

**HIZ TEMELLİ DİRENÇ ANTRENMANLARIN  
KUVVET-HIZ PROFİLİNE VE PERFORMANSA ETKİSİ**  
Doktora Tezi

**Deniz ŞENTÜRK**  
**Eskişehir 2023**

**HIZ TEMELLİ DİRENÇ ANTRENMANLARIN KUVVET-HIZ PROFİLİNE  
VE PERFORMANSA ETKİSİ**

**Deniz ŞENTÜRK**

**DOKTORA TEZİ**

**Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı  
Danışman: Doç. Dr. Barış GÜROL  
(İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Şenay KABADAYI)**

**Eskişehir  
Anadolu Üniversitesi  
Sağlık Bilimleri Enstitüsü  
Mart 2023**

*Bu tez çalışması BAP Komisyonunca kabul edilen 2105S120 no.lu proje kapsamında desteklenmiştir.*

## JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Deniz ŞENTÜRK'ün "Hız Temelli Direnç Antrenmanların Kuvvet-Hız Profiline ve Performansa Etkisi" başlıklı tezi 14/03/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

	<u>Unvanı Adı Soyadı</u>	<u>İmza</u>
Üye (Tez Danışmanı)	: Doç. Dr. Barış GÜROL	.....
Üye	: Prof. Dr. İlker YILMAZ	.....
Üye	: Doç. Dr. İlbilge ÖZSU NEBİOĞLU	.....
Üye	: Doç. Dr. Oğuzhan YÜKSEL	.....
Üye	: Dr. Elvin ONARICI GÜNGÖR	.....

.....  
Prof. Dr. Gülşen AKALIN ÇİFTÇİ  
Enstitü Müdürü

## ÖZET

### HIZ TEMELLİ DİRENÇ ANTRENMANLARIN KUVVET-HIZ PROFİLİNE VE PERFORMANSA ETKİSİ

Deniz ŞENTÜRK

Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı

Anadolu Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Mart 2023

Danışman: Doç. Dr. Barış GÜROL

(İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Şenay KABADAYI)

Bu tez araştırması kapsamında 6 hafta boyunca %10 (n= 8) ve %20 (n= 8) hız kayıplarıyla yapılan yarım skuat egzersizlerinin kadın elit hentbolcuların kuvvet-hız profili ve performans parametrelerine etkisi incelenmiştir. Araştırma boyunca her bir kaldırışın ortalama hız değeri doğrusal konum ölçer cihazıyla anlık olarak takip edilmiştir. Araştırma sonucunda grup içi 1 tekrar maksimal (%10 HKG %10.67; %20 HKG %6.59) ve karşı hareket sıçrama (%10 HKG %18.12; %20 HKG %8.81) ön ve son test değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar tespit edilmiştir ( $p < 0.005$ ). %20 hız kaybıyla antrenman yapan grup (458 tekrar) %10 hız kaybıyla antrenman yapan gruba göre (321) daha fazla tekrar yapmasına rağmen gruplar arasında ve 'grup x zaman' etkileşiminde performans değişkenlerinin hiçbirisinde anlamlı bir sonuç bulunamamıştır ( $p < 0.005$ ). Ayrıca yapılan etki büyüklüğü analizinde daha az antrenman yüküne maruz kalan %10HKG'nun 1TM, sprint (10-20-40 metre), çabukluk ve KHS değerlerinin daha fazla geliştiği gözlemlenirken, %20HKG'nun ise TKK ve BKK kütlesi değerlerinin daha fazla gelişim gösterdiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak farklı hız kaybı eşikleriyle yapılan direnç antrenmanların 1TM, KHS, sprint, çabukluk ve kas kütlesinin gelişiminde gruplar arası ve grup x zaman etkileşimi boyutunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir ( $p < 0.50$ ). Fakat her iki grubunda 1TM ve KHS değerlerinin grup içerisinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde geliştiği tespit edilmiştir ( $p < 0.50$ ).

**Anahtar Sözcükler:** Hız temelli direnç antrenman, Nöromusküler adaptasyon, Atletik performans, Hız kaybı eşiği, Kadınlarda hız temelli direnç antrenman

## ABSTRACT

### EFFECT OF VELOCITY-BASED RESISTANCE TRAININGS ON FORCE- VELOCITY PROFILE AND PERFORMANCE

Deniz ŞENTÜRK

Department of Physical Education and Sports

Anadolu University, Graduate School of Health Sciences, March 2023

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Barış GÜROL

(Co-Supervisor: Assist. Prof. Dr. Şenay KABADAYI)

Within the scope of this thesis research, the effect of half squat exercises performed with 10% (n= 8) and 20% (n= 8) velocity losses for 6 weeks on the force-velocity profile and performance parameters of female elite handball players was investigated. As a result of the research, statistically significant results were found in the pre- and post-test values of 1 repetition maximal (10.6% HKG; 20% HKG 6.59%) and counter movement jump (10% HKG 18.12%; 20% HKG 8.81%) within the group ( $p < 0.005$ ). Although the group that trained with 20% loss of velocity (458 repetitions) performed more repetitions than the group that trained with 10% loss of speed (321), no significant results were found in any of the performance variables between the groups and in the 'group x time' interaction ( $p < 0.005$ ). In addition, in the effect size analysis, it was observed that the 1RM, sprint (10-20-40 meters), agility and CMJ values of 10% HKG exposed to less training load improved more, while the total muscle mass and leg muscle mass values of 20% HKG were observed to be higher. development has been found. As a result, it was determined that there was no statistically significant difference in the development of 1TM, KHS, sprint, speed and muscle mass of resistance training with different speed loss thresholds between groups and in the dimension of group x time interaction ( $p < 0.50$ ). However, it was determined that the 1RM and CMJ values in both groups improved statistically significantly within the group ( $p < 0.50$ ).

**Keywords:** Velocity based training, Neuromuscular adaptation, Athletic performance, Velocity loss threshold

## ÖNSÖZ

Lisans, yüksek lisans ve doktora eğitimim boyunca benimle tüm tecrübesini ve bilgisini paylaşan, tüm süreçte harika bir iletişim kurarak motivasyonumu hep en üst seviyede tutan sevgili danışmanım Doç. Dr. Barış Gürol'a,

Bilimsel araştırma proje ve tüm tez sürecinde bana sürekli destek olan ikinci tez danışmanım Şenay Kabadayı'ya,

Tez ölçümleri sırasında bizimle iş birliği yaparak 8 haftalık süreçte istediğimiz tüm çalışmaları yapmamızı sağlayan, bilgi ve tecrübeleriyle bize ışık olan Anadolu Üniversitesi Kadın Hentbol takımı baş antrenörü Murat Kabadayı'ya,

Tez kapsamında araştırma projemizi destekleyen Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Başkanlığına,

Tez sürecinde manevi desteğini hep yanımda hissettiğim sevgili eşim Mina Şentürk'e, eğitim hayatımın en başından beri rol model olarak bana ışık ve sonsuz destek veren ablam Yağmur Akyürek'e, hayatımın her anında desteklerini ve sevgilerini tüm kalbimle hissettiğim annem Nezaha Şentürk ve babam Mehmet Şentürk'e ve son olarak bana bir anne kadar yakın olan sevgili babaannem Lütfiye Şentürk'e ve anneannem Çimen Işık'a emekleri için

Teşekkürlerimi sunarım.

Deniz ŞENTÜRK

## **ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ**

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Deniz ŞENTÜRK

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
BAŞLIK SAYFASI .....	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET .....	iii
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ .....	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
TABLolar DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	6
2.1. Yüzde Temelli Direnç Antrenman Yöntemi .....	6
2.1.1. Hız temelli direnç antrenman yöntemi .....	8
2.1.2. Hız temelli antrenmanlarda kullanılan cihazlar .....	9
2.1.3. Hız temelli direnç antrenman yönteminde kullanılan kinematik parametreler .....	11
2.1.4. Yük-hız profili.....	11
2.1.5. Hız temelli direnç antrenman yönteminde geri bildirim .....	15
2.1.6. Hız temelli direnç antrenmanlarda hız kaybı ve performans ilişkisi..	18
2.1.7. Hız temelli direnç antrenmanlarıyla programlama .....	22
2.2. Maksimal Kuvvet ve Kuvvetin Fonksiyonlarının Mekanik Tanımı.....	23
2.2.1. Kuvvet hız güç profili .....	30
3. MATERYAL ve METOT .....	35
3.1. Çalışmanın Amacı .....	35
3.2 Problemler .....	35
3.3. Hipotezler .....	35
3.4. Sınırlılıklar.....	36
3.5. Varsayımlar .....	36
3.6. Katılımcılar .....	36

<b>3.7. Ölçümler.....</b>	<b>37</b>
<b>3.7.1. Antrenman protokolü.....</b>	<b>37</b>
<b>3.7.2. Deneysel tasarım .....</b>	<b>37</b>
<b>3.7.3. Sprint testi .....</b>	<b>38</b>
<b>3.7.4. Karşı hareket sıçrama testi .....</b>	<b>38</b>
<b>3.7.5. 1 Tekrar maksimal skuat testi .....</b>	<b>38</b>
<b>3.7.6. T-Testi .....</b>	<b>39</b>
<b>3.8. Kuvvet-Hız Profili .....</b>	<b>40</b>
<b>3.8.1. Vücut kompozisyon ölçümleri .....</b>	<b>41</b>
<b>3.8.2. Boy uzunluğu ve vücut ağırlığı ölçümü.....</b>	<b>41</b>
<b>3.9. İstatistiksel Analiz .....</b>	<b>42</b>
<b>4. BULGULAR.....</b>	<b>43</b>
<b>5. SONUÇ .....</b>	<b>50</b>
<b>6. TARTIŞMA.....</b>	<b>53</b>
<b>7. ÖNERİLER .....</b>	<b>57</b>
<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>58</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	

## TABLULAR DİZİNİ

### Sayfa

<b>Tablo 2.1.</b>	Tekrar maksimal değerinin yüzdelerle dilimleriyle yapabilecek tekrar sayıları (Chapman, Whitehead ve Binkert, 1998; Morales ve Sobonya, 1996) .....	7
<b>Tablo 2.2.</b>	Belirlenen 1TM değeriyle günlük dalgalanmalar hesaba katılarak hesaplanan %70 yoğunluk ile hesaba katılmaksızın %70 değerinin karşılaştırılması (Balsalobre-Fernández ve Torres-Ronda, 2021).....	8
<b>Tablo 2.3.</b>	Yük-hız profili son hız değerleri .....	13
<b>Tablo 2.4.</b>	Yük-hız profili şeması.....	15
<b>Tablo 2.5.</b>	Hız temelli direnç antrenmanları planlama yöntemleri.....	23
<b>Tablo 2.6.</b>	Mekanik terimlerin tanımı.....	25
<b>Tablo 2.7.</b>	Birim zamanda kuvvet üretim hızı (Turner vd., 2020) .....	27
<b>Tablo 2.8.</b>	Kuvvet-hız profili parametreleri (Morin ve Samozino, 2016).....	33
<b>Tablo 4.1.</b>	Grupların yaş, boy, vücut ağırlığı ve 1TM ortalama ve standart sapma değerleri .....	43
<b>Tablo 4.2.</b>	Ön test performans testleri güvenilirlik analizleri.....	43
<b>Tablo 4.3.</b>	Ön test performans testleri güvenilirlik analizleri.....	43
<b>Tablo 4.4.</b>	1 ve 2. haftalardaki antrenmanların kinematik verileri .....	44
<b>Tablo 4.5.</b>	3 ve 4. haftalardaki antrenmanların kinematik verileri .....	45
<b>Tablo 4.6.</b>	5 ve 6. haftalardaki antrenmanların kinematik verileri .....	45
<b>Tablo 4.7.</b>	Antrenman öncesi ve sonrası grup içi, gruplar arası ve grup * zaman etkileşimi .....	48
<b>Tablo 4.8.</b>	Öncesi ve sonrası performans değişimi ve grup içi etki büyüklüğü .....	49
<b>Tablo 4.9.</b>	Kuvvet-Hız Profili öncesi ve sonrası grup içi, gruplar arası ve grup * zaman etkileşimi.....	49

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

<b>Şekil 2.1.</b>	20° sapmayla yapılan vertikal skuat kaldırışı sırasında, sapmayı hesaba (dikey hız / kosinüs aç) katmadan yapılan ölçümle 0.82 m.s-1 hesaba katılarak elde edilen 0.87 m.s-1 ortalama hız verisi arasında fark vardır..	10
<b>Şekil 2.2.</b>	Kuvvet ve zaman çizelgesi (Turner vd., 2020).....	26
<b>Şekil 2.3.</b>	Branşlara göre kuvvet üretme hızı (Turner vd., 2020) .....	28
<b>Şekil 2.4.</b>	Maksimal kuvvet ve hız kapasitesi arasındaki korelasyon (Jiménez-Reyes vd., 2018).....	30
<b>Şekil 2.5.</b>	Kuvvet-hız profili (Jean-Benoît Morin ve Samozino, 2016).....	34
<b>Şekil 3.1.</b>	t testi .....	40
<b>Şekil 4.1.</b>	Grupların hedef hız aralıklarında yaptığı tekrar sayıları .....	46
<b>Şekil 4.2.</b>	Grupların setler sırasında ortalama hız değerleri.....	47
<b>Şekil 4.3.</b>	Antrenmanlarda kaldırılan ağırlık .....	48

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b>%10 HKG</b>	: %10 Hız Kaybı Grubu
<b>%20 HKG</b>	: %20 Hız Kaybı Grubu
<b><math>\Delta</math></b>	: Değişim
<b>1TM</b>	: 1 Tekrar Maksimal
<b>a</b>	: Akselerasyon
<b>AG</b>	: Arttırılmış Geribildirim
<b>BKK</b>	: Bacak Kas Kütlesi
<b>DA</b>	: Direnç Antrenmanı
<b>DKÖ</b>	: Doğrusal konum ölçerler
<b>F</b>	: Kuvvet
<b>F<sub>0</sub></b>	: Maksimal teorik kuvvet
<b>HK</b>	: Hız Kaybı
<b>HKE</b>	: Hız Kaybı Eşiği
<b>HKY</b>	: Hız Kaybı Yüzdesi
<b>HTA</b>	: Hız Temelli Antrenman
<b>HTDA</b>	: Hız Temelli Direnç Antrenmanı
<b>İş</b>	: W
<b>J</b>	: İtme
<b>KDA</b>	: Klasik Direnç Antrenmanı
<b>KHP</b>	: Kuvvet-hız Profili
<b>KHS</b>	: Karşı Hareket Sıçrama
<b>KÜH</b>	: Kuvvet Üretme Hızı
<b>m</b>	: Kütle
<b>m/s</b>	: Hız Birimi (metre/saniye)
<b>MHE</b>	: Minimum Hız Eşiği
<b>N</b>	: Newton
<b>N·s</b>	: İtme
<b>OH</b>	: Ortalama hız
<b>P</b>	: Güç
<b>p</b>	: Momentum
<b>PB</b>	: Performans Bilgisi

<b>Pmax</b>	: Teorik maksimum güç
<b>S</b>	: Mesafe
<b>SB</b>	: Sonuç Bilgisi
<b>SHÖ</b>	: Standart Hata Ölçümü
<b>sKH</b>	: Kuvvet hız profili eğimi
<b>t</b>	: Zaman
<b>TKK</b>	: Toplam Kas Kütlesi
<b>v</b>	: Hız
<b>V<sub>0</sub></b>	: Maksimal teorik hız
<b>VK</b>	: Varyasyon Katsayısı
<b>vKH</b>	: Kalkış Hızı
<b>VKM</b>	: Vücut Kütle Merkezi
<b>vTO</b>	: Kalkış hızı
<b>YHP</b>	: Yük Hız Profili
<b>YTA</b>	: Yüzde Temelli Antrenman
<b>ZH</b>	: Zirve Hız

## 1.GİRİŞ

Direnç antrenman uygulamaları kuvvet, güç ve hipertrofi gibi atletik performansın önemli bileşenlerini geliştirmek için kullanılan antrenman yöntemlerinin önemli bir parçası olarak ön plana çıkmaktadır (de Hoyo vd., 2021). Antrenörler tarafından atletik performansı en üst seviyeye çıkarmak veya performans seviyesini korumak için oluşturulan direnç antrenman programlarının etkinliği yoğunluk, yük, tekrar sayısı, set sayısı, egzersiz türü, sıklık ve hız gibi parametrelerin hedefler doğrultusunda manipüle edilebilmesiyle yakından ilişkili olduğu düşünülmektedir(Jukic vd., 2022). Günümüze kadar en sık kullanılan direnç antrenmanı planlanma yöntemlerine kronolojik olarak bakıldığında, 1TM değerinin belirli yüzdelik dilimlerinde yapılabilen maksimal tekrar sayılarıyla planlanan yüzde temelli direnç antrenman (YTA) yönteminin ön plana çıktığı görülmektedir(Coffey, 1946). Antrenman süreçlerinin bireyselleşmesi için bir dereceye kadar faydalı olmasına rağmen, YTA yönteminin birçok sınırlılığı olduğu da bilinmektedir. Özellikle antrenman süreçlerinin başlangıcında veya belirli aralıklarla yapılan 1TM testinin sonuçlarıyla planlanan uzun süreli antrenman süreçlerinde yorgunluk, beslenme, uyku, sakatlık, adaptasyon ve stres gibi performansın günden güne değişimine sebep olan değişkenlerin kontrol edilememesine neden olabilmektedir (Garcia-Ramos vd. 2017). Bu durumun sporcuların hedefleri doğrultusunda günlük optimal yük ile çalışmasının önünde büyük bir engel oluşturabileceği düşünülmektedir (Weakley vd., 2020a). 1TM maksimal yönteminin diğer sınırlıkları tecrübesiz sporcular için sakatlık riski oluşturması ve birden fazla egzersiz için uygulandığında yorgunluğun bir sonrası test sonucunu etkilemesi olarak sıralanabilir (Izquierdo vd., 2006). YTA yönteminde optimal yükün veya yoğunluğun belirlenmesi için kullanılan bir diğer yöntem sporcunun spesifik bir yükte aralıksız bir şekilde yapabildiği maksimal tekrar sayısının belirlenmesine dayanmaktadır (Guerriero vd., 2018). Bu yöntem sayesinde hem sporcuların spesifik bir yükte yapabildiği bireysel maksimal tekrar sayısının belirlenebilirken hem de sürekli 1TM maksimal testinin yapılmamasının önüne geçilebilmektedir (González-Badillo vd., 2017). Fakat bu yöntem kapsamında tüm direnç antrenmanlarının tükenene kadar yapılması aşırı yorgunluk, tip II-X kas fibril tiplerinde azalma ve kuvvet üretme hızı gibi atletik performansın önemli bileşenlerinde istenilmeyen adaptasyonların oluşmasına neden olabileceği düşünülmektedir (Rodríguez-Rosell vd., 2020).

Özellikle son yıllarda spor teknolojilerinin gelişmesiyle beraber hareket hızını anlık olarak takip edebilen doğrusal konum ölçer, akselerometre ve video hareket yakalama temelli cihazlarının kullanımının arttığı görülmektedir (Banyard vd., 2018). Geçerlilik (Pérez-Castilla vd., 2019) ve güvenilirliği (Thompson vd., 2020) bir çok araştırmayla ortaya konulmuş bu cihazlar sayesinde sporcuların her bir kaldırış sırasında ortaya koyduğu efor ortalama hız, zirve hız veya ortalama itiş hızı [konsantrik fazın başlangıcından barın ivmesi yer çekiminden düşük olana kadarki ortalama itiş hızı değeri (-9,81 m·s<sup>-2</sup>)] verileri üzerinden takip edilebilmektedir (García-Ramos vd., 2018). Hız temelli direnç antrenman (HTDA) yöntemi olarak tanımlanan bu yöntem spor bilimcilere ve antrenörlere sporcuların her bir tekrarı sırasında ortaya koyduğu eforu objektif bir veri olan ortalama hız verisini anlık takip ederek, antrenman süreçlerine anlık müdahale edebilme fırsatı vermektedir (Jukic vd., 2022). HTDA yöntemi temelde dışsal yük arttıkça (kütle), kaldırış hızı azalır fizik kuralına dayanmaktadır (Weakley ve Man, 2021). Hızın azalışı sporcunun 1 kerede kaldırabildiği maksimal ağırlığa kadar devam ettiğinde ortaya minimum kaldırış hız eşiği ortaya çıkmaktadır (Pérez-Castilla vd., 2022). Ayrıca yapılan araştırmalarda birçok farklı egzersiz türünün 1 TM değerinin belirli bir yüzdesinde yapılan kaldırışlar sırasında ortaya çıkan hız verisiyle yoğunluk arasında mükemmel yakın bir ilişki ( $R^2 = 0.98$ ) olduğu görülmektedir (García-Ramos ve Jaric, 2018; Pareja-Blanco vd., 2017) Yine konuyla ilgili araştırmalar incelendiğinde kasların kasılma hızı, gevşeme süresi, kuvvet üretme kapasitesi ve laktat birikimiyle hız kaybı arasında yüksek bir ilişki olduğu görülmektedir (Conceição vd., 2016). Basit bir ifadeyle bir set sırasında kaldırma hızı azaldıkça yorgunluk artmaktadır (Morán-Navarro vd., 2019). Yukarıda ifade edilen temel kavramlardan yola çıkarak HTDA yöntemi kapsamında antrenman sırasında nesnel hız verisi anlık olarak takip edilerek, sporcuların günlük performans değişkenlikleri kontrol edilebileceği görülmektedir (Jukic vd., 2022). Ayrıca bu yöntem sayesinde sporcuların performans durumu günlük takip edilip, hedeflenen özelliğin geliştirilmesi için her bir egzersiz özelinde en uygun hacim ve yükün oluşturulması, antrenman süreçlerine anlık müdahale edilebilmesiyle mümkün olduğu düşünülmektedir (Pareja-Blanco vd., 2016).

Sporcuların bir set sırasında belirli bir yüke karşı yapabileceği maksimal tekrar sayısının kaç tanesini gerçekleştirdiği efor düzeyi olarak tanımlanmaktadır (Rodríguez-Rosell vd., 2021). Yapılan araştırmalarda sporcuların gösterdiği efor düzeyinin akut (Morán-Navarro vd., 2017) ve kronik (Meeusen vd., 2013; Pareja-Blanco vd., 2020)

adaptasyon süreçlerini etkileyen önemli bir faktör olduğu tespit edilmiştir. Geçmişte bir set sırasında gösterilen efor düzeyi ne kadar yüksekse kuvvet ve kas kütlesi artışının o kadar fazla olacağına düşünülmekteydi. Fakat yakın zamanda yapılan meta-analizlerin (Davies vd., 2016; F Pareja-Blanco vd., 2017) ve araştırmaların (Pareja-Blanco vd., 2020; Sampson ve Groeller, 2016) sonuçları tükenene kadar (maksimal efor düzeyi) yapılan direnç antrenmanların optimal kuvvet kazanımı için en uygun yöntem olmayabileceğini göstermektedir. Özellikle direnç antrenmanların tükenene kadar yapılmasının yüksek hızla yapılan ani hareketler sırasında hayati öneme sahip yüksek hızla kasılabilen kas fibril tiplerinin yavaş kasılan kaslar fibrillerine dönüşebileceği görülmektedir (Pareja-Blanco 2016). Yukarıda değinilen araştırmalardan özellikle maksimal kuvvet kazanımı ve yüksek hızda kuvvet üretme becerisinin optimal gelişimi için egzersizlerin tükenene kadar yapılmaması sonucu ortaya çıkıyor olsa da hedeflenen akut ve kronik adaptasyon hangi spesifik efor düzeyiyle (hız kaybı eşiği) kazanılabileceği hala belirsizliğini korumaktadır (Pareja-Blanco vd., 2020; Weakley vd., 2020b)

Direnç antrenmanlarında her bir set sırasında yapılan tekrarların hızının anlık olarak takip edilmesi sporcuların gösterdiği efor seviyesinin belirlenmesi için oldukça pratik ve nesnel bir yöntem olarak ön plana çıkmaktadır (Liao vd., 2021). HTDA yönteminde hız kaybı eşiği olarak tanımlanan bu yöntem sayesinde set sporcuların sırasında kaybettiği hız oranından (set sırasında yapılan tekrarlar hızın ve kuvvetin düşmesi sonucunda güç çıktısının azalmasına sebep olmaktadır) yola çıkarak maruz kaldığı yükü ve anlık nöromusküler yorgunluk durumu belirlenebilmektedir (Morán-Navarro vd., 2019). HTDA yöntemi kapsamında setler önceden belirlenmiş sabit tekrar sayıları yerine hız kaybı eşiğiyle (yüzde olarak) pratik olarak sporcunun bir set sırasında ulaştığı en yüksek hız değerinin yüzde kaçını kaybettiğini anlık olarak takip ederek belirlenebilmektedir (Andersen vd., 2021). Bir sporcu düşük hız kaybı eşiğiyle (örneğin %10) antrenman yaparsa az tekrar, yüksek hız kaybı eşiğiyle (%20) antrenman yaparsa daha çok tekrar yapacaktır (González-Badillo vd., 2017). Düşük hız kaybı eşiğiyle antrenman yapan sporcu hem daha az tekrar yapacağı için daha az yüke maruz kalacaktır hem de tüm set boyunca ortalama hız verisi daha yüksek olacağı için ortalama güç çıktısı da daha fazla olacaktır (Weakley vd., 2020). Yakın zamanda yapılan araştırmalarda skuat (Pareja-Blanco vd., 2020; Rodriguez-Rosell vd., 2020), bench-press (Rodiles-Guerrero vd., 2020b) ve pull-up (Markovic ve Jaric, 2007) gibi egzersiz (1TM'in %70-85'iyle) örneklerinde farklı hız kaybı eşikleriyle yapılan direnç antrenmanların mekanik ve

fizyolojik etkileri araştırılmıştır. Yukarıdaki araştırmaların sonuçlarını kısaca özetlemek gerekirse daha fazla hız kaybıyla (>%20) yapılan direnç antrenmanların daha fazla toplam kas kütlesi ve anabolik hormon (growth hormonu ve IGF-1) salınımına artışına, tip II-X kas fibril tiplerinin fenotipinde azalmaya sebep olduğu görülürken, daha düşük hız kaybıyla (<%20) yapılan antrenmanların ise kuvvet, sprint ve sıçrama gibi becerileri daha fazla geliştirdiği tespit edilmiştir. Fakat literatürde hala en düşük ve hangi hız kaybı (%10, %20, %30, %40 veya tükenene kadar) eşiğinin atletik performansın önemli bileşenlerinden sprint, sıçrama, çabukluk, ve hipertrofi gibi becerilerin gelişiminde optimal olduğu konusunda net bir fikir birliği olmadığı görölmektedir (Banyard vd., 2019; Pareja-Blanco vd., 2017; Rodríguez-Rosell vd., 2021). Ayrıca yaptığımız literatür araştırmasında kadın sporcularla farklı hız kaybı eşikleriyle yapılan direnç antrenmanların kronik olarak performansa etkisini inceleyen bir araştırmaya da rastlanamamıştır (Hernández-Belmonte ve Pallarés, 2022; Jukic vd., 2022).

Kuvvet-hız profili tüm kuvvet-hız spektrumunda sporcuların hem alt hem de üst eksterimite maksimal kuvvet becerisini farklı egzersiz örnekleriyle pratik bir şekilde ölçen geçerli (Jiménez-Reyes vd., 2017) ve güvenilir (Šarabon vd., Marković, 2020) bir teorik yaklaşım olarak ön plana çıkmaktadır. Kuvvet-hız profili (KHP) sporcuların farklı yükler altında (4-6 arasında farklı yük kullanılabilir, yükler arasında sıçrama yüksekliğinin minimum 10 santim değişmesi tavsiye edilir) skuat sıçrama, bench press fırlatma veya benzer çok eklemlili egzersizlerin maksimal eforla yapılışı sırasında ortaya çıkan kuvvet ve hız değerlerinin doğrusal regresyon eğrisi çizdirilir. Ardından regresyon eğrisinin en uç kısımlarına denk gelen maksimal teorik kuvvet ( $F_0$ , sıfır hızda kuvvet) ve maksimal teorik hız (sıfır kuvvette hız) değerleri tespit edilerek pratik bir şekilde oluşturulabilir. Teorik maksimum güç ( $P_{maksimum}$ ) ise  $(F_0 \cdot V_0)/4$  ve kuvvet hız profili eğimi ( $sKH$ )  $F_0/V_0$  olarak hesaplanmaktadır (Rivière vd., 2017). Diđer bir ifadeyle grafiksel olarak doğrusal kuvvet-hız ilişki eğrisinin kuvvet ve hız kesişim noktaları teorik  $F_0$  ve  $V_0$  değerlerine, parabolik kuvvet-hız ilişki eğrisinin zirve noktası teorik maksimal güç çıktışına denk gelmektedir (Šarabon vd., 2020). Fakat benzer güç çıktışına sahip sporcuların farklı kuvvet ve hız kombinasyonları olabilir (Jiménez-Reyes vd., 2017). Bu sebeple sporcuların balistik performansı  $P_{maksimum}$  değerinden bağımsız olarak KHP'leriyle ilişkili olabileceği savunulmaktadır (Jiménez-Reyes vd., 2017). Diđer bir ifadeyle balistik bir egzersiz sırasında sporcular benzer güç çıktışına kuvvet veya hız baskın olarak ulaşabilir (Cormie vd., 2011). Bu doğrultuda Samozino vd. 2012 yılında

14 sporcuyla yaptığı araştırmada var olan KHP'lerini matematiksel bir formülle modelleyerek teorik optimal KHP teorisini öne sürmüşlerdir (Samozino vd., 2012). Araştırmacıların ileri sürdüğü teorik yaklaşım farklı yükler altında oluşturulan FVP'in kuvvet ve hız ilişkisinin dengelemesiyle oluşturulacak optimal KHP ile Pmax değerinden bağımsız olarak performansı arttırılabileceği savına dayanmaktadır. Araştırma sonucunda teorik yaklaşıma dayalı performans tahmin değerlerinin gerçek performans değerleriyle 4-7% (Bland-Altman) oranında geçerlilik gösterdiği görülmektedir (Jimenez-Reyes vd., 2016). Ayrıca balistik performansın yalnızca Pmax değeriyle ilişkili olmadığı kuvvet ve hız arasındaki ilişkinin tanımlanan teorik optimal KHP'ne göre dengelenmesiyle de ilişkili olduğu ileri sürülmektedir (Jiménez-Reyes vd., 2017). Yani her bir sporcunun bireysel teorik optimal KHP'ine ulaşması performansını arttıracak (örneğin iki sporcunun güç çıktıları aynı olsa bile teorik optimal kuvvet-hız dengesi sağlanmış sporcunun sıçrama yüksekliği daha fazla olur), kuvvet ve hız arasındaki istenmeyen dengesizliğin (gerçek KHP'nin teorik optimal KHP'e göre farklılığı) belirli bir Pmax değerinde performansı 30%'a kadar düşüreceği ifade edilmektedir (Jean-Benoît Morin ve Samozino, 2016).

Sonuç olarak yukarıda değinilen araştırmaların (V. Andersen vd., 2021; Galiano vd., 2022; Rodríguez-Rosell vd., 2021; Weakley vd., 2020) antrenman protokollerine yakından bakıldığında farklı yükler (1TM'in %70-85 veya 50-90 m/s) ve hız kaybı eşiğiyle yapılan direnç antrenmanların fiziksel performans gelişimi için gerekli uyarımı sağladığı görülmektedir. Fakat literatürde farklı performans parametrelerinin (sprint, sıçrama, çabukluk ve hipertrofi) gelişimi için hangi ve en düşük hız kaybı eşiğinin etkili yöntem olduğu konusunda bir fikir birliği oluşmadığı görülmektedir (Jukic vd., 2022). Özellikle yaptığımız literatür araştırmasına göre HTDA yöntemiyle elit kadın sporcularla yapılan kronik bir araştırma olmaması araştırmamızın önemini arttırmaktadır. Bu sebeple araştırmanın amacı belirli bir kütleyi sabit tekrar sayıları yerine HTDA yöntemi kapsamında elit kadın hentbolcularla farklı hız kaybı eşiklerinde (%10 ve %20) orta yoğunlukta (0.65-0.70 m/s) 6 hafta boyunca yapılan smith-machine yarım skuat egzersizlerinin sprint (0-10-20-40 metre), çabukluk, karşı hareket sıçrama, 1TM, kuvvet-hız profili ve kas kütlesinin gelişimine etkisini incelemektir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Yüzde Temelli Direnç Antrenman Yöntemi

Takım sporlarında direnç antrenmanlarının önemi ve etkinliği, atletik performans gelişimi (Suchomel vd., 2016) (kuvvet, güç, sürat çabukluk) sakatlık riskinin azaltılması (Lauersen vd., 2014) ve sakatlık sonrası rehabilitasyon süreçlerini inceleyen birçok deneysel araştırmayla ortaya koyulmuştur (Style vd., 2016). Antrenörler sporcuların atletik performans seviyelerini geliştirmek için farklı spor disiplinlerinin özgül gerekliliklerine uygun fizyolojik ve nöromüsküler adaptasyonların oluşmasını hedefleyen direnç antrenman programlarını set sayısı, tekrar sayısı, egzersiz sıralaması, egzersiz sıklığı gibi değişkenleri manipüle ederek oluşturmaktadır. Atletik performansta hedeflenen özelliği geliştirmek üzere oluşturulan direnç antrenman programlarında en uygun yük (yoğunluk) kavramı geçmişten günümüze araştırılmaya devam edilmektedir. Delorme'nin (1946) ortaya sürdüğü Yüzde Temelli Direnç (YTD) antrenman metoduna kapsamında, sporcuların bireysel olarak bir tekrar kaldırabildiği en yüksek ağırlığın yüzdeleri (Tablo 2.1) dilimleriyle (1 tekrar maksimal değerinin %70'i gibi) planlanmaktaydı (Coffey, 1946). Belirli bir direnç egzersizinde sporcuların bir kerede kaldırabildiği en yüksek yükü ifaden 1 tekrar maksimal değeri (1TM) dinamik kuvvet becerisinin en geçerli referans olarak kabul edilmektedir (Kraemer ve Ratamess, 2004). Ancak diğer performans parametrelerine benzer şekilde 1TM değeri de yorgunluk, uyku, stres ve uyku gibi kontrol edilemeyen veya adaptasyon, sakatlık gibi gelişen sebeplere bağlı olarak antrenman süreci içerisinde değişkenlik gösterebilmektedir (Halson, 2014). Fisher vd. (2013) direnç egzersiz setleri için "yoğunluğun" en doğru tanımının, kaldırılan ağırlıktan bağımsız olarak uygulanan efor seviyesi ile ilgili olduğunu öne sürmektedir. Diğer bir ifadeyle, yükün %30 1TM veya % 80 1TM'e eşit olup olmadığına bakılmaksızın, bir yükü tükenene kadar kaldıran bir kişi maksimum yoğunlukta (en azından o belirli set için) çalışmış olacaktır (Fisher vd., 2013). Emanuel vd. (2020) konuyla ilgili yaptığı bir araştırmada orta (%70) ve yüksek (%83) yoğunlukta tükenene kadar yapılan direnç egzersiz (skuat ve bench-press) setleri ile algılanan zorluk derecesi (AZD) arasında ( $r=0,86$ ) yüksek bir ilişki tespit edilmiştir (Emanuel vd.,2020). Ancak maksimal kaldırma hızıyla yapılan %70 orta yoğunlukta bir direnç egzersizinin hedefleriyle (kuvvet-sürat), sporcunun kendi belirlediği, kontrollü veya daha yavaş kaldırma hızıyla yapılan direnç antrenmanının hedefleri (hipertrofi) farklılık gösterebileceği tespit edilmiştir (Scott vd., 2016). Padulo vd. (2012) yaptığı araştırmada

bench-press egzersizinde 1TM'in %85'iyle maksimal kaldırma hızıyla kaldıran grup ile kendi seçtiği tempoyla kaldıran grubun karşılaştırıldığı 3 haftalık araştırma sonucunda, maksimal eforla kaldıran grubun 1TM değerinde (% 10, 20) ve maksimal kaldırış hızında (% 2.22) kendi seçtiği tempoda kaldırış yapan gruba göre (< 1 %) daha fazla gelişim gösterdiği tespit edilmiştir (Padulo vd., 2012).

**Tablo 2.1.** Tekrar maksimal değerinin yüzdelik dilimleriyle yapabilecek tekrar sayıları (Chapman, Whitehead ve Binkert, 1998; Morales ve Sobonya, 1996)

1TM	Tekrar Sayısı
%100	1
%95	2
%93	3
%90	4
%87	5
%85	6
%83	7
%80	8
%77	9
%75	10
%70	11
%67	12
%65	15

1TM: 1 Tekrar Maksimal

YTA yönteminde, antrenman süreçlerinin başlangıcında belirlenen 1TM değeriyle uzun süreli (8-20 haftalık) antrenmanlar planlanmaktadır. Fakat antrenman süreçlerinin başlangıcında belirlenip, aynı değer üzerinden planlanan antrenmanların 1TM değerinin zaman içerisinde yorgunluk, adaptasyon, biyolojik değişkenlik ve yaşam şekli gibi durumlara bağlı olarak değişkenlik (Tablo 2.2) göstermesinden dolayı sakıncaları olduğu düşünülmektedir (González-Badillo ve Sánchez-Medina, 2010). YTDA antrenman yönteminin diğer dezavantajları 1TM'in belirlenmesinin uzun sürmesi, sakatlık riski oluşturması ve özellikle tecrübesiz sporcular için uygun olmaması olarak sıralanmaktadır (Grgic vd., 2020). YTDA antrenmanına alternatif olarak submaksimal spesifik bir yükte sporcunun maksimal tekrar sayısının belirlenmesi yöntemi kullanılmaktadır (Moraes vd., 2014). Bu yöntemle 1TM test ihtiyacını ortadan kaldırırsa da özellikle sporcuların her bir egzersiz için tükenene kadar egzersiz yapması bir sonraki egzersiz için metabolik stres, yorgunluk (Folland vd., 2002) ve yavaş kasılan fibril tiplerine dönüşüm gibi bir yeni problemleri beraberinde getirebileceği düşünülmektedir (Fry, 2004). Ayrıca bu durum sporcu birinci egzersizi tükenene kadar yaptıktan sonra ikinci egzersize başladığında toparlanma süresi ne kadar uzun olursa olsun performans kaybına sebep olabileceği tespit

edilmiştir (Richmond ve Godard, 2004). Dolayısıyla 2. veya 3. egzersizde tükenene kadar tekrar sayısıyla belirlenen değer gerçek performansın ortaya çıkmasına engel olabileceği düşünülmektedir (Folland vd., 2002). Yukarıdaki araştırmalara bakıldığında direnç antrenman yoğunluğunu 1TM değeri, kaldırış hızı, bir sette bir sporcunun kaç tekrar yapabildiği ve yapabildiği tekrar sayısının kaçını yaptığı o sette yaptığı ve 1TM değerinin yüzde kaçıyla çalıştığı gibi etkileyen birden fazla değişken olduğu görülmektedir. Direnç antrenmanı yoğunluğu kavramının birden fazla değişkenle ilişkili olması araştırmacıları çok yönlü ve objektif bir bakış açısı geliştirmeye teşvik etmiştir.

**Tablo 2.2.** Belirlenen 1TM değeriyle günlük dalgalanmalar hesaba katılarak hesaplanan %70 yoğunluk ile hesaba katılmaksızın %70 değerinin karşılaştırılması (Balsalobre-Fernández ve Torres-Ronda, 2021).

Haftalar	1	2	3	4	5	6	7	8
1TM (kg)	130	130	130	130	130	130	130	130
%70 kg	91	91	91	91	91	91	91	91
Günlük 1 TM (kg)	130	132.5	130	135	137.5	132.5	135	140
%70 kg	91	92.75	91	94.5	96.25	92.5	94.5	98

1TM: 1 tekrar maksimal; kg: kilogram

### 2.1.1. Hız temelli direnç antrenman yöntemi

Özellikle geçtiğimiz 10 yılda teknolojinin gelişmesiyle beraber doğrusal konum ölçer ve akselometre gibi cihazların kullanımının yaygınlaşmasıyla beraber direnç antrenmanlarında gerçekleştirilen kaldırışlar sırasında barın hızı, kuvvet ve güç gibi kinematik parametrelerin anlık olarak takip edilmesini, geri bildirim yapılmasını ve yine antrenmana anlık müdahale edilmesini sağladığı görülmektedir (Liao vd., 2021). Bu cihazların yaygınlaşması direnç antrenmanları sırasında sporcuların yaptığı her bir kaldırış sırasında ortaya çıkan ortalama hız, zirve hız (ZH), kuvvet, zirve kuvvet (ZK), güç, zirve güç (ZG), ivmelenme ve kaldırış mesafesi gibi birçok kinematik veri anlık olarak takip edilebilmesini sağlamıştır. Ayrıca havuzda toplanarak, değerlendirilen veriler antrenman süreçlerine objektif olarak müdahale edilebilmesini mümkün kıldığı görülmektedir (Balsalobre-Fernández ve Torres-Ronda, 2021). Cihazlardan gelen anlık veriler sporcuların yorgunluk, adaptasyon ve hazır olma durumlarını göstermesini ve antrenörlere duruma anında müdahale edebilme fırsatını vermektedir (Balsalobre-Fernández vd., 2021). Diğer bir taraftan verilerin bir havuzda toplanıp değerlendirilebilmesi sporcuların bireysel gelişimini ve antrenman süreçlerinin planlanmasını da sağlamaktadır (Liao vd., 2021).

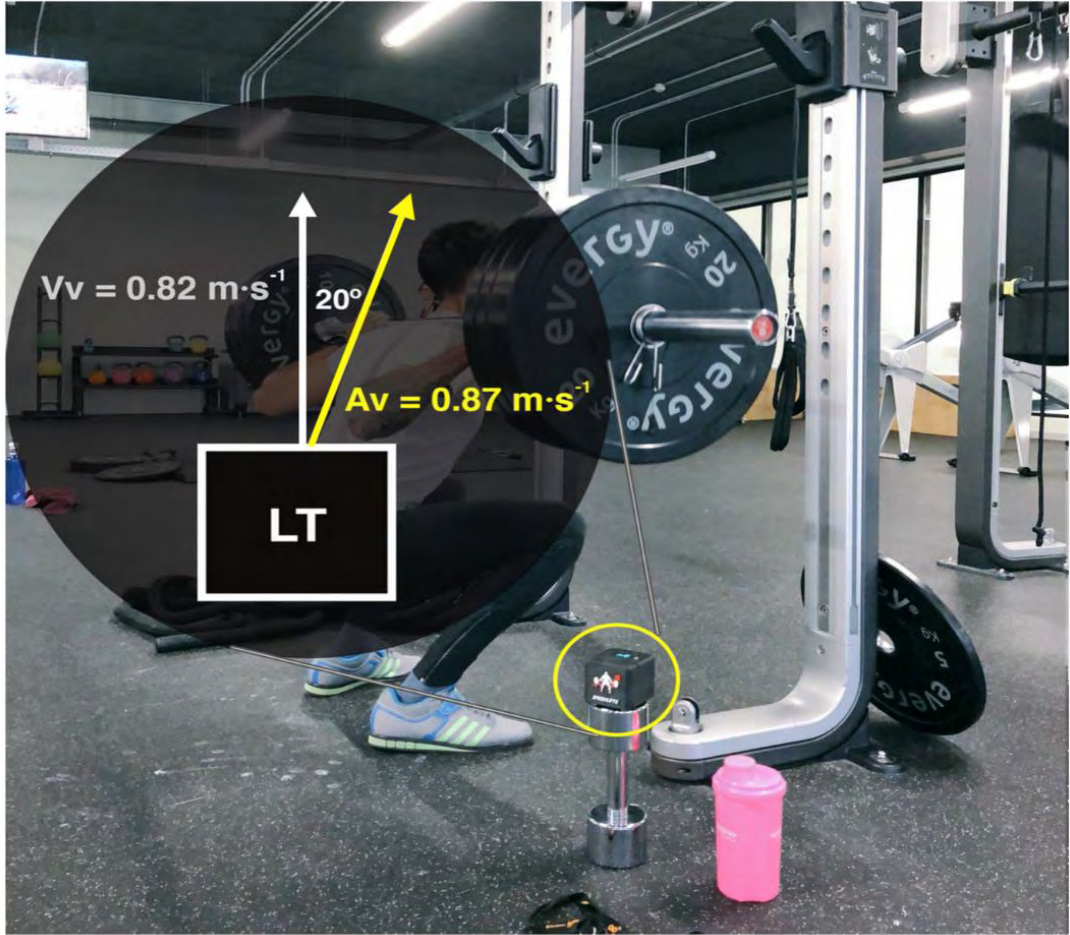
### 2.1.2. Hız temelli antrenmanlarda kullanılan cihazlar

Yapılan araştırmalarla HTA yönteminin klasik direnç antrenman yöntemine göre antrenman stresinin azaltılması ve atletik performans becerilerinin hız spesifik olarak daha etkili bir şekilde arttırdığına dair gün geçtikçe yeni kanıtlar bulunmaktadır (Dorrell vd., 2020; Orange vd., 2019) HTA kapsamında etkili bir antrenman programı oluşturabilmek, antrenman yükünü doğru yönetmek ve adaptasyonu optimale çıkarmak için barın hızını geçerli ve güvenilir bir şekilde ölçen cihazlara ihtiyaç vardır. Bu gereklilik, HTA'nın en büyük dezavantajlarından birini oluşturur, çünkü hızdaki çok küçük değişiklikler, nöromüsküler ve fonksiyonel performansta belirleyici artışları veya düşüşleri etkileyebilir (Martínez-Cava vd., 2019). Dolayısıyla kullanılan cihazların geçerlilik ve güvenilirliği antrenman süreçlerini direkt olarak etkileyen bir faktör olarak ifade edilebilir.

Doğrusal konum ölçerler (DKÖ) HDA kapsamında en yaygın olarak kullanılan spor teknolojisi olarak öne çıkmaktadır (Harris vd., 2010). Bir nesnenin yer değiştirmesi, bir DKÖ aracılığıyla doğrudan ölçülebilir. Bir dönüştürücü, ölçüm veya bilgi aktarımı gibi çeşitli amaçlar için fiziksel bir özelliği (bir kablonun konumundaki değişiklik gibi) başka bir forma (örneğin voltaj) dönüştüren genellikle elektrikli bir cihazdır. DKÖ temel olarak 4 ana parçadan oluşur: ölçüm kablosu, makara, yay ve potansiyometre veya kodlayıcı gibi bir dönüş sensörüdür. Dönüştürücünün muhafazasının içinde, paslanmaz çelik bir kablo, ölçüm kablosu makaraları ve makaraları olarak dönen, hassas bir şekilde işlenmiş sabit çaplı silindirik bir makaraya sarılır. Kablo gerilimini korumak için makaraya bir yay bağlanmıştır. Makara, bir dönme sensörünün (bir kodlayıcı veya potansiyometre) şaftına bağlanmıştır. Dönüştürücünün kablosu hareketli nesne ile birlikte uzadıkça, makara ve sensör millerinin dönmesine neden olur. Dönen şaft, kablonun doğrusal uzantısı veya hızıyla orantılı bir elektrik sinyali oluşturur (Harris vd., 2010). Doğrusal konum ölçer cihazlar genellikle bir kelepçe veya klips aracılığıyla bara veya kaldırılan nesneye tutturulan bir aparatla kullanılmaktadır. Barın hareket etmesiyle beraber tutturulan kelepçe yardımıyla doğrusal konum ölçerin içerisinden ayrılan ip ile birlikte hareket eder.

Kullanılan doğrusal konum ölçer cihazlarının büyük bir kısmı yalnızca vertikal (dikey) hareketleri ölçebilmektedir. Bu durum horizontal veya lateral salınımların olduğu squat gibi egzersizlerin hızının doğru ölçülmesini etkileyip bir dezavantaj (Şekil 2.1) yaratabilmektedir (Cormie vd., 2007). DKÖ kullanımında diğer dikkat

edilmesi gereken önemli bir nokta barın bir ucuna kelepçeyle bağlanan aparatın kaldırış sırasında barın bir tarafının yere paralelliğinin bozulmasıyla daha az mesafe veya daha fazla mesafe kat etmesine ve ölçüm hatasının oluşmasına neden olacaktır (Pérez-Castilla vd., 2019). Serbest ağırlıkla yapılan egzersizlerde bu tip hataların azaltılması için içerisinde jiroskop (hareketin yönünü tespit eden cihazlar) tercih edilebilir veya barın her iki ucuna bir cihaz takılabilir. Fakat iki cihazı maliyeti ve pratik olmamasından dolayı kullanamayan spor bilimciler için kelepçeyi hep aynı noktaya takarak hatayı standart hale getirmek bir çözüm olarak önerilmektedir (Pérez-Castilla vd., 2019).



**Şekil 2.1.**  $20^\circ$  sapmayla yapılan vertikal skuat kaldırışı sırasında, sapmayı hesaba (dikey hız / kosinüs açısı) katmadan yapılan ölçümle  $0.82 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  hesaba katılarak elde edilen  $0.87 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  ortalama hız verisi arasında fark vardır.

DKÖ cihazlarına hem ucuz olması hem de pratik olmasıyla alternatif seçenek akselerometre ve mobil telefon uygulamaları hareket sırasında barın hızını ölçen diğer bir spor teknolojileri olarak ön plana çıkmaktadır (Pérez Castilla vd., 2019). Akselerometre temelli cihazlar ölçümleri horizontal, vertikal ve lateral olarak

ölçebilirken, video kayıt yöntemiyle ölçüm yapan cihazlar yalnızca vertikal ölçüm yapabilmektedir (Balsalobre vd., 2019). Fakat akselerometre temelli cihazlar altın standart olarak geçerliliği ve güvenilirliği kabul edilmiş DKÖ cihazlarla karşılaştırıldığında orta düzeyde geçerlilik ve güvenilirlik göstermektedir (Thompson vd., 2020). Mobil uygulamaların ise akselerometre cihazlara göre daha yüksek geçerli ve güvenilir ölçümler yapabildiği tespit edilmiştir (Pérez-Castilla vd., 2019). Ancak mobil uygulamalar hareketin önce videoya kaydı yapıp, sonrasında video üzerinden işlenmesi gerçek zamanlı veri aktarımını kısıtlamayabilme ve verilerin işlenmesi aşamasında oldukça fazla zaman kaybettirebilmektedir (Čović vd., 2016). Literatürdeki spor teknolojileri incelendiğinde farklı cihazların geçerlilik, güvenilirlik, fiyat, pratik olması ve erişilebilirlik anlamında avantajları ve dezavantajları olduğu görülmektedir. Bu sebeple kullanıcıların amaçlarına ve hedeflerine uygun cihazları seçmeleri gerekliliği ön plana çıkmaktadır.

### **2.1.3. Hız temelli direnç antrenman yönteminde kullanılan kinematik parametreler**

Hız temelli direnç antrenmanlarında kullanılan cihazlar ortalama hız, zirve hız (ZH), ortalama itici hız (İH) gibi farklı kinematik parametreleri ölçebilmektedir (Banyard vd., 2017). OH tüm hareketin (konsantrik veya eksantrik) ortalama hızı, ZH yapılan tekrar sırasında ulaşılan en yüksek hızı ve OİH konsantrik aşamanın başlangıcındaki hızın yer çekimi kuvvetinden ( $-9.81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ) daha fazla ivmelenemediği aşamayı ifade etmektedir (Sanchez-Medina, Perez ve Gonzalez-Badillo, 2010). Diğer bir ifadeyle OH ölçülürken yavaşlama periyoduyla birlikte tüm hareketin ortalama hızı hesaplanırken, OİH ölçülürken ise yalnızca hareketin ivmelenme aşaması hesaplanmaktadır. Yapılan araştırmalarda OH ve OİH'nın geçerli ve güvenilir olduğu görülmektedir (Pérez-Castilla vd., 2021) (Sanchez-Medina vd., 2010).

### **2.1.4. Yük-hız profili**

Bir tekrar maksimal bir sporcunun bir tekrarda kaldırabildiği maksimal yük olarak tanımlanmaktadır (Suchomel vd., 2016). 1TM maksimal testinin geçerliliğiyle ilgili squat, sıçrama skuat, bench-press ve deadlift gibi birçok egzersiz örneğinde güvenilirlik araştırmaları yapılmış ve mükemmel yakın sonuçlar ortaya çıkmıştır (Grgic vd., 2020). Fakat 1TM'nin uzun sürmesi, nöromusküler sisteme aşırı yük

oluşturması, teknik-taktik antrenman sıklığı, seyahat ve yoğun maç takvimi testin uygulanabilirliğini azaltmaktadır (García-Ramos vd., 2019). Ayrıca antrenman süreçlerinin aralıksız devam ettiği sezon öncesi veya müsabaka dönemlerinde 1TM değeri antrenman süreçleri, uyku (Reilly ve Piercy, 1994), seyahat, beslenme (CRIBB vd., 2007) ve yorgunluk (Enoka ve Duchateau, 2008) gibi sebeplerden kaynaklı değişkenlik gösterebilmektedir. Bu sebeple, özellikle son yıllarda yapılan araştırmalarda yük-hız profili (YHP) verilerinden 1TM tahmini gibi alternatif stratejiler, atletik performans gelişimini optimize etmek için hayati bir öneme sahip olduğu düşünülen yükü (yani, otheregölasyon) manipüle etmek için etkili bir strateji olabileceği görülmektedir (Banyard vd., 2017). Yük-hız profilinden yola çıkarak 1TM'in tahmini ilk olarak Gonzalez-Badillo ve Sanchez-Medina 2010 yılında 120 erkek sporcuyla yaptığı araştırmada incelenmiştir (González-Badillo ve Sánchez-Medina, 2010). Bench-press egzersizinde yük (ağırlık) ile hız (m/s) arasında mükemmel ( $R^2=0.98$ ) yakın bir ilişki tespit edilmiştir. Yine aynı araştırmada yapılan 8 haftalık antrenman uygulamaları sonrasında sporcuların 1TM değeri %9.3 oranında artış göstermiş olsa da sporcuların 1TM değerindeki (100% kaldırış sırasında) son hız (SH) stabil  $0.16 \pm 0.04$  m/s kalmıştır (González-Badillo ve Sánchez-Medina, 2010). Bu araştırmayla herhangi bir yükte kaldırış yapan bir sporcunun 1TM'i son hızdan yola çıkarak yüksek bir doğrulukla tahmin edilebileceğini ortaya sürülmüştür. Fakat daha sonra yapılan birçok araştırmada yük-hız ilişkisi yüksek bulunmuş olsa da skuat  $0.24 \pm 0.06$ m/s (Banyard vd., 2017) hip-thrust  $0.25 \pm 0.03$ m/s (de Hoyo vd., 2021) ve deadlift  $0.14 \pm 0.05$ m/s (Helms vd., 2017) gibi farklı egzersiz örneklerinde son hız değerinin egzersiz türüne göre değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 2.3). Ayrıca yine yapılan araştırmalarda egzersizin uygulanış biçimi (Pérez-Castilla vd., 2020; Pérez-Castilla vd., 2021) örneğin sadece konsantrik, eksantrik-konsantrik, cinsiyet (Torrejón vd., 2019) ve ölçüm cihazları yük-hız ilişkisini ve 1TM son hız değerini etkilemektedir (Weakley vd., 2021). Bu değişkenliklere ek olarak özellikle düşük yüklerde yapılan kaldırışlar sırasında ortaya çıkan hız değerinin katılımcılar arasında değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir (García-Ramos vd., 2018).

**Tablo 2.3. Yük-hız profili son hız değerleri**

Egzersiz	Araştırma	Orneklem	1TM Ort. SS.	O1TM
Bench press	Gonzalez-Badillo ve Sánchez-Medina (González-Badillo vd., 2010)	120 sağlıklı erkek	0.16 ± 0.04 m/s	0.17 m/s
	Sánchez-Medina vd. (Sánchez-Medina vd., 2014)	75 atlet	0.17 ± 0.04 m/s	
	García-Ramos vd. (García-Ramos vd., 2018)	30 sağlıklı erkek	0.17 ± 0.03 m/s	
	Helms vd. (Helms vd., 2017)	15 powerlifters	0.10 ± 0.04 m/s	
Prone bench pull	Loturco vd. (Loturco vd., 2021)	30 atlet	0.51 ± 0.07 m/s	0.50 m/s
	Sánchez-Medina (Sánchez-Medina vd., 2014)	75 atlet	0.52 ± 0.06 m/s	
	García-Ramos vd. (García-Ramos, vd., 2019)	26 atlet	0.48 ± 0.04 m/s	
Prone pull-up	Sanchez-Moreno vd. (Sanchez Moreno vd., 2017)	52 itfaiye görevlisi adayı	0.20 ± 0.05 m/s	0.23 m/s
	Munoz-Lopez vd. (Muñoz-López vd., 2017)	82 erkek direnç antrenmanlı birey	26 ± 0.05 m/s	
Seated military press	Balsalobre -Fernández vd.	39 direnç antrenmanlı erkek	0.19 ± 0.05 m/s	0.19 m/s
	García-Ramos vd.	24 sağlıklı erkek	0.20 ± 0.05 m/s	
Law pulldown	Perez-Castilla vd. (Pérez-Castilla vd., 2021)	23 sağlıklı erkek katılımcı	0.47 ± 0.04 m/s	0.47 m/s
Seated cable row	Perez-Castilla vd. (Pérez-Castilla vd., 2021)	23 sağlıklı erkek katılımcı	0.40 ± 0.05 m/s	0.40 m/s
Squat	Conceição vd. (Conceição vd., 2016)	15 erkek atlet	0.32 ± 0.04 m/s	30 m/s
	Sanchez-Medina vd. (González-Badillo vd., 2010)	80 antrenmanlı erkek birey	0.32 ± 0.03 m/s	
	Banyard vd. (Banyard vd., 2018)	17 antrenmanlı erkek birey	0.24 ± 0.06 m/s	
	Helms vd. (Helms vd., 2017)	15 erkek powerlifter	0.23 ± 0.05 m/s	
Deadlift	Ruf vd. (Ruf vd., 2018)	11 atlet	İfade edilmemiş	0.15 m/s
	Helms vd. (Helms vd., 2017)	15 powerlifter	0.14 ± 0.05 m/s	
Hip-thrust	De Hoyo vd. (de Hoyo vd., 2021)	102 Spor bilimleri öğrencisi	0.25 ± 0.03 m/s	0.25 m/s
Leg press	Conceição vd. (Conceição vd., 2016)	15 erkek atlet	0.21 ± 0.04 m/s	0.21 m/s

Yukarıda altı çizilen tüm problemlerin çözümü bireysel yük-hız profilinin oluşturulmasıyla mümkün olabileceği düşünülmektedir. Bireysel yük-hız profili sporcuların submaksimal yükler altında kaldırışları sırasında ortaya çıkan OH değeriyle belirlenip, yük-hız ilişkisi regresyon analiziyle modellenip, 1TM maksimal değerine denk gelen MHE'den yola çıkarak, 1TM değerinin tahmin edilmesi yöntemine dayanmaktadır (Ruf vd., 2018). Fakat bireysel yük-hız profili oluşturmak isteyen bir antrenörün 1TM değerini tahmin etmek için her bir egzersiz için MHE değerini yani 1TM kaldırış sırasındaki OH değerini tespit etmesi gerekmektedir (García-Ramos vd., 2018). Diğer bir

taftan bireysel yük-hız profilinin oluşturulabilmesi için diğer bir gereklilik 5 veya 9 tane submaksimal yükte (Tablo 2.4) kaldırış yapılmasıdır (Banyard vd., 2019). Bu açıdan bakıldığında her bir egzersizi için MHE değerini belirlemek ve 5 veya 9 submaksimal kaldırış yapmak bir dezavantaj olarak görülebilir. Ancak yapılan araştırmada antrenman süreçlerinin başlangıcında belirlenen MHE devam eden direnç antrenman sürecinde (8 hafta) bir değişim göstermediği tespit edilmiştir (González-Badillo ve Sánchez-Medina, 2010). Sonuç olarak çoklu yük-hız profili yönteminin avantaj ve dezavantajlarına bakıldığında MHE antrenman periyodu boyunca 1TM'i tahmin etmek için kullanılabilir. Garcia-Ramos ve (2018) tarafından ortaya sürülen 2 nokta metoduyla, çoklu nokta metodundaki gibi 5 veya 9 submaksimal kaldırış değil de 2 submaksimal kaldırışla sporcuların bench-press 1TM değerini çoklu yöntemden daha kısa sürede ve daha yüksek bir doğruluk oranıyla tahmin edilebileceğini ortaya sürmüştür (García-Ramos vd., 2018). Daha sonra yapılan araştırmalarda bench-press (Jiménez-Alonso vd., 2022), bench-pull (García-Ramos vd., 2019), lat-pull down ve seated cable row (Pérez-Castilla vd., 2021) üst ektrimite direnç egzersizlerinde 2-nokta yönteminin geçerli olduğu tespit edilmiştir. 2-nokta yönteminin alt ektrimite skuat egzersizi için güvenilir (Hughes vd., 2019) bir yöntem olmadığını ortaya koyan araştırmaların yanında yakın bir zaman yapılan bir araştırmada skuat ve deadlift egzersizi için güvenilir bir yöntem olduğu tespit edilmiştir (Çetin vd., 2022).

**Tablo 2.4.** *Yük-hız profili şeması*

1. gün	2. gün
1. 1TM %20-40-60'siyle 3'er tekrar yapılır.	1. Ölçümlere 48 saat toparlanma süresinden sonra başlanır.
2. 1TM %80-90'ıyla 1'er tekrar yapılır.	2. 1TM'in %20-40-60'ıyla 3 tekrar, 80-90'ıyla 1 tekrar yapılır.
3. 1TM tespiti için en fazla 5 deneme hakkı verilir.	3. 3 tekrar yapılan setlerde elde edilen en yüksek OH verisi kullanılır.
4. Her bir başarılı kaldırış sonrasında ağırlık 1-7 kilogram arttırılır.	4. Elde edilen yük-hız verileriyle doğrusal regresyon analizi kullanılarak uygun regresyon çizgisi tespit edilebilir.
5. İstenilen teknikle yapılan son başarılı kaldırış 1TM olarak kayıt edilir.	5. Daha sonra hedeflenen yük ile çalışmak için doğrusal regresyon denklemi kullanılabilir.
Setler arasında 2 dakika toparlanma süresi uygulanır.	Setler arasında 2 dakika toparlanma süresi uygulanır.
Not : Tüm ölçümler sporcuların tahmin edilen değerleri üzerinden yapılmalıdır.	Not: Tüm ölçümler belirlenen 1TM'in yüzdelik dilimleriyle yapılmalıdır.

1TM: 1 tekrar maksimal

### 2.1.5. Hız temelli direnç antrenman yönteminde geri bildirim

Hız temelli antrenmanların önemli temel prensiplerinden bir tanesi tüm kaldırışların maksimal hızla yapılmasıdır (Doleza vd., 2016). Tüm kaldırışların yapılabilecek en yüksek eforla (hızla) yapılması, sporcunun anlık performans durumunu gösteren verilerin (OH, ZH gibi) standartlaşmasını sağlamaktadır. Antrenman sırasında sporcunun OH ve ZH gibi performans değerlerine dönük anlık objektif dönütler arttırılmış geribildirim (AG) olarak tanımlanmaktadır. AG sporcuların günden güne değişen performans durumuna yükün dalgalı bir şekilde ayarlanması olarak tanımlanmaktadır (Mann vd., 2010). Motor beceri öğrenimi alanında AG kavramı genellikle 2 ayrı ana başlık altında ele alınır: belirli bir hareketin uygulanışı sırasında bir becerinin amaca uygun ne kadar başarılı bir biçimde uygulandığı sonuç bilgisi (SB) ve hareketin fiili olarak uygulanabilme durumuna performans bilgisi (PB) (Yao vd., 1994). Örneğin HTA kapsamında yapılan bir direnç egzersizinde kaldırış hızını geliştirmek isteyen bir sporcu için ortalama hız SB kavramıyla ifade edilirken, kaldırış hızıyla ilişkili egzersiz türleri ise PB kavramıyla ifade edilebilir.

Bir egzersiz sırasında arttırılmış geribildirim yöntemiyle sporculara her bir tekrar veya her bir deneme sonrasında geri bildirim verilmesine anlık geri dönüt (AGD), bir set sonucunda geri bildirim verilmesine ortalama geri dönüt (OGD) olarak tanımlanmaktadır. Keller vd. (2014) 34 sporcuyla AGD verilen (her bir tekrar sonrasında), yarı ADG verilen (bir tekrarda verilip birinde verilmeyen) ve hiç geri bildirim verilmeyen 3 gruba ayırarak, 4 hafta boyunca sıçrama egzersizleri yaptırmıştır. Ön test, son test sıçrama yükseklikleri karşılaştırıldığında AGD verilen grubun sıçrama performansı (14%), yarı AGD (10%) ve AGD verilmeyen grubun (6%) artmıştır (Keller vd., 2014). HTA kapsamında AG konusu Argus vd. (2011) 9 elit rugby sporcusuyla yaptığı 4 günlük akut araştırmada incelenmiştir.

Katılımcılar iki antrenmanda AGB almış, ikisinde almamıştır. Yapılan bench-press fırlatma egzersizinde anlık geri bildirim performansını akut olarak arttırdığı tespit edilmiştir (Argus vd., 2011). HTA kapsamında konuyla alakalı 6 haftalık kronik ilk çalışmayı ise Rendal vd. (2011) yılında gerçekleştirmiştir. Araştırmaya katılan profesyonel rugby sporcuları, AGB verilen ve verilmeyen olarak iki gruba ayrılmış ve haftada 2 gün sıçrama squat egzersizi yaptırılmıştır. 6 hafta sonucunda AGB verilen grubun, verilmeyen gruba göre dikey sıçrama ve sprint performanslarında dikey sıçrama (0.18), yatay sıçrama (0.28) ve 10-20-30 (0.46) metre değerlerinin etki boyutunda daha yüksek bir gelişme gözlemlenmiştir (Randell vd., 2011). Literatürde konuyla alakalı en kapsamlı araştırmayı Nagata vd. (2021) 37 erkek rugby sporcunu anlık geri bildirim (n = 9), görsel geri bildirim (n = 10), ortalama geri bildirim (n = 10) ve geri bildirim almayan (n = 7) şeklinde gruplara ayırarak gerçekleştirmiştir. Katılımcılar 4 haftalık araştırma süresince 3 set, 5 tekrar ağırlıklı sıçrama skuat gerçekleştirmiştir. Araştırma sonucunda en fazla gelişimi anlık geri bildirim alan grup gösterdiği tespit edilmiştir (Nagata, Doma vd., 2020). Alın yazını incelendiğinde hareket hızının veya performans verilerinin gerçek zamanlı olarak takip edilip, AGB yöntemi kapsamında sporculara farklı tekniklerle (SB ve PB gibi) ve yöntemlerle (sözel bildirim, video izletilmesi gibi) geri bildirilmesi performans artışını arttırdığına dönük kanıtlar görülmektedir. Fakat geri bildirim hangi sıklıkla uygulanması, hangi yöntem ve tekniklerin daha etkili olduğu konusunda henüz bir fikir birliği oluşmadığı görülmektedir.

Yüzde temelli direnç antrenman (YTDA) yönteminin metodu belirli bir yükte yapılan kaldırıışların tükenene kadar yapılmasına dayandırılmaktadır (Bird vd., 2005a). Hatta performans optimal performans gelişiminin belirli bir yükte tükenene kadar kaldırış yapılmasıyla mümkün olduğu ileri sürülmektedir (Davies vd., 2016). YTDA yöntemi kapsamında oluşturulan direnç antrenman programlarının, sporcuların bireysel özellikleri yeterince göz önünde bulundurulmadan oluşturulduğu ileri sürülmektedir ( Bird vd., 2005a). YTDA kapsamında antrenmanlar önceden belirlenmiş 1TM değerinin yüzdelik dilimlerinde önceden belirlenmiş tekrar sayılarıyla (örneğin 1TM değeri 100 kg olan bir sporu için %75 yoğunlukla direnç antrenmanı planlandığında antrenman 75 kg ağırlık ile 10 tekrar, %70 yoğunlukla planlandığında 70 kg ağırlık ile 12 tekrar olarak oluşturulur) sabit bir şekilde planlanmaktadır (Davies vd., 2016). Fakat sporcuların bireysel özellikleri ve antrenman durumlarına bağlı olarak 1TM'in belirli bir yükünde (örneğin %70 yoğunlukta yapılması beklenen 12 tekrar) yapılması beklenen tekrar sayısında farklılıklar

gözlemlenebildiği görülmektedir (Shimano vd., 2006). Bu durumda yoğunluk ve yapılan tekrar sayısı aynı olsa da gösterilen çabanın farklı (örneğin : %70 yoğunlukta maksimal tekrar sayısı 20 olan A sporcusuyla, %70 yoğunlukta maksimal tekrar sayısı 12 olan B sporcusunun yaptığı 12 tekrarlı bir direnç egzersizi) olmasına neden olabilmektedir (Gorostiaga vd., 2012). Bu doğrultuda yakın zamanda yapılan araştırmalarda bir set sırasında yapılan farklı tekrar sayılarının o set için yapılabilen maksimal tekrar sayısına oranına göre incelendiğinde farklı metabolik, endokrin, sempatik, parasempatik ve nöromüsküler yanıtların ortaya çıktığını ve bu değişkenliklerin bireysel olarak da farklılık gösterebildiği tespit edilmiştir (González-Badillo vd., 2016; Pareja-Blanco vd., 2017) Ayrıca yine yakın zamanda yapılan bir araştırmada setlerin tükenene kadar yapılmasının optimal kuvvet kazanımı için en etkili yöntem olmayabileceği tespit edilmiştir (Davies vd., 2016). Alan yazını incelendiğinde bir direnç egzersizi için sporcuların bireysel özelliklerine bağlı olarak aynı yoğunlukta çalışmış olsalar bile farklı sayıda tekrar yapabildikleri görülmektedir. Bu yüzden bireysel özellikleri farklı iki sporcu için yoğunluk aynı olsa da önceden belirlenmiş tekrar sayılarıyla o set için gösterdiği efor aynı olmayacaktır. Bu durum sporcularda farklı metabolik ve nöromüsküler yanıtlar oluşturabileceği düşünülmektedir (González-Badillo vd., 2016).

Son zamanlarda yapılan araştırmalarda direnç antrenmanı sırasında gerçekleştirilen tekrar hızlarının takip edilmesinin nöromüsküler yorgunluğu takip etmekte, objektif, pratik ve non-invazif bir yöntem olduğunu göstermektedir (González-Badillo vd., 2017; Morán-Navarro vd., 2019) Bu araştırmalar neticesinde bir set sırasında yapılabilen maksimal tekrar sayısına oranla yapılan tekrar sayısı kavramsal olarak gösterilen çaba olarak tanımlanmış ve hız kayıplarıyla yapılabilen tekrar sayılarını arasındaki ilişkinin non-invazif nöromüsküler yorgunluğu takip etmek için geçerli ve güvenilir bir yöntem olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir (Rodiles-Guerrero vd., 2020).

HTA'ların diğer ön plana çıkan uygulamalarından bir tanesi, bir set sırasındaki ilk tekrarın hızının belirlenmesiyle relatif yükün doğru bir şekilde tahmin edilmesi (Martínez-Cava vd., 2019) ve set sırasındaki hız kaybının takip edilmesiyle nöromüsküler yorgunluğun belirlenmesi olarak ön plana çıkmaktadır (Sánchez-Medina vd., 2014). Navarro vd. (2019) 30 kişilik sporcu grubunun 1TM değerlerini belirledikten sonra katılımcıları kuvvet seviyelerine göre rekreasyonel, antrenmanlı ve elit seviye olarak 3 gruba ayırmıştır. Katılımcılara 2 farklı günde rastgele bir şekilde 1TM değerinin %65-75-85'iyle, 1'er set tükenene kadar bench-press, shoulder press, prone bench-pull ve tam skuat yaptırmıştır. Her

bir egzersiz kaldırılan ağırlığa bakılmaksızın yalnızca yoğunluk özelinde, tükenmeden önceki, son 2, 4, 6 ve 8. tekrarlardaki (örneğin A sporcu %65 yoğunlukta toplam 15 tekrar yapabiliyor, B sporcusu %65 yoğunlukta 20 tekrar yapabiliyor. A sporcusu için 13, 11, 9 ve 7. tekrarlarındaki hız değer hız değeri değerlendirilirken, B sporcusu için 18, 16, 14 ve 12. tekrarlardaki hız değeri değerlendiriliyor) hız kaybı ve yapılabilen maksimal tekrar sayısının yüzdesi karşılaştırıldığında, sporcuların antrenman durumu göz önünde bulundurulmaksızın güvenilir (varyasyon katsayısı[VK] 4.4-8.0%) sonuçlar tespit edilmiştir (Morán-Navarro vd., 2019). Yine yakın bir zamanda yapılan bir araştırmada (González-Badillo vd., 2017) bench-press egzersizinde 8 farklı yük (%5 artarak %50'den 85'e kadar) kaldırışı sırasında kaybedilen hız ile gerçekleştirilen tekrar sayılarının yüzdesi arasında güçlü bir ilişki ( $R^2 = 0.96-0.97$ , Standart hata[SH] = 4.69-5.75) tespit edilmiştir. Yine aynı araştırmada (González-Badillo vd., 2017) farklı yüklerde (%50-85) tükenene kadar yapılan tekrar sayıları anlamlı düzeyde birbirinden farklı olsa da belirli bir yükte yapılan egzersiz sırasında kaybedilen hızla, yapılan tekrar sayısının yapılabilen maksimal sayısına tekrar göre yüzdesi arasında (örneğin %30 hız kaybı, maksimal tekrar sayısının %50'sinin yapılması) özellikle %50-70 arasındaki yüklerde yüksek bir benzerlik tespit edilmiş ve bu iki değişken arasında yüksek bir güvenilirlik (VK = 2.1-6.6%) olduğu görülmüştür. Literatürdeki araştırmalar incelendiğinde HTA yöntemi YTA yöntemine göre sporcuların bireysel özelliklerini de göz önünde bulundurarak, sporcuların bir set sırasında gösterdiği çabayı daha objektif, geçerli (Rodríguez-Rosell vd., 2020) ve güvenilir (Morán-Navarro vd., 2019) olarak ölçebilen ve antrenman süreci daha metodolojik olarak yönetilebilen bir yöntem olarak görülmektedir.

### **2.1.6. Hız Temelli Direnç Antrenmanlarda Hız Kaybı ve Performans İlişkisi**

En kısa sürede en yüksek oranda kuvvet üretimi birçok spor branşında fiziksel performansın en belirleyici temel becerisi olarak kabul edilmekte ve kavramsal olarak kuvvet üretim hızı olarak tanımlanmaktadır (Haff ve Nimphius, 2012)). Yüksek kas kasılma hızı ve yüksek kuvvet üretme becerisinin sonucu (kuvvet \* hız = güç) olan yüksek güç üretimi sporcuların sıçrama, sprint ve yön değiştirme gibi performans parametrelerini etkili bir şekilde ortaya koyabilmesiyle yakından ilişkili olduğu bilinmektedir (Cronin ve Hansen, 2005; Swinton vd., 2014) Atletik performans ve kuvvetin gelişimi için etkili bir antrenman dizayn etmenin, sporcuların kuvvet seviyesine (Rodríguez-Rosell vd., 2017), antrenman geçmişine (Buckner vd., 2017) ve genetik (Puthuchearly vd., 2011) özelliklerine uygun antrenman programı oluşturmakla mümkün olduğu düşünülmektedir (William J. Kraemer ve

Ratamess, 2004). Bu doğrultuda bilim adamları uzun yıllardır optimal güç adaptasyonu için direnç antrenman dozunun (yüklenme) ne kadar olması gerektiğini araştırmaktadır (Suchomel vd., 2018). En uygun antrenman uyararı yükleme büyüklüğü (bir set veya bir antrenman sırasında kaldırılan ağırlığın miktarı), set ve tekrar sayısı, egzersiz türü ve sırası, dinlenme süresi ve hareket hızı gibi direnç egzersizi uyararını yapılandıran çeşitli değişkenlere bağlıdır (Spiering vd., 2008). Direnç antrenmanlarında egzersiz yoğunluğu klasik olarak 1TM'in yüzdelerle dilimleriyle yapılan kaldırımlar olarak tanımlanırken, egzersiz kapsamı bir egzersiz sırasında yapılan set ve setler arasındaki tekrar sayıları olarak tarif edilmektedir (Bird vd., 2005a). Egzersizler sırasında bir set daha önceden belirlenmiş 1TM değerinin belirli yüzdelerle dilimlerine denk gelen ağırlıklarla tükenene kadar yapılan tekrar sayılarından oluşmaktadır (Shimano vd., 2006). Fakat alt (González-Badillo ve Sánchez-Medina, 2010; Shimano vd., 2006) ve üst (Richens ve Cleather, 2014; Terzis vd., 2008) ekstremiteye dönük 50% ile 90% yoğunlukta, tükenene kadar yapılan direnç antrenmanı çalışmalarında, maksimal tekrar sayılarında bireysel farklılıkların sebep olduğu yüksek değişkenlikler (VK 20% ile 50% arasında) tespit edilmiştir. Bu araştırmaların sonuçları değerlendirildiğinde eğer belirli bir yükte (örneğin %75 yoğunlukta) önceden belirlenmiş hedef tekrar (10 tekrar) sayısı tüm sporculara standart bir şekilde uygulanırsa, sporcuların harcadığı çaba, yorgunluk durumu ve yapılmayan tekrar sayısı (bir sette yapabildiği maksimal tekrar sayısı) sporcuların bireysel özelliklerine göre farklılık göstereceği öngörülmektedir (Morán-Navarro vd., 2019).

Klasik direnç antrenman yönteminde kuvvet ve hipertrofi gelişimi için tüm direnç antrenmanların 1TM değerinin yüzdelerle dilimlerinin tükenene kadar yapılması gerektiği savunulmaktaydı (Ahtiainen vd., 2003; Rooney vd., 1994). Bu sebeple direnç antrenman programları 1TM'in belirli yüzdelerle dilimleriyle yapılabilen maksimal tekrar sayılarıyla planlanmaktaydı (Kraemer ve Ratamess, 2004). Tipik vücut geliştirme antrenmanlarında olduğu gibi setlerin tükenmeye yakın veya tükenene kadar yapılmasıyla, motor ünitelerin aktivasyonunda ve büyümeyi teşvik eden hormonların salgılanmasında artış sağlanarak daha büyük güç adaptasyonlarına neden olabileceği varsayılmıştır (Schoenfeld, 2010; Schott, McCully ve Rutherford, 1995). Bu varsayım kasılma sırasında kuvvet ihtiyacının büyüklüğüne göre motor ünitelerin küçükten büyüğe doğru sırayla ateşlenmesi kuralını öne süren Henneman'ın büyüklük kuramına dayandırılmaktadır (Henneman, vd., 1965). Bu kural teorik olarak orta yoğunlukta bir direnç egzersizin başlangıç aşamasında düşük uyarılma eşliğine sahip tip I kas fibril tiplerinin ateşlendiği, egzersizin devamında tip I kas fibril tipleri

yorularak uyarım eşiği yüksek tip II kas fibril tipleri ateşlendiğini öne sürmektedir (Sale, 1987). Bu nedenle, direnç egzersiz setlerini tükenene kadar (yani, belirli bir sette mümkün olan maksimum tekrar sayısına) gerçekleştirmenin, tüm olası motor üniteleri çalıştırmak için gerekli olduğu ve optimal kuvvet ve hipertrofi gelişimi ancak ateşlenen tüm motor ünitelerle mümkün olduğu düşünülmekteydi (Grgic vd., 2022). Fakat yapılan araştırmalarda tükenene kadar yapılan direnç egzersizleri sonrasında hızlı kasılma sırasında yüksek kuvvet üretebilen tip II kas fibril tiplerinin ve miyozin ağır zincir II izoformlarının önemli ölçüde yüzdesel olarak azaldığı tespit edilmiştir (Andersen vd., 2005; Terzis vd., 2008) Bu doğrultuda Pareja vd. (2016) 22 erkek katılımcıyla yaptığı araştırmada, sporcuları iki gruba ayırarak bir gruba %20 hız kaybıyla (HK20), diğer gruba %40 hız kaybıyla (HK40) 8 hafta boyunca yarım squat egzersizi yaptırarak, hipertrofi, kas fibril adaptasyonu, maksimal kuvvet, dikey sıçrama ve 20 metre sprint performanslarına etkisini incelemiştir. Araştırmanın sonuçları incelendiğinde, HK20 grubundaki denekler, HK40 grubundakilerden (sırasıyla  $0,69 \pm 0,02$ 'ye karşı  $0,58 \pm 0,03$  m/s;  $P < 0,001$ ) önemli ölçüde daha hızlı bir ortalama hızda kaldırış yaptığı görülmektedir. Ayrıca HK40 grubunun, HK20 grubundan ( $310,5 \pm$ ) daha fazla tekrar ( $P < 0,001$ ) yaptığı görülmektedir ( $185,9 \pm 22,2$ ). Daha fazla kaldırış yapan HK40 grubu HK20 grubuna göre vastus lateralis ve intermediusun kas kütlelerinin toplamında daha fazla artış gözlemlenirken, HK40 grubunun miyozin ağır zincir II izoformlarında anlamlı azalma tespit edilmiştir. Yine aynı araştırmada HK40 grubu ile HK20 grubu arasında maksimal kuvvet ve 20 metre sprint kazanımında anlamlı bir değişim gözlemlenmezken, HK20 grubunun dikey sıçrama performansının anlamlı ölçüde daha fazla gelişim gösterdiği tespit edilmiştir (Pareja-Blanco vd., 2017). Sonuç olarak literatürdeki araştırmaların sonuçları kronolojik bir şekilde yakından incelendiğinde (Carroll vd., 2019; Drinkwater vd., 2005; Fisher, vd., 2016; Izquierdo vd., 2006; Karsten, Fu, Larumbe-Zabala vd., 2021; Lacerda vd., 2020; Sampson ve Groeller, 2016) bir setin tükenene kadar yapılması sıçrama, çabukluk ve sprint gibi atletik performans parametrelerinin gelişimi açısından özellikle en kısa sürede en yüksek kuvvetin üretilmesi anlamında eskiden düşünüldüğü gibi (Busso, 2003) en uygun yöntem olmayabileceği yakın zamanda yapılan iki meta-analiz çalışmasıyla da desteklenmiştir (Grgic vd., 2022; Pareja-Blanco, vd., 2020)

YTDA yöntemi uygulamalarının yukarıda bahsedilen problemlerine, özellikle son yıllarda spor teknolojilerinin gelişmesiyle beraber kullanımı yaygınlaşan cihazlarla, direnç antrenmanları sırasında yapılan kaldırışların hızı gerçek zamanlı olarak takip edilebilerek anlık müdahale ve geri bildirim verilebilmesiyle yenilikçi bakış açılarıyla çözüm üretilmeye

çalışılmaktadır (Rodríguez-Rosell vd., 2020). Set sırasında kaybedilen hızın miktarı hız kaybı eşiği olarak tanımlanmaktadır. Örneğin, hız kaybı eşiği önceden %10 olarak belirlenmiş bir set için sporcu 0.70 m/s OH'la egzersize başlarsa sporcunun OH'ı 0.63 m/s'e düştüğünde set bitirilir (Weakley vd., 2020). Set sırasında ortaya çıkan ortama hız değerinin gerçek zamanlı takibiyle sporcuların yorgunluk durumu (nöromüsküler, metabolik ve algılanan zorluk derecesi) ve set sırasında göstermiş olduğu çaba pratik ve objektif bir şekilde değerlendirilebilmektedir (Weakley vd., 2020a). Bu doğrultuda yakın zamanda yapılan bir araştırmada direnç antrenmanı sırasında hız kaybı eşiklerinin (10%, 20% ve 30%) kontrol edilmesiyle antrenman sonrasında yorgunluğun algılanan zorluk derecesi (içsel yük), metabolik (laktat) ve nöromüsküler (ani sıçrama) boyutlarında kontrol edilebilmesini mümkün hale getirmektedir (Weakley vd., 2020). Weakley vd. (2020) 12 elit erkek sporcuyla yaptığı araştırmada sporcuları 3 gruba ayırarak 0.70 m/s hızla yapılan 5 set skuat egzersizinin oluşturduğu nöromüsküler, metabolik ve algılanan zorluk derecesi sonuçları araştırılmıştır. Araştırma sonucunda nöromüsküler, metabolik ve algılanan zorluk derecesi hız kaybı eşiğinin artışına paralel olarak istatistiksel olarak anlamlı ölçüde arttığı tespit edilmiştir. (Weakley vd., 2020a) YTDA yönteminin aksine hız temelli direnç antrenman yönteminde yapılan araştırmada da ortaya koyuldu gibi sporcular aynı yüke veya yoğunluğa maruz kalsalar bile hız kaybı eşiklerinin kontrolüyle metabolik ve nöromüskler adaptasyonlarının her bir set hatta her bir tekrar özelinde kontrol edilebileceği görülmektedir (Weakley vd., 2020b). HTA yönteminde set sırasında planlanan tekrar sayılarının YTA yönteminde olduğu gibi sabit bir planlama (4 set, 10 tekrar gibi) üzerinden değil de sporcuların yalnızca planlanan kinetik (hız, kuvvet, güç) çıktılarını ortaya koyabildiği esnek tekrar sayıları üzerinden diğer bir ifadeyle hız kaybı eşiği belirlenerek, planlanabilmektedir (Hernández-Belmonte ve Pallarés, 2022). YTA yönteminde 70% yoğunlukta 10 tekrar yapabilen A ve 20 tekrar yapabilen B sporcuları için 70% yoğunlukta, 3 set ve 10 tekrar şeklinde sabit olarak planlanan bir antrenman sırasında A sporcu o set için maksimal eforla çalışırken B sporcusu ise 50% eforla çalışmış olacaktır (Richens ve Cleather, 2014). Ayrıca sporcuların set sırasında kinematik verileri, yorgunluk durumları ve adaptasyon süreçleri farklılaştıracağı düşünülmektedir (Weakley vd., 2020). Bu farklılığın sporcuların antrenman geçmişi, cinsiyet, antrenman durumu ve akut-kronik yorgunluk durumuyla ilişkili olduğu düşünülmektedir (Pareja-Blanco vd., 2017). Sonuç olarak HTDA yöntemiyle planlanan direnç antrenmanlarının sporcuların günlük hazır bulunma hali, yorgunluk ve bireysel farklılıklarını göz önünde bulundurularak planlanmasına olanak tanımaktadır (Murray, 2018). Ayrıca yapılan tekrarlarla birlikte azalan

OH verisinin takibi sporcuların maruz kaldığı yükü daha standart, ölçülebilir ve anlık müdahale edilebilir olmasını da sağlamaktadır (Weakley vd., 2020a).

### **2.1.7. Hız Temelli Direnç Antrenmanlarıyla Programlama**

Bir direnç antrenman periyodunun başlangıcında yüzde metot yöntemiyle belirlenmiş yük, kuvvette zaman içerisindeki yorgunluk veya adaptasyon gibi nedenlere bağlı olarak meydana gelebilecek değişimden kaynaklı olarak hedeflenen stresi oluşturmayabilir (Vernon vd., 2020). Geliştirilmesi hedeflenen özellik için planlanan spesifik yükün oluşturulamaması antrenmanın sporcu için ağır veya hafif olmasına neden olabilmektedir (Weakley vd., 2021). Ancak yapılan birçok araştırmada sporcuların belirli bir zaman periyodu içerisinde 1TM maksimal değeri değişse bile 1TM değerinin yüzdelik dilimlerine denk gelen hız değeri sabit kaldığı gözlemlenmektedir (Balsalobre-Fernández vd., 2017; Banyard vd., 2018; García-Ramos vd., 2018) Hız temelli direnç antrenman yönteminde her bir sporcunun bireysel olarak her bir tekrar sırasındaki hızının takip edilebilmesi, ısınma sırasında veya setin başlangıcındaki ilk tekrarlar sırasında ortaya çıkan hız değeri sporcunun o günkü performans durumunu ve yüke verdiği cevabı yansıtarak, antrenmana anlık müdahale imkanı vermektedir (Dorrell vd., 2020; Smith vd., 2020)

Hız temelli direnç antrenman kapsamında yük belirlemek için birçok yöntem (Tablo 2.5) olmasına rağmen yaygın olarak kullanılan iki yöntem ön plana çıkmaktadır (Weakley vd., 2020b). Birinci yöntemde yük antrenman öncesinde hedef hız (örneğin  $0.80 \pm 0.05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) eşiğine erişinceye kadar azaltılarak veya arttırılarak belirlenir (Weakley vd., 2020b). İkinci yöntemde ise yük daha önceden oluşturulan yük-hız profili (örneğin yük-hız profiline göre %70 yoğunluğun denk geldiği hız hedef antrenman yükü olur) yöntemiyle hesaplanan hedef hız ile yapılır (Pestaña-Melero vd., 2018). Her iki yöntemde yapılan antrenmanlar sırasında yükün sporcunun o günkü performans ve hazır bulunuş durumuna göre objektif veriler (ortalama hız) üzerinden planlanması için güvenilir ve geçerli yöntemler olarak ön plana çıkmaktadır (Dorrell vd., 2020). Ayrıca bu iki yöntem kapsamında verilerin her bir tekrar özelinde düzenli olarak takip edilmesi, sporcunun antrenman sırasındaki performans değişimine bağlı olarak antrenman içi yük değişimlerinin yapılabilmesini sağlamaktadır (Jukic vd., 2022). Yüzde temelli direnç antrenman yönteminde antrenmanlar sabit bir şekilde daha önceden belirlenen tekrar ve set sayıları üzerinden planlanırken, hız temelli direnç antrenman yönteminde set ve tekrar sayıları sporcunun anlık performans durumuna göre esnek olarak planlanabilmektedir (Ortega vd., 2020). Örneğin HTDA yönteminde sabit 3 set

olarak planlanan bir antrenmanın tekrar sayısı %20 hız kaybı eşiği (a sporcusu 8 tekrar yaparken, b sporcusu 5 tekrar yapabilir) olarak belirlenerