişkiler elde edilmiştir. Buna karşılık kısa sprint performansı ile OK ($r = 0.377$), ZK ($r = 0.431$), ZK zamanı ($r = -0.127$), OG ($r = 0.233$) ve ZG ($r = 0.500$) arasında ise anlamlı bir ilişki elde edilmemiştir. Ayrıca ZH ve OİH parametrelerinin ise 5 m sprint yeteneği ile önemli ölçüde ilişkili olmadığı elde edilmiştir. Yapılan çalışmada, countermovement sıçrama hareketinin itme evresindeki kinetik - kinematiklerinin 5 m sprint zamanı ile ilişkisinin araştırıldığı ve uygulanan yöntemin bu çalışmadaki yöntemle tamamen farklı olduğu görülmektedir. Yinede, bu çalışmada da 5 m sprint zamanları ile 1TM'nin farklı yüklerinde yapılan tam SQ hareketinin itme evresindeki OH, OİH ve ZH arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur ve bu bakımdan yapılan çalışma ile benzerlik göstermektedir. Buradan da uygulanan yöntemler farklı olsa bile 5 m sprint zamanları ve hız parametreleri arasında istatistiksel bir ilişkinin olmadığı söylenebilir. Bu durumun genellikle 5 metre gibi kısa mesafe koşullarındaki zamanın, hızdan daha çok sporcunun patlayıcı kuvveti ile ilişkili olduğu ileri sürülebilir.

Bazı araştırmalarda, yer reaksiyon kuvveti veya impuls büyüklüğü ile maksimal sprint hızı arasında kuvvetli bir ilişki elde edilmiştir. Weyand, Sternlight, Bellizzi ve Wright (2000), maksimal sprint hızı ve maksimal yer reaksiyon kuvveti arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulmuşlardır. Ayrıca sprint hızının koşucuların bacak hızından değil, yer reaksiyon kuvvetinin bir sonucu olduğu ileri sürülmüştür. Hunter, Marshall ve McNair (2005) tarafından yapılan çalışmada da maksimal sprint hızı ve yer reaksiyon kuvveti yatay impulsu arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Böylece kuvvet veya maksimal kuvvet üretiminin sprint hızının ayrılmaz bir bileşeni olduğu açıkça görülür (McBride vd., 2009). Bu çalışmada da 1TM'nin % 40, 50 ve 90'ında yapılan tam SQ hareketinin itme evresindeki OİK değerleri ile birlikte 1TM'nin % 30, 50, 80 ve 90'ındaki ZK değerleri hariç diğer bütün yüklerde, 5 m sprint zamanı ile OK, OİK ve ZK değerleri arasında orta düzeyde, negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki elde edilmiştir.

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda, birçok spordaki sıçrama performansını en iyi açıklayabilen parametrelerin hangisi olduğunun anlaşılmasına yönelik girişimlerin yapıldığı görülmektedir. Yinede Requena ve diğerleri (2009) tarafından yapılan bir çalışma haricinde, farklı yüklerde yapılan tam SQ hareketinin itme evresindeki kinetik - kinematiklerin sıçrama performansı ile ilişkilerinin araştırıldığı herhangi bir çalışmanın mevcut olmadığı ve yapılan

çalışmalarda ise genellikle squat sıçraması ya da countermovement sıçramanın konsantrik evresindeki parametrelerin dikey sıçrama ile ilişkilerinin araştırıldığı görülür. Bu nedenle elde edilen sonuçlar, literatürde mevcut olan açığı doldurma bakımından oldukça önemlidir. Bu çalışmada, sıçrama performansı ile 1TM'nin farklı yüklerinde yapılan tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki güç (OG, OİG, ZG), hız (OH, OİH, ZH) ve kuvvet (OK, OİK, ZK) parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmadığı elde edilmiştir.

Requena ve diğerleri (2009) tarafından 1. lig futbolcularında yapılan çalışmada, yarım SQ hareketinde vücut ağırlığının % 50, 75, 100 ve 125'ini yansıtan dış yüklerle elde edilen OG ve OİG değerlerinin, dikey sıçrama performansı ile ilişkisi araştırılmış ve bu değişkenlerin sıçrama yüksekliği ile anlamlı ilişkiler gösterdiği elde edilmiştir. Ayrıca sıçrama ölçümleri ile sadece vücut ağırlığının % 50'sinde elde edilen OG'nin önemli ölçüde ilişkili olmadığı, en kuvvetli ilişkinin vücut ağırlığının % 75'inde elde edilen OG olduğu belirtilmiştir. Bu sonuçlar, yapmış olduğumuz çalışmada elde edilen sonuçlarla uyumsuzdur. Yapılan çalışmada, deneklere sıçrama egzersizi olarak SQ sıçraması ve counter-movement sıçrama egzersizi yaptırılmış ve dış yük olarak ise deneklerin yüzdelik vücut ağırlıkları kullanılmıştır.

Marques ve Gonzalez-Badillo (2011), sıçrama yüksekliği ile itme evresindeki OG ve ZG arasında orta derece bir ilişki olduğunu ama ZG'nin en ilişkili değişken olmadığını elde etmişlerdir. Buna karşılık Ashley ve Weiss (1994) ise bayanlarda yaptıkları çalışmada, SQ sıçramasının konsantrik evresindeki ZG'nin dikey sıçrama ile en ilişkili değişken olduğunu bulmuşlardır. Benzer sonuçlar farklı yazarlar tarafından da bulunmuştur. Dowling ve Wamos (1993), sıçramanın konsantrik evresindeki ZG ile countermovement sıçrama yüksekliği arasında yüksek bir ilişki bulmuşlar ve pozitif ZG'in dikey sıçrama performansının en kuvvetli göstergesi olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada ise Gonzales-Badillo ve Marques (2010), dikey sıçramanın konsantrik evresinde üretilen OG ve ZG parametrelerinin countermovement sıçrama yüksekliği ile önemli bir ilişkiye sahip olduğunu göstermişlerdir. Harman, Rosenstein, Frykman ve Rosenstein (1990), denekler kollarını kullandığı zaman countermovement sıçrama yüksekliği ile ZG'nin önemli ölçüde ilişkili olduğunu, OG'nin ise daha küçük bir ilişkiye sahip olduğunu bulmuşlardır. Kawamori ve Haff (2004), ZG'nin farklı sportif hareketlerdeki performansın anahtar göstergelerinden biri olduğunu belirtmişlerdir. Fakat Aragon-Vargas ve Gross (1997) ise dikey sıçrama performansının OG ile önemli bir ilişkiye sahip olduğunu belirtmiştir. Yapılan çalışmalara bakıldığında, güç parametreleri ve sıçrama performansı arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir. Fakat bu çalışmada tamamen farklı bir sonuç elde edilmiştir. Bu fark, kullanılan yöntemden kaynaklanmaktadır. Çünkü belirtilen çalışmalarda deneklerin güç parametreleri bir ağırlık kaldırma esnasında

değil, squat sıçraması ya da counter-movement sıçraması anında deneğin şortuna takılan bir cihaz ya da bir güç platformu sayesinde sıçrama yüksekliğinden elde edilmiştir.

Marques ve Gonzalez-Badillo (2011), antrenmanlı atletizm sporcularının SQ sıçrama yüksekliği ve bazı kuvvet metrikleri arasında önemli ilişkiler bulmuşlar ve squat sıçrama performansının konsantrik ZK değeri ile oldukça ilişkili olduğunu elde etmişlerdir. Benzer bir şekilde Gonzales-Badillo ve Marques (2010), konsantrik ZK'nin countermovement sıçrama yüksekliği ile ilişkili olduğunu elde etmişlerdir. Buna karşılık Cordova ve Armstrong (1996) ise tek bacakla yapılan sıçrama performansı ve ZK arasında bir ilişki elde edememişlerdir. Yazarlara göre değerlendirilen denek sayısının azlığından dolayı herhangi bir ilişkinin elde edilmediği belirtilmiştir.

Literatüre bakıldığında, 1TM ve sprint zamanları arasında bazı çalışmalarda anlamlı bir ilişki elde edilirken; bazı çalışmalarda anlamlı bir ilişkinin elde edilmediği görülür. Wisloff ve diğerleri (2004) tarafından futbolcularda yapılan bir çalışmada, yarım SQ hareketindeki 1TM ile 10 - 30 m sprint zamanları arasında anlamlı bir ilişki elde edilmiştir. McBride ve diğerleri (2009) tarafından erkek futbolcularda yapılan çalışmada, relatif kuvvetin 10 - 40 yards sprint zamanı ile istatistiksel olarak anlamlı ilişkisi olduğu; 5 yards zamanının ise bir ilişkisi olmadığı bulunmuştur. Bazı çalışmalarda, 1TM ile sprint performansı arasında düşük ya da anlamlı olmayan ilişki elde edilmiştir. Harris ve diğerleri (2008), 1TM ile 10 (r = 0.20) - 40 m sprint zamanları (r = - 0.14) arasında; Wilson ve diğerleri (1996) ise yarım squat hareketindeki 1TM ile 40 m sprint arasında istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir ilişki elde etmişlerdir. Baker ve Nance (1999) tarafından yapılan çalışmada, profesyonel rugby oyuncularının 3TM SQ kuvveti ile 10 - 40 m sprint zamanları arasında bir ilişki olmadığını; Cronin ve Hansen (2005) ise rugby oyuncularının yarım SQ hareketindeki 3TM ile 5, 10 ve 30 m sprint zamanları arasında anlamlı olmayan bir ilişki bulmuşlardır. Kukolj ve diğerleri (1999), diz - kalça ekstansör ve fleksiyonları ile sprint performansının herhangi bir değişkeni arasında anlamlı ilişkiler bulamamışlardır. Requena ve diğerleri (2009) ise yarım SQ 1TM kuvveti ile 15 m sprint zamanı arasında düşük bir ilişki bulmuşlardır. Bu çalışmada ise tam SQ hareketindeki 1TM kuvvet ile 5 m sprint zamanı arasında anlamlı bir ilişki (r = - ,413; p < 0.05) elde edilirken; 30 m sprint zamanı arasında anlamlı bir ilişki (r = - ,138; p > 0.05) elde edilmemiştir.

Sportdaki başarı, kuvvetin dikey sıçrama performansına katkısına bağlıdır (Haff vd., 2001; McGuigan vd., 2006). Yapılan bazı çalışmalarda kuvvet ve dikey sıçrama performansı arasında kuvvetli ilişkiler gösterilmiş ve kuvvetin dikey sıçramadaki performansı etkilediği ileri sürülmüştür. Augustsson (2013), genç bayan voleybolcuların hem antrenman öncesi

hem de antrenman protokolünden sonra 1TM squat kuvveti ve sıçrama yüksekliği arasında; Wisloff ve diğerleri (2004) ise futbolcuların SQ performansı ve sıçrama yüksekliği arasında kuvvetli bir ilişki elde etmişlerdir. Bonnette, Spaniol, Melrose, Ocker ve Bain (2011), 1TM SQ kuvveti ve dikey sıçrama performansı arasında $r^2 = 0.09$ 'luk bir korelasyon katsayısı bulmuşlardır. Requena ve diğerleri (2009) yarım SQ hareketindeki 1TM kuvvet ve squat sıçrama performansı arasında; Cronin ve Hansen (2005) ise rugby oyuncularının yarım SQ hareketindeki 3TM kuvvet ve dikey sıçrama performansı arasında anlamlı olmayan bir ilişki elde etmişlerdir. Bu çalışmada da tam SQ hareketindeki 1TM kuvvet ve sıçrama performansı arasında anlamlı bir ilişki ($r = ,764$; $p > 0.05$) elde edilmemiştir.

Literatürde, sıçrama performansı ve sprint zamanı arasında çok yakın bir ilişki olduğu belirtilmiştir. Wisloff ve diğerleri (2004) tarafından futbolcularda yapılan bir çalışmada, dikey sıçrama performansı ile hem 10 m hem de 30 m sprint zamanlarının önemli ölçüde ilişkili olduğu rapor edilmiştir. Benzer sonuçlar diğer yazarlar tarafında da elde edilmiştir. Lopez-Segovia ve diğerleri (2011), sıçrama performansı ile 20 - 30 m sprint zamanları arasında; Holm, Stalbm, Keogh ve Cronin (2008), tek bacak yatay sıçrama mesafesi ile 5 - 10 ve 25 m sprint zamanları arasında; Cronin ve Hansen (2005) ise countermovement ve squat sıçrama yüksekliği ile 5 - 10 ve 30 m sprint zamanı arasında anlamlı bir ilişki elde etmişlerdir. Chaouachi ve diğerleri (2009) tarafından yapılan çalışmada da hentbolcuların tek bacak yatay sıçrama mesafeleri ile 5 - 10 ve 30 m sprint zamanları arasında kuvvetli ilişkiler elde edilmiştir. Young, McLean ve Ardagna (1995), sıçrama performansı ve sprint zamanları arasında yüksek bir ilişki; Marques, Silva-Dias, Marinho ve Gonzales-Badillo (2009) ise atletizm branşındaki sporcuların SQ sıçrama yüksekliği ve kısa sprint performansı arasında anlamlı korelasyon bulmuşlardır. Bu çalışmada da sıçrama yüksekliği ile 5 m ($r = - ,428$; $p < 0.05$) ve 30 m sprint zamanı ($r = - ,598$; $p < 0.01$) arasında orta düzeyde, negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır. Bu sonuçların literatürde elde edilen sonuçlarla paralellik gösterdiği görülmektedir. Bu sonuçlara göre sıçrama yüksekliği arttıkça, 5 - 30 m gibi kısa sprint koşullarındaki zamanın azaldığı ileri sürülebilir.

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yapılan araştırmanın bu bölümünde, tam squat hareketinin itme evresi esnasındaki kinetik - kinematiklerin sprint ve sıçrama performansı ile ilişkilerinin incelenmesi sonucunda elde edilen sonuçlara yer verilmiştir. Literatürde bir hız dönüştürücü ile yapılan böyle bir çalışma olmadığı için bu sonuçların literatür için çok değerli olduğu düşünülmektedir.

6. 1. Sonuçlar

Farklı yüklerde yapılan tam SQ hareketinin itme evresindeki OG ve ZG parametreleri için maksimal güç verimine 1TM'nin % 70'inde, OİG parametresi için ise 1TM'nin % 60'ında kaldırılan yükte ulaşıldığı; 1TM yüzdelinek yük değerleri ile tam squat hareketinin itme evresi esnasındaki OG ve ZG parametreleri arasında düşük düzeyde, pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki görülürken, OİG parametresi için ise istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olmadığı görülmüştür. Ayrıca, tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki relatif yük ve güç arasındaki en güçlü ilişki, zirve güç parametresi ile elde edilmiştir.

Tam squat hareketinin itme evresindeki OH, OİH ve ZH parametrelerinin yük artışına paralel olarak azaldığı; maksimal hızların 1TM'nin % 20'sinde kaldırılan yükte, en düşük hız değerlerinin ise maksimal yükte elde edildiği görülmüştür. 1TM yüzdelinek yük değerleri ile tam squat hareketinin itme evresindeki OH, OİH ve ZH parametreleri arasında yüksek düzeyde, negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olduğu; relatif yük ve hız arasındaki en güçlü ilişkinin ise OİH ile elde edildiği görülmüştür. Buna karşılık, tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki OK, OİK ve ZK parametrelerinin yük artışına paralel olarak yükseldiği; en düşük kuvvet değerlerine 1TM'nin % 20'sinde kaldırılan yüklerde, maksimal kuvvet değerlerine ise 1TM yükte elde edildiği görülmüştür. 1TM yüzdelinek yük değerleri ile tam SQ hareketinin itme evresindeki OK, OİK ve ZK parametreleri arasında yüksek düzeyde, pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olduğu; relatif yük ve kuvvet arasındaki en güçlü ilişkinin ise MK ile elde edildiği görülmüştür.

Sprint performansının tam SQ hareketinin itme evresindeki kinetik - kinematikler ile ilişkisine bakıldığında, 5 metre sprint zamanı ile 1TM yük değerinin % 40 - 70'indeki OG ve ZG ile % 70'indeki OİG değerleri arasında; 1TM'nin % 40, 50 ve 90'ındaki OİK değerleri ile 1TM'nin % 30, 50, 80 ve 90'ındaki ZK değerleri haricindeki diğer bütün yüklerde elde edilen OK, OİK ve ZK değerleri arasında orta düzeyde, negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir

ilişki görülmüştür. Ayrıca 5 m sprint zamanı ile tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki hız parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmadığı görülmüştür.

30 m sprint zamanı ile 1TM yük değerinin % 40 - 70'inde kaldırılan tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki OG ve 1TM'nin % 40 - 60'ındaki ZG değerleri arasında; 30 m sprint zamanı ile 1TM yük değerinin % 20 - 90'ında kaldırılan tam SQ hareketinin itme evresindeki OH, % 40 - 60'ındaki ZH ve % 60'ındaki ZK değerleri arasında orta düzeyde, negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olduğu; buna karşılık 30 metre sprint zamanı ile farklı yüklerdeki tam SQ hareketinin itme evresindeki OİG, OİH, OK ve OİK değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki görülmemiştir.

Farklı yüklerde yapılan tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki güç, hız ve kuvvet parametrelerinden hiçbirinin sıçrama performansı ile istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkisi olmadığı görülmüştür.

Tam SQ hareketindeki 1TM kuvvet değeri ve 5 metre sprint zamanları arasında orta düzeyde, negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki elde edilirken, 1TM kuvvet değeri ile 30 metre sprint zamanları ve dikey sıçrama mesafesi arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmadığı görülmüştür. Ayrıca dikey sıçrama mesafesi ile 5 - 30 m sprint zamanları arasında da orta düzeyde, negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür.

6. 2. Öneriler

Bu bölümde, elde edilen sonuçlara ve araştırmacının kazanmış olduğu deneyimlere göre geliştirilen araştırma sonuçlarına dayalı öneriler ve ileride yapılabilecek araştırmalara yönelik önerilere yer verilmiştir.

6. 2. 1. Araştırma Sonuçlarına Dayalı Öneriler

- 1TM kuvvetin her bir yüzdesinde yapılan kaldırıışların kendine özel ortalama hız değerlerine sahip olması ve tam SQ hareketinin itme evresindeki hız ve relatif yük arasındaki en güçlü ilişkinin OİH ile elde edilmesinden dolayı uygulanacak direnç antrenmanlarındaki yüklenme yoğunluğu bu parametre kullanılarak hız faktörüne göre uygulanabilir.
- Her tekrarda elde edilen hız, sporcu tarafından uygulanan gerçek efor miktarını gösterebilir ve sporcunun herhangi bir yük ile uyguladığı tam SQ hareketinin itme evresi esnasındaki hız değerine göre kaldırdığı ağırlığın 1TM'nin hangi yüzdeliğine karşılık geldiği belirlenebilir. Bu sayede geleneksel 1TM testine gerek kalmadan hız ile sporcuların maksimal kuvvetleri belirlenebilir.
- Tam SQ hareketinin itme evresindeki yük - güç ve yük - kuvvet arasındaki en güçlü ilişkilerin ZG ve OK parametreleri ile elde edilmesinden dolayı test ya da performans değerlendirmeleri yapılırken bu parametreler dikkate alınabilir.
- Hem OG hem de ZG için maksimal güç verimlerine 1TM'nin % 70'inde uygulanan yüklenme yoğunluğunda ulaşılması ve bu yoğunluğunun hem OG hem de ZG için 5 - 30 m sprint performansı ile ters orantılı ilişkiye sahip olmasından dolayı sprint performansını geliştirmek için yapılacak antrenmanlar bu yüklenme yoğunluğunda uygulanabilir.
- 1TM kuvvet ve 5 m sprint zamanı arasında ters orantılı bir ilişki olması ve farklı yüklerle yapılan SQ hareketinin itme evresindeki kuvvet değişkenlerinin büyük bir çoğunluğunun 5 m sprint zamanı ile ilişkili olmasından dolayı 5 m gibi kısa sprint koşullarında performansı artırmak için sporcuların bacak kuvvetlerini geliştirici SQ ya da LP gibi egzersizler yaptırılabilir.
- Dikey sıçrama mesafesi ile 5 - 30 metre sprint zamanları arasında ters orantılı bir ilişki olmasından dolayı sprint performansını geliştirmek için sporcuların sıçrama performanslarını artırmaya yönelik antrenmanlar yaptırılabilir.

6. 2. 1. İleride Yapılabilecek Araştırmalara Yönelik Öneriler

- Sporcuların 1TM değerleri hız faktörüne göre elde edilerek farklı yüklerde yapılan tam SQ hareketinin itme evresindeki kinetik ve kinematikleri analiz edilebilir.
- İtme evresindeki kinetik - kinematik parametrelerin yaş ya da cinsiyet faktörüne göre bir farklılık gösterip göstermediğini değerlendirmek için farklı yaş gruplarında veya bayanlarda bir araştırma yapılabilir.
- Daha fazla denek kullanılarak farklı spor branşlarında mücadele eden sporcuların itme evresindeki kinetik - kinematikleri değerlendirilebilir ve bu parametrelerin spor branşlarına göre bir farklılık gösterip göstermediği belirlenebilir.
- Farklı absolut kuvvet seviyelerine sahip deneklerin 1TM'nin farklı yüklerindeki yük - güç, yük - hız ve yük - kuvvet ilişkileri araştırılabilir.
- Üst ya da alt vücut hareketlerini içeren farklı egzersiz teknikleri kullanılarak her bir yöntemin kinetik - kinematik özellikleri değerlendirilebilir.
- Sprint ve sıçrama yeteneğinin ilişkili olduğu 1TM yük değerleri kullanılarak yapılan bir antrenman protokolünün, sprint ve sıçrama özelliklerinin gelişiminde önemli bir etkiye sahip olup olmadığı araştırılabilir.
- Bir antrenman protokolünden sonra sprint ve sıçrama performansında meydana gelen değişimler ile birlikte kinetik - kinematik ölçümlerdeki değişimler arasında mevcut olan ilişkiler izlenebilir.
- Bir antrenman protokolünden sonra güç, hız ve kuvvet parametrelerinde meydana gelen değişiklikler analiz edilebilir ya da farklı antrenman protokolleri kullanılarak bu parametrelerin geliştirilmesinde hangi yöntemin daha iyi olduğu araştırılabilir.

KAYNAKLAR

- Aaberg, E. (2007). *Resistance training instruction: Advanced teaching principles and techniques for 65 exercises* (2nd edition). United States: Human Kinetics.
- Aagaard, P., and Anderson, J. L. (1998). Correlation between contractile strength and myosin heavy chain isoform composition in human skeletal muscle. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(8), 1217-1222.
- Abernethy, P. J., and Jurimae, J. (1996). Cross-sectional and longitudinal uses of isoinertial, isometric, and isokinetic dynamometry. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(9), 1180-1187.
- Açıkada, C., ve Ergen, E. (1990). *Bilim ve spor*. Ankara: Büro Tek Ofset.
- Akgün, N. (1992). *Egzersiz fizyolojisi* (Cilt I). İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi.
- Aktümsek, A. (2010). *Anatomi ve fizyoloji: İnsan biyolojisi* (5. baskı). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Alcaraz, P. E., Romere-Arenas, S., Vila, H., and Ferragut, C. (2011). Power - load curve in trained sprinters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(11), 3045- 3050.
- Aragon-Vargas, L. F., and Gross, M. (1997). Kinesiological factors in vertical jump performance: Differences among individuals. *Journal of Applied Biomechanics*, 13(1), 24-44.
- Ashley, C. D., and Weiss, L. W. (1994). Vertical jump performance and selected physiological characteristics of women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8(1), 5-11.
- Aşçı, A. (2001). Çabuk kuvvet gelişiminde kuvvet eşiğinin belirlenmesi. Yayınlanmamış doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Atha, J. (1981). Strengthening muscle. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 9(1), 1-74.
- Augustsson, S. R. (2013). Maximum strength in squats determines jumping height in young female volleyball players. *The Open Sports Science Journal*, 6(1), 41-46.
- Baker, D., Wilson, G., and Carlyon, B. (1994). Generality versus specificity: a comparison of dynamic and isometric measures of strength and speed-strength. *European Journal of Applied Physiology*, 68(4), 350-355.
- Baker, D., and Nance, S. (1999). The relation between strength and power in professional rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(3), 224-229.
- Baker, D. (2001). Acute and long-term power response to power training: Observations on the training of an elite power athlete. *National Strength and Conditioning Association*, 23(1), 47-56.

- Baker, D., Nance, S., and Moore, M. (2001). The load that maximizes the average mechanical power output during jump squats in power-trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 92-97.
- Baker, D., and Newton, R. U. (2005). Acute effect on power output of alternating an agonist and antagonist muscle exercise during complex training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 202-205.
- Baldwin, K. M., and Haddad, F. (2001). Effects of different activity and inactivity paradigms on myosin heavy chain gene expression in striated muscle. *Journal of Applied Physiology*, 90(1), 345-357.
- Baltzopoulos, V., and Gleeson, P. N. (2009). Skeletal muscle function. In Eston, R., and Reilly, T. (Eds.). *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual: Tests, procedures and data* (3rd edition), (pp. 3-40). Oxon: Routledge.
- Bartlett, R. (2007). *Introduction to sports biomechanics: Analysing human movement patterns* (2nd edition). Oxon: Routledge.
- Barton, N. K., and MacLennan, H. D. (2001). The sarco-tubular system. In Karpati, G., Hilton-Jones, D., and Griggs, C. R. (Eds.), *Disorders of voluntary muscle* (7th edition), (pp. 88-102). Cambridge: Cambridge University Press.
- Baughman, M., Takaha, M., and Tellez, T. (1984). Sprint training. *National Strength and Conditioning Association*, 6(3), 34-36.
- Baydar, L. M., Gül, H., ve Akçil, A. (2009). *Bilimsel araştırmanın temel ilkeleri*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Basımevi.
- Beachle, T. R., Earle, R. W., and Wathen, D. (2008). Resistance training. In Beachle, T. R., and Earle, R. W. (Eds.). *Essentials of strength training and conditioning* (3rd edition) (pp. 381-412). United States: Human Kinetics.
- Behnke, R. S. (2006). *Kinetic anatomy* (2nd edition). United States: Human Kinetics.
- Bell, R. D., MacDougall, J. D., Billeter, R., and Howald, H. (1980). Muscle fiber types and morphometric analysis of skeletal muscle in six-year-old children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12(1), 28-31.
- Billeter, R., and Hoppeler, H. (2003). Muscular basis of strength. In P. V. Komi (Eds.), *Strength and Power in Sport* (2nd edition) (pp. 50-72). Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Bompa, O. T. (2007). *Antrenman kuramı ve yöntemi: Dönemleme* (Çeviri: Keskin, İ., Tuner, A. B., Küçükgöz, H. ve Bağırman, T.), (3. baskı). Ankara: Spor Yayınevi ve Basımevi.
- Bompa, O. T., and Haff, G. G. (2009). *Periodization: Theory and methodology of training* (5th edition). United States: Human Kinetics.
- Bompa, O. T., Di Pasquale, and M., Cornacchia, L. (2012). *Serious strength training* (3rd edition). United States: Human Kinetics.

- Bompa, O. T. (2013). *Sporda çabuk kuvvet antrenmanı* (Derleme: Bağırğan, T.). Ankara: Spor Yayınevi ve Kitapevi.
- Bonnette, R., Spaniol, F., Melrose, D., Ocker, L., and Bain, J. (2011). The relationship between squat strength, vertical jump and power score of high school football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(1), 85-86.
- Boone, T. (2013). *Introduction to exercise physiology*. United States: Jones and Bartlett Publishers.
- Boreham, C. (2006). The physiology of sprint and power training. In Whyte, G. (Eds.). *The physiology of training: Advances in sport and exercise science series* (pp. 117-134). Philadelphia: Churchill Livingstone Elsevier.
- Bottinelli, R., and Reggiani, C. (2000). Human skeletal muscle fibers: Molecular and functional diversity. *Progress in Biophysic and Molecular Biology*, 73(2-4), 195-262.
- Brinckmann, P., Frobin, W., and Leivseth, G. (2002). *Musculoskeletal biomechanics*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Brown, D. A. (2002). Muscle: The ultimate force generator in the body. In Neumann, D. A. (Eds.). *Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for physical rehabilitation* (pp. 41-55). United States: Elsevier Health Sciences.
- Brown, P. S., Miller, C. W., and Eason, M. J. (2006). *Exercise physiology: Basis of human movement in health and disease*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- Brumitt, J. (2010). *Core assessment and training*. United States: Human Kinetics.
- Büyüköztürk, Ş. (2010). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı* (12. baskı). Ankara: Pegem Akademi.
- Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E. K., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., ve Demirel, F. (2012). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri* (13. baskı). Ankara: Pegem Akademi.
- Byrnes, C. W., and Jensen, A. C. (2001). Physiology of exercise. In Kamen, G. (Eds.). *Foundations of exercise science* (pp. 15-35). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- Castillo, F., Valverde, B., Morales, A., Perez-Guerra, A., De-Leon, F., and Garcia-Manso, J. M. (2011). Maximum power, optimal load and optimal power spectrum for power training in upper-body (bench press): A review. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 5(1), 18-27.
- Cavagna, G. A., Saibene, F. P., and Margaria, R. (1965). Effect of negative work on the amount of positive work performed by an isolated muscle. *Journal of Applied Physiology*, 20, 157-158.
- Cerny, J. F., and Burton, W. H. (2001). *Exercise physiology for health care professionals*. United States: Human Kinetics.

- Chaouachi, A., Bruqhelli, M., Levin, G., Boudhina, N. B., Cronin, J., and Chamari, K. (2009). Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite team handball players. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 151-157.
- Chelly, S. M and Denis, C. (2001). Leg power and hopping stiffness: Relationship with sprint running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(2), 326-333.
- Chu, D. A. (1998). *Jumping into plyometrics: 100 exercises for power & strength* (2nd edition). United States: Human Kinetics.
- Cihan, H. (2002). Maksimal kuvvet antrenmanının bilateral deficit üzerine etkisinin araştırılması. Yayınlanmamış doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Clark, M. A. and Lucett, S. C. (2010). Plyometric training concepts for performance enhancement. In Clark, M. A. and Lucett, S.C. (Eds.). *NASM Essentials of Sports Performance Training* (pp. 207-226). Baltimore: Lippincott Williams / Wilkins.
- Clippinger, K. (2007). *Dance anatomy and kinesiology: Principles and exercise for improving technique and avoiding common injuries*. United States: Human Kinetics.
- Clover, J. (2007). *Sports medicine essentials: Core concepts in athletic training & fitness instruction* (2nd edition). United States: Cengage Learning.
- Cordova, M. L., and Armstrong, C. W. (1996). Reliability of ground reaction forces during a vertical jump: Implications for functional strength assessment. *Journal of Athletic Training*, 31(4), 342-345.
- Cormie, P., McBride, J. M., and McCaulley, G. O. (2007a). The influence of body mass on calculation of power during lower-body resistance training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1042-1049.
- Cormie, P., McCaulley, G. O., Triplett, N. T., and McBride, J. M. (2007b). Optimal load for maximal power output during lower body resistance exercises. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(2), 340-349.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., and Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: Part 2 - training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, 41(2), 125-146.
- Cotterman, M. L., Darby, L. A., and Skelly, W. A. (2005). Comparison of muscle force production Smith machine and free weights for bench press and squat exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 169-176.
- Crewther, B., Cronin, J., and Koegh, J. (2006). Possible stimuli for strength and power adaptation: Acute mechanical responses. *Sports Medicine*, 36(1), 65-78.

- Cronin, J. B., McNair, P. J., and Marshall, R. N. (2000). The role of maximal strength and load on initial power production. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(10), 1763-1769.
- Cronin, J. B., McNair, P. J., and Marshall, R. N. (2001). Developing explosive power: A comparison of technique and training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 4(1), 59-70.
- Cronin, J. B., McNair, P. J., and Marshall, R. N. (2003). Force-velocity analysis of strength training techniques and load: Implications for training strategy and research. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 148-155.
- Cronin, J. B., and Sleivert, G. (2005). Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sports Medicine*, 35(3), 213-234.
- Cronin, J. B., and Hansen, K. T. (2005). Strength and power predictors of sports speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 349-357.
- Çepni, S. (2007). *Araştırma ve proje çalışmalarına giriş* (3. baskı). Trabzon: Celepler Matbaacılık.
- Delecluse, C., Van Copenolle, H., Williams, E., Van Leemputte, M., Diels, R., and Goris, M. (1995). Influence of high resistance and high velocity training on sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(8), 1203-1209.
- Dowling, J. J., and Vamos, L. (1993). Identification of kinetic and temporal factors related to vertical jump performance. *Journal of Applied Biomechanics*, 9(2), 95-110.
- Dugan, E. L., Doyle, T. L. A., Humphries, B., Hasson, C. And Newton, R. U. (2004). Determining the optimal load for jump squats: A review of methods and calculations. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 668-674.
- Dündar, U. (2000). *Antrenman teorisi* (5. baskı). Ankara: Bağırhan Yayınevi.
- Earle, R. W., and Beachle, T. R. (2008). Resistance training and spotting techniques. In Beachle, T. R., and Earle, R. W. (Eds.). *Essentials of strength training and conditioning* (3rd edition) (pp. 325-376). United States: Human Kinetics.
- Edman, K. A. P., Elzinga, G., and Noble, M. I. M. (1978). Enhancement of mechanical performance by stretch during tetanic contractions of vertebrate skeletal muscle fibres. *The Journal of Physiology*, 281, 139-155.
- Edman, K. A. P. (1988). Double-hyperbolic force-velocity relation in frog muscle fibres. *Journal of Physiology*, 404, 301-321.
- Edman, K. A. P. (2003). Contractile performance of skeletal muscle fibres. In P. V. Komi (Eds.), *Strength and Power in Sport* (2nd edition) (pp. 114-132). Oxford: Blackwell Science Ltd.

- Enoka, R. M. (1994). *Neuromechanical basis of kinesiology* (2nd edition). United States: Human Kinetics.
- Enoka, R. M. (2002). *Neuromechanics of human movement* (3th edition). United States: Human Kinetics.
- Ergen, E. (Ed.). (2007). *Egzersiz fizyolojisi* (2. baskı). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Fernandes, J., Coimbra, H., Carvalho, J., Sanchez-Medina, L., and Conceição, F. (2011). Assessment of different power parameters on squat and leg press: Considerations for power development. *Biomechanics in Sports*, 11(2), 879-882.
- Finn, J., Gastin, P., Withers, R., and Gren, S. (2000). Estimation of peak power and anaerobic capacity of athletes. In Gore, J. C. (Eds.). *Physiological tests for elite athletes* (pp. 37-65). United States: Human Kinetics.
- Flanagan, E. P., and Comyns, T. M. (2008). The use of contact time and the reactive strength index to optimize fast stretch-shortening cycle training. *Strength and Conditioning Journal*, 30(5), 32-38.
- Fleisig, G. S., Jameson, E. G., Dillman, C. J., and Andrews, J. R. (2000). Biomechanics of overhead sports. In Garrett, W. E., and Kirkendall, D. T. (eds) *Exercise and Sport Science* (pp. 563-584). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Fleck, J. S., and Kraemer, J. W. (2004). *Designing resistance training programs* (3rd edition). United States: Human Kinetics.
- Fox, E. L., Bowers, R. W., and Foss, M. L. (2012). *Beden Eğitimi ve Sporun Fizyolojik Temelleri* (Çeviri ve Derleme: Cerit, M), Ankara: Spor Yayınevi ve Kitapevi.
- Frontera, W. R., Meredith, C. N., O'Reilly, K. P., Knuttgen, H. G., and Evans, W. J. (1988). Strength conditioning in older men: Skeletal muscle hypertrophy and improved function. *Journal of Applied Physiology*, 64(3), 1038-1044.
- Frontera, R. W., Hughes, A. V., Fielding, A. R., Fiatarone, A. M., Evans, J. W., and Roubenoff, R. (2000). Aging of skeletal muscle: A 12-yr longitudinal study. *Journal of Applied Physiology*, 88(4), 1321-1326.
- Fry, A. C., Webber, J. M., Weiss, L. W., Harber, M. P., Vaczi, M., and Pattison, N. A. (2003a). Muscle fiber characteristics of competitive power lifters, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 402-410.
- Fry, A. C., Schilling, B. K., Staron, R. S., Hagerman, F. C., Hikida, R. S., and Thrush, J. T. (2003b). Muscle fiber characteristics and performance correlates of male Olympic-style weightlifters, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 746-754.
- Fry, A. C. (2004). The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports Medicine*, 34(10), 663-679.

- Gabbett, T. J., Johns, J., and Riemann, M. (2008). Performance changes following training in junior rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 910-917.
- Garhammer, J. (1982). Energy flow during olympic weightlifting. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), 353-360.
- Garhammer, J. (1991). A comparison of maximal power outputs between elite male and female weightlifters in competition. *International Journal of Sport Biomechanics*, 7(1), 3-11.
- Garhammer, J. (1993). A review of power output studies of olympic and powerlifting: Methodology, performance prediction, and evaluation tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 7(2), 76-89.
- Garcia-Pallares, J., Lopez-Gullon, J. M., Muriel, X., Diaz, A., and Izquierdo, M. (2011). Physical fitness factors to predict male olympic wrestling performance. *European Journal of Applied Physiology*, 111(8), 1747-1758.
- Garcia-Pallares, Sanchez-Medina, Perez, C. E., Cruz-Sanchez, E., and Mora-Rodriguez, R. (2014). Imposing a pause between the eccentric and concentric phases increases the reliability of isoinertial strength assessments. *Journal of Sports Sciences*, 32(1), 1165-1175.
- Gonzales-Badillo, J. J., and Marques, M. C. (2010). Relationship between kinematic factors and countermovement jump height in trained track and field athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(12), 3443-3447.
- Gonzales-Badillo, J. J., and Sanchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 347-352.
- Gonzales-Badillo, J. J., Marques, M. C., and Sanchez-Medina, L. (2011). The importance of movement velocity as a measure to control resistance training intensity. *Journal of Human Kinetics (Special Issue)*, 29A, 15-19.
- Granados, C., Izquierdo, M., Ibanez, J., Bonnbau, H., and Gorostiaga, E. M. (2007). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur female handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(10), 860-867.
- Grimby, G., and Saltin, B. (1983). The ageing muscle. *Clinical Physiology*, 3(3), 209-218.
- Guyton, A. C., and Hall, J. E. (2001). *Tıbbi fizyoloji* (10. baskı). (Çeviri Editörleri: Çavuşoğlu, H., Yeğen, Ç. B Aydın, Z., ve Alican, İ.) İstanbul: Nobel Tıp Kitapevleri.
- Günay, M. (1998). *Egzersiz fizyolojisi*. Ankara: Bağırhan Yayımevi.
- Günay, M., Tamer, K., ve Cicioğlu, İ. (2010). *Spor fizyolojisi ve performans ölçümü* (2. baskı). Ankara: Gazi Kitabevi.

- Gündüz, N. (1997). *Antrenman bilgisi* (2. baskı), İzmir: Saray Kitapevi.
- Haff, G. G., Whitley, A., and Potteiger, J. A. (2001). A brief review: Explosive exercises and sports performance. *National Strength and Conditioning Association*, 23(3), 13-20.
- Hakkinen, K., Alen, M., and Komi, P. V. (1985). Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiologica Scandinavica*, 125(4), 573-585.
- Hale, T. (2003). *Exercise physiology: A thematic approach*. West Sussex: John Wiley & Sons. Ltd.
- Harman, E., Rosenstein, M. T., Frykman, P. N., and Rosenstein, R. M. (1990). The effects of arms and counter-movement on vertical jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(6), 825-833.
- Harman, E. (2008). Biomechanics of resistance exercise. In Beachle, T. R., and Earle, W. R. (Eds.). *Essentials of strength training and conditioning* (3rd edition) (pp. 65-92). United States: Human Kinetics.
- Harris, N. K., Cronin, J. B., Hopkins, W. G., and Hansen, K. T. (2008). Relationship between sprint times and the strength/power outputs of a machine squat jump. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 691-698.
- Hedrick, A., and Anderson, J. C. (1996). The vertical jump: A review of the literature and a team case study. *National Strength and Conditioning Association*, 18(1), 7-12.
- Herzog, W., Guimaraes, A. C. S., Anton, M.G., and Carter-Erdman, K. A. (1991). Moment-length relations of rectus femoris muscles of speed skaters/cyclists and runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(11), 1289-1296.
- Herzog, W. (2000). Mechanical properties and performance in skeletal muscles. In Zatsiorsky, W. (Eds.). *Biomechanics in Sport: Performance enhancement and injury prevention* (pp. 21-32). Oxford: Blackwell Publishing.
- Herzog, W., and Ait-Haddou, R. (2003). Mechanical muscle models and their application to force and power production. In P. V. Komi (Eds.), *Strength and Power in Sport* (2nd edition) (pp. 154-183). Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Hoffman, J. (2002). *Physiological aspects of sport training and performance*. United States: Human Kinetics.
- Holm, D. J., Stalboom, M., Keogh, J. W., and Cronin, J. (2008). Relationship between the kinetics and kinematics of a unilateral horizontal drop jump to sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(5), 1589-1596.

- Hughes, V. A., Frontera, W. R., Weed, M., Evans, W. J., Dallal, G. E., Roubenoff, R., et al., (2001). Longitudinal muscle strength changes in older adults: Influence of muscle mass, physical activity, and health. *Journal of Gerontology: Biological Sciences, Medical Sciences*, 56(5), 209-217.
- Hunter, J. P., Marshall, R. N., and McNair, P. J. (2005). Relationships between ground reaction force impulse and kinematics of sprint-running acceleration. *Journal of Applied Biomechanics*, 21(3), 31-43.
- Hunter, G. R., and Harris, R. T. (2008). Structure and function of the muscular, neuromuscular, cardiovascular and respiratory systems. In Beachle, T. R., and Earle, R. W. (Eds.). *Essentials of strength training and conditioning* (3rd edition) (pp. 3-20). United States: Human Kinetics.
- Hyde, C. L. (2002). *Fitness instructor training guide* (4th edition). United States: Kendall / Hunt Publishing Company.
- Iglesias-Soler, E., Carballeira, E., Sanchez-Otero, T., Mayo, X., Jimenez, A., and Chapman, M. L. (2012). Acute effects of distribution of rest between repetitions. *International Journal of Sports Medicine*, 33(5), 351-358.
- Izquierdo, M., Ibanez, J., Gorostiaga, E. M., Garrues, M., Zuniga, A., Anton, A., et al. (1999). Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 167(1), 57-68.
- Izquierdo, M., Hakkinen, K., Gonzales-Badillo, J. J., Ibanez, J., and Gorostiaga, E. M. (2002). Effects of long term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *European Journal of Applied Physiology*, 87(3), 264-271.
- Izquierdo, M., Ibanez, J., Hakkinen, K., Kraemer, W. J., Ruesta, M., and Gorostiaga, E. M. (2004). Maximal strength and power, muscle mass, endurance and serum hormones in weightlifters and road cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 22(5), 465-478.
- Izquierdo, M., Gonzales-Badillo, J. J., Hakkinen, H., Ibanez, J., Kraemer, W. J., Altadill, A., et al. (2006). Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetition to failure during upper and lower extremity muscle actions. *International Journal of Sports Medicine*, 27(9), 718-724.
- İnal, H. S. (2004). *Spor biyomekaniği: Temel prensipler*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Jidovtseff, B., Croisier, J. L., Lhermerout, C., Serre, L., Sac, D., and Crielaard, J. M. (2006). The concept of iso-inertial assessment: reproducibility analysis and descriptive data. *Isokinetics and Exercise Science*, 14(1), 53-62.

- Jidovtseff, B., Croisier, J., Scimar, N., Demoulin, C., Maquet, D., and Crielaard, J. (2008). The ability of isoinertial assessment to monitor specific training effects. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(1), 55-64.
- Jones, K., Hunter, G., Fleising, G., Escamilla, R., and Cemale, L. (1999). The effects of compensatory acceleration on upper body strength and power in collegiate football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(2), 99-105.
- Joynt R. L. (1993). *Rehabilitation medicine: Principle and practice* (2nd edition). Philadelphia: Lippincott Company.
- Kalyon, A. T. (1994). *Sporcu sağlığı ve spor sakatlıkları*. Ankara: Gata Basımevi.
- Kaneko, M., Fuchimoto, T., Toji, H., and Suei, K. (1983). Training effect of different loads on the force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 5, 50 - 55.
- Karakaya, İ. (2012). Bilimsel Araştırma Yöntemleri. Tanrıöğür, A. (ed.). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri* (3. baskı). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Karatosun, H. (2008). *Egzersiz ve spor fizyolojisi*. Isparta: Altıntuğ Matbaası.
- Karp, R. J. (2001). Muscle fiber types and training. *Strength and Conditioning Journal*, 23(5), 21-26.
- Katch, V. L., McArdle, W. D., and Katch, F. I. (2011). *Essentials of exercise physiology* (4th edition). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- Kawakami, Y., Abe, T., Kuno, S., and Fukunaga, T. (1995). Training-induced changes in muscle architecture and specific tension. *European Journal of Applied Physiology*, 72, 37-43.
- Kawamori, N., and Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 675-684.
- Kawamori, N., and Newton, R. U. (2006). Velocity specificity of resistance training: Actual movement velocity versus intention to move explosively. *Strength and Conditioning Journal*, 28(2), 86-91.
- Kendrick, V. Z. (2006). Exercise physiology: Implications for sports nutrition. In Berning, R. J. and Steen, N. S. (Eds.). *Nutrition for sport & exercise* (2nd edition) (pp. 1-19). United States: Jones and Bartlett Publishers.
- Kenney, L. W., Wilmore, H. J., and Costill, L. D. (2012). *Physiology of sport and exercise* (5th edition). United States: Human Kinetics.
- Khurana, I. (2008). *Essential of medical physiology*. Delhi: Elsevier India Private Limited.
- Klabunda, R. E. (2012). *Cardiovascular physiology concepts* (2nd edition). Baltimore: Lippincott Williams / Wilkins.

- Klausen, K. (1990). Strength and weight training. In Reilly, T., Necher, N., Snell, P. and Williams, C. (eds). *Physiology of Sports* (pp. 41-67). London: E & FN Spon.
- Klitgaard, H., Mantoni, M., Schiaffino, S., Aussoni, S., Gorza, L., Laurent-Winter, C., et al. (1990). Function, morphology and protein expression of ageing skeletal muscle: A cross sectional study of elderly men with different training backgrounds. *Acta Physiologica Scandinavica*, 140(1), 41-54.
- Knudson, D. (2003). *Fundamentals of biomechanics*. New York: Kluwer Academic / Plenum Publishers.
- Knuttgen, H. G., and Kraemer, J. W. (1987). Terminology and measurement in exercise performance. *Journal of Applied Sport Science Research*, 1(1), 1-10.
- Knuttgen, H. G., and Komi, P. V. (2003). Basic considerations for exercise. In P. V. Komi (Eds.), *Strength and Power in Sport* (2nd edition) (pp. 3-8). Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Kokkinos, P. (2010). *Physical activity and cardiovascular disease prevention*. United States: Jones and Bartlett Publishers.
- Komi V. P. (2000). Stretch-shortening cycle: A powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of Biomechanics*, 33(10), 1197-1206.
- Koz, M., Ersöz, G., ve Gelir, E. (2010), *Fizyoloji ders kitabı* (2. baskı). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Kraemer W. J., Fleck S. J., and Deschenes, M. (1988). A review: Factors in exercise prescription of resistance training. *Strength and Conditioning Journal*, 10(5), 36-42.
- Kraemer, J. W., and Vinger, L. J. (2007). Muscle anatomy. In Brown, E. L. (Eds.). *Strength training: National strength and conditioning association* (pp. 3-28). United States: Human Kinetics.
- Kraemer, J. W., Fleck, J. S., and Deschenes, R. M. (2012). *Exercise physiology: Integrating theory and application*. China: Lippincott Williams / Wilkins.
- Kroemer, E. H. K., Kroemer, J. H., and Kroemer, E. K. (2010). *Engineering physiology: Bases of human factors engineering / ergonomics* (4th edition). Hiedelberg: Springer.
- Kukolj, M., Ropret, R., Ugarkovic, D., and Jaric, S. (1999). Anthropometric, strength, and power predictors of sprint performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39(2), 120-122.
- Latash, L. M. (2008). *Neurophysiological basis of movement* (2nd edition). United States: Human Kinetics.
- Lieber, R. L., and Friden, J. (2000). Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle Nerve*, 23(11), 1647-1666.

- Lieber, L. R. (2002). *Skeletal muscle structure, function, plasticity: The physiological basis of rehabilitation* (2nd edition). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- Lopez-Segovia, M., Marques, M. C., Silva-Dias, P., and Gonzales-Badillo, J. J. (2009). The use of full squat power test as predictor of sprint running ability in soccer players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8(S11), 104-105.
- Lopez-Segovia, M., Marques, M. C., Tillaar, R. V. D., and Gonzales-Badillo, J. J. (2011). Relationships between vertical jump and full squat power outputs with sprint times in U21 soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 30, 135-144.
- Lundin, P. (1985). A review of plyometric training. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 7(3), 69-76.
- MacIntosh, R. B., Gardiner, F. P., and McComas, J. A. (2006). *Skeletal muscle: Form and function* (2nd edition). United States: Human Kinetics.
- Manilal, K. P. (2006). *Science of strength training*. New Delhi: Sports Publication.
- Marques, M. C., Tillaar, R. V. D., Vescovi, J. D., and Gonzales-Badillo, J. J. (2007). Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(4), 414-422.
- Marques, M. C., Silva-Dias, P., Marinho, D. A., and Gonzalez-Badillo, J. J. (2009). The relationships between squat jump and short sprint performance in trained track and field athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8(S11), 120.
- Marques, M. C., and Gonzales-Badillo, J. J. (2011). Relationship between strength parameters and squat jump performance in trained athletes. *Journal Motricidade*, 7(4), 43-48.
- Marques, M. C., Gil, H., Ramos, R., Costa, A. M., and Marinho, D. A. (2011). Relationship between vertical jump strength metrics and 5 meters sprint times. *Journal of Human Kinetics*, 29, 115-122.
- Masamoto, N., Larson, R., Gates, T., and Faigenbaum, A. (2003). Acute effects of plyometric exercise on maximum squat performance in male athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 68-71.
- Mayhew, J. L., Wave, J. S., Johns R. A., and Bemben, M. G. (1997). Changes in upper body power following heavy resistance strength in college men. *International Journal of Sports Medicine*, 18(7), 516-520.
- McBride, J. M., Blow, D., Kirby, T. J., Haines, T. L., Dayne, A. M., and Triplett, T. (2009). Relationship between maximal squat strength and five, ten, and forty yard sprint times. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1633-1636.

- McGinnis, P. M. (2005). *Biomechanics of sport and exercise* (2nd edition). United States: Human Kinetics.
- McGuigan, M. R., Doyle, T. L. A., Newton, M., Edwards, D. J., Nimphius, S., and Newton, R. U. (2006). Eccentric utilization ratio: Effect of sport and phase of training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 992-995.
- McMahon, T. A. (1984). *Muscles, reflexes, and locomotion*. New Jersey: Princeton University Press.
- McMillan, K., Helgerud, J., MacDonald, R., and Hoff, J. (2005). Physiological adaptations to soccer specific endurance training in Professional youth soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 39(5), 273-277.
- Moir, L. G. (2012). Muscular strength. In Miller, T. (Eds.). *Science of strength and conditioning series: NSCA's guide to tests and assessment* (pp. 147-191). United States: Human Kinetics.
- Moritani, T., and Vries, H. A. (1979). Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *American Journal of Physical Medicine*, 58(3), 115-130.
- Mougios, V. (2006). *Exercise biochemistry*. United States: Human Kinetics.
- Moss, B. M., Refsnes, P. E., Abildgaard, A., Nicolaysen, K., and Jensen, J. (1997). Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *European Journal of Applied Physiology*, 75(3), 193-199.
- Muratlı, S., Toroman, F., ve Çetin, E. (2000). *Sportif hareketlerin biomekanik temelleri*. Ankara: Bağırğan Yayımevi.
- Muratlı, S., Şahin, G., ve Kalyoncu, O. (2005). *Antrenman ve Müsabaka*. İstanbul: Yayılım Yayıncılık.
- Muratlı, S. (2007). *Antrenman bilimi yaklaşımıyla çocuk ve spor* (geliştirilmiş ve düzeltilmiş 2. baskı). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Murphy, A. J., Wilson, G. J., and Pryor, J. F. (1994). Use of the iso-inertial force mass relationship in the prediction of dynamic human performance. *European Journal of Applied Physiology*, 69(3), 250-257.
- Murphy, A. J., and Wilson, G. J. (1996). The assessment of human dynamic muscular function: A comparison of isoinertial and isokinetic tests. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 36(3), 169-177.
- Murray, D. P., Bera, S. G., Brown, L. E. and Findley, B. W. (2007). Strength assessment. In Brown, E. L. (Eds.). *Strength training: National strength and conditioning association* (pp. 97-112). United States: Human Kinetics.

- Nande, J. P., and Vali, A. S. (2010). *Fitness evaluation tests for competitive sports*. Mumbai: Himalaya Publishing House.
- Nawoczenski, D. A., and Neumann, D. A. (2002). Biomechanics principles. In Neumann, D. A. (Eds.). *Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for physical rehabilitation* (pp. 41-55). United States: Elsevier Health Sciences.
- Neporent, L., Schlosberg, S., and Archer, S.J. (2006). *Weight training for dummies*. Indianapolis: Wiley Publishing.
- Newton, R. U., and Kraemer, J. W. (1994). Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. *Strength and Conditioning Association Journal*, 16(5), 20-31.
- Newton, R. U., Murphy, A. J., Humphries, B. J., Wilson, G. J., Kraemer, W. J., and Hakkinen, K. (1997). Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upperbody movements. *European Journal of Applied Physiology*, 75(4), 333-342.
- Newton, R. U., and Dugan, E. (2002). Application of strength diagnosis. *Strength and Conditioning Association Journal*, 24(5), 50-59.
- Nordin, M., and Frankel, H. V. (2001). *Basic biomechanics of the musculoskeletal system* (3rd edition). Baltimore: Lippincott Williams / Wilkins.
- Noyan, A. (1993). *Yaşamda ve hekimlikte fizyoloji* (8. baskı). Ankara: Meteksan
- Oatis, C. A. (2009). *Kinesiology: The mechanics and pathomechanics of human movement* (2nd edition). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- Pareja-Blanco, F., Sanchez-Medina, L., Suarez-Arrones, L., and Gonzales-Badillo, J. J. (2011). Resistance training with lower velocity loss within a set produces greater strength. *16th Annual Congress of the ECSS*, 6-9 July, Liverpool, UK.
- Pareja-Blanco, F., Rodriguez-Rosell, D., Sanchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., and Gonzales-Badillo, J. J. (2014). Effect of movement velocity during resistance training on neuromuscular performance. *International Journal of Sports Medicine*, 35, 1-9.
- Pearson, S. N., Cronin, J. B., Hume, P. A., and Slyfield, D. (2009). Kinematics and kinetics of the bench press and bench pull exercises in a strength-trained sporting population. *Sports Biomechanics*, 8(3), 245-254.
- Pehlivan, F. (1997). *Biyofizik* (2. baskı). Ankara: Hacettepe-Taş Yayıncılık.
- Pereira, M. I. R. and Gomes, P. S. C. (2003). Movement velocity in resistance training. *Sports Medicine*, 33(6), 427-438.
- Perez-Gomez, J., Rodriguez, G. V., Ara, I., Olmedillas, H., Chavarren, J., Gonzales-Henriquez, J. J., et al., (2008). Role of muscle mass on sprint performance: Gender differences. *European Journal of Applied Physiology*, 102(6), 685-694.

- Pierce, M., Musnick, D., and Hansen, M. (2004). Functional core and strength training. In Musnick, D., and Pierce, M. (eds.). *Functional exercise & nutrition for every body: Conditioning for outdoor fitness* (2nd edition) (pp. 83-124). Seattle: The Mountaineers Books.
- Pinchas, Y. (2006). *The complete holistic guide to working out in the gym*. Cadana: AGMV Marquis.
- Plowman, A. S., and Smith, L. D. (2008). *Exercise physiology: for health, fitness and performance* (2nd edition). Baltimore: Lippincott Williams / Wilkins.
- Potach, D. H., and Chu, D. A. (2008). Plyometric training. In Baechle, T. R., and Early R. W. (eds.). *Essentials of Strength Training and Conditioning*, (pp. 413-456). United States: Human Kinetics.
- Powers, S. K., and Howley, E. T. (2009). *Exercise physiology: theory and application to fitness* (7th edition). New York: McGraw-Hill Higher Education.
- Premkumar, K. (2004). *The massage connection: Anatomy and physiology* (2nd edition). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- Radcliffe, C. J., and Farentinos, C. R. (1999). *High-powered plyometrics*. United States: Human Kinetics.
- Rahmani, A., Viale, F., Dalleau, G., and Lacour, J. R. (2001). Force / velocity and power / velocity relationship in squat exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 84(3), 227-232.
- Ratamess, N. (2012). *ACSM'S foundations of strength training and conditioning*. Chine: Lippincott Williams & Wilkins.
- Reilly, T. (2007). *The science of training: A scientific approach to developing strength, speed and endurance*. Oxon: Routledge Taylor & Francis Group.
- Requena, B., Gonzales-Badillo, J. J., Villareal, E. S. S., Ereline, J., Garcia, I., Gapeyeva, H., et al. (2009). Functional performance, maximal strength, and power characteristics in isometric and dynamic actions of lower extremities in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5), 1391-1401.
- Roy, R. R., Monti, R. J., Lai, A., and Edgerton, R. (2003). Skeletal muscle and motor unit architecture: Effect on performance. In P. V. Komi (Eds.), *Strength and Power in Sport* (2nd edition) (pp. 134-153). Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Sale, D. G., and Norman, R. W. (1982). Testing strength and power. In MacDougall, J. D., Wenger, H. A., and Green, H. J. (Eds.). *Physiological testing of the elite athlete* (pp. 7-38). Ithaca: Movement Publications.

- Sanchez-Medina, L., Perez, C. E., and Gonzales-Badillo, J. J. (2010). Importance of the propulsive phase in strength assessment. *International Journal of Sports Medicine*, 31(2), 123-129.
- Sanchez-Medina, L., Garcia-Pallares, J., Perez, C. E., Fernandes, J., and Gonzales-Badillo, J. J. (2011). Estimation of relative load from mean velocity in the full squat exercise. *16th Annual Congress of the ECSS*, 6-9 July, Liverpool, UK.
- Sanchez-Medina, L. and Gonzales-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(9), 1725-1734.
- Sanchez-Medina, L., Gonzales-Badillo, J. J., Perez, C. E., and Garcia-Pallares, J. (2014). Velocity and power - load relationship of the bench pull vs. bench press exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 35(3), 209-216.
- Sankarmani, B., Sheriff, S. I., Rajeev, K. R., and Alagesan, J. (2012). Effectiveness of plyometrics and weight training in anaerobic power and muscle strength in female athletes. *International Journal of Pharmaceutical Science and Health Care*, 2(2), 172-180.
- Santos, E. J. A. M. and Janeira, M. A. A. S. (2008). Effects of complex training on explosive strength in adolescent male basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 903-909.
- Scanlon, C. V., and Sanders, T. (2007). *Essentials of anatomy and physiology* (5th edition). Philadelphia: Davis Company.
- Sherwood, L. (2006). *Fundamentals of physiology: A human perspective* (3rd edition). United States: Thomson Brooks / Cole.
- Sherwood, L. (2012). *Fundamentals of human physiology* (4th edition). Canada: Cengage Learning.
- Siegel, J. A., Gilders, R. M., Staton, R. S., and Hagerman, F. C. (2002). Human muscle power output during upper and lower-body exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(2), 173-178.
- Silvester, J. L. (1992). *Weight training: For strength and fitness*. United States: Jones and Bartlett Publishers.
- Sircar, S. (2008). *Principles of medical physiology*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Sleivert, G., and Taingahue, M. (2004). The relationship between maximal jump squat power and sprint acceleration in athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 91(1), 46-52.

- Smith, L. D., and Plowman, A. S. (2007). Understanding muscle contraction. In Donatelli, R. (Eds). *Sports-specific rehabilitation* (pp. 15-38). Philadelphia: Churchill Livingstone Elsevier.
- Solomon, E. P. (2009). *İnsan anatomisi ve fizyolojisine giriş* (Çeviri: Ertuğrul, L.), (2. baskı). İstanbul: Akademi Basın ve Yayıncılık.
- Sönmez, V., ve Alacapınar, F. G. (2013). *Örneklendirilmiş bilimsel araştırma yöntemleri* (2. baskı). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Staron, R. S., Karapondo, D. L., Kraemer, J. W., Fry, A. C., Gordon, S. E., Falkel, J. E., et al. (1994). Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women, *Journal of Applied Physiology*, 76(3), 1247-1255.
- Stienen, G. J., Kiers, J. L., Bottinelli, R., and Reggiani, C. (1996). Myofibrillar atpase activity in skinned human skeletal muscle fibres: fibre type and temperature dependence. *Journal of physiology*, 493(2): 299-307.
- Stone, M. H., Sanborn, K., O'Bryant, H. S., Hartman, M., Stone, M. E., Proulx, C., et al. (2003). Maximum strength-power-performance relationships in college throwers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 739-745.
- Stone, M. H., Stone, M., and Sands, A. W. (2007). *Principle and practice of resistance training*. United States: Human Kinetics.
- Stoppani, J. (2006). *Encyclopedia of muscle & strength: Principles, equipment, exercises, workouts, programs*. United States: Human Kinetics.
- Strojnik, V., and Komi, V. P. (1998). Neuromuscular fatigue after maximal stretch-shortening cycle exercise. *Journal of Applied Physiology*, 84(1), 344-350.
- Taşkıran, Y. (2003). *Klasik antrenman teorisi*. İzmit: Yayıncı Yayınları.
- Thomas, M., Fiatarone, M. A., and Fielding, R. A. (1996). Leg power in young women: Relationship to body composition, strength, and function. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(10), 1321-1326.
- Thomas, G. A., Kreamer, W. J., Spiering, B. A., Volek, J. S., Anderson, J. M., and Maresh, C. M. (2007). Maximal power at different percentages of one repetition maximal: Influence of resistance and gender. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 336-342.
- Toji, H., and Kaneko, M. (2004). Effect of multiple-load training on the force-velocity relationship. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 792-795.
- Torres-Ronda, L., Sanchez-Medina, L., and Gonzales-Badillo, J. J. (2011). Relationship between golf performance, anthropometry and muscle strength in elite golfers. 16th Annual ECSS Congress (6-9 July), Liverpool.

- Trappe, S. W., Costill, D. L., Vukovich, M. D., Jones, J., and Melham, T. (1996). Aging among elite distance runners: A 22-yr longitudinal study. *Journal of Applied Physiology*, 80(1), 285-290.
- Tricoli, V. (2011). Skeletal muscle physiology. In Cardinale, M., Newton, R., and Nosaka, K. (Eds). *Strength and conditioning: Biological principles and practical application* (pp. 3-16). Oxford: Wiley-Blackwell Publishing.
- Turner, A. P., Unholz, C. N., Potts, N., and Coleman, S. G. S. (2012). Peak power, force, and velocity during jump squats in Professional rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(6), 1594-1600.
- Umberger, B. R. (1998). Mechanics of the vertical jump and two-joint muscles: Implications for training. *National Strength and Conditioning Association*, 20(5), 70-74.
- Van Someren, A. K. (2006). The physiology of anaerobic endurance training. In Whyte, G. (Eds.). *The physiology of training: Advances in sport and exercise science series* (pp. 85-116). Philadelphia: Churchill Livingstone Elsevier.
- Verkhoshansky, Y. (2006). *Special strength training: A practical manual for coaches*. Moscow: Fizkultura Sports.
- Watkins, J. (1999). *Structure and function of the musculoskeletal system*. United States: Human Kinetics.
- Weineck J. (1998). *Spor anatomisi*. (Çeviri: Elmacı, S.). Ankara: Bağırgan Yayımevi.
- Weyand, P. G., Sternlight, D. B., Bellizzi, M. J., and Wright, S. (2000). Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. *Journal of Applied Physiology*, 89(5), 1991-1999.
- Wiggins-James, N., James, R., and Thompson, G. (2005). *AS PE for aqua*. Chine: Harcourt Education Limited.
- Wilk, E. K., Voight, M., Keims, A. K., Gambetta, V., Andrews, R. L., and Dillman, J. C. (1993). Stretch-shortening drills for the upper extremities: Theory and clinical application. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 17(5), 225-239.
- Wilson, G. J., Murphy, A. J., and Walshe, A. (1996). The specificity of strength training: The effect of posture. *European Journal of Applied Physiology*, 73(3-4), 346-352.
- Wisloff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., and Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 285-288.
- Yessin, M., and Hatfield, F. (2007). *Plyometric Training: Achieving explosive power in sports* (3rd edition). United States: Human Kinetics.

- Young, W. McLean, B., and Ardagna, J. (1995). Relationship between strength qualities and sprinting performance. *Journal of Sport Medicine and Physical Fitness*, 35(1), 13-19.
- Young, W. B., Newton, R. U., Doyle, T. L., Chapman, D., Cormack, S., Stewart, G., et al. (2005). Physiological and anthropometric characteristics of starters and non-starters and playing positions in elite Australian Rules football: A case study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 8(3), 333-345.
- Zatsiorsky, V. M. (1998). *Kinematics of human motion*. United States: Human Kinetics.
- Zatsiorsky, V. M. (2003). Biomechanics of strength and strength training. In P. V. Komi (Eds.), *Strength and Power in Sport* (2nd edition) (pp. 439-487). Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Zatsiorsky, V. M., and Kraemer, W. J. (2006). *Science and practice of strength training* (2nd edition). United States: Human Kinetics.
- Zink, A. J., Perry, A. C. Robertson, B. L., Roach, K. E., and Signorile, J. F. (2006). Peak power, ground reaction forces, and velocity during the squat exercise performed at different loads. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 658-664.
- Ziyagil, M. A., Tamer, K., ve Zorba, E. (1994). *Beden egitimi ve sporda temel motorik özelliklerin ve esnekliğin geliştirilmesi*. Ankara: Ofset Hazırlık ve Baskı, Emel Matbaacılık San. Tic. Ltd. Sti.

EKLER

ÖZGEÇMİŞ VE İLETİŞİM BİLGİLERİ

1980 yılında Ordu'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Trabzon'un Beşikdüzü ilçesinde tamamladı. Lisans eğitimini 2002 - 2006 yılları arasında Kocaeli Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu Rekreasyon bölümünde, yüksek lisans eğitimini ise 2006 - 2009 yılları arasında Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalında tamamladı. 2010 yılında Gümüşhane Üniversitesi Rektörlük Örgütü Beden Eğitimi Bölümünde okutman olarak göreve başlayan araştırmacı, aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalında doktora eğitimine başladı. Amatör olarak taekwondo sporu ile ilgilendi ve birçok turnuvaya katıldı. Ayrıca basketbol branşında 2. kademe antrenörlük belgesine, hentbol branşında 1. kademe yardımcı antrenörlük belgesine, tu-i-na masajı eğitim belgesine ve Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Derneği masörlük sertifikasına sahiptir. Gümüşhane Üniversitesi Rektörlük Örgütü Beden Eğitimi bölüm başkanı olan araştırmacı evli olup, İngilizce bilmektedir.

İLETİŞİM BİLGİLERİ:

Okutman İbrahim CAN

Gümüşhane Üniversitesi Beden Eğitimi Bölümü

E-Posta: ibrahimcan@gumushane.edu.tr

Tel: 0(456) 233 74 25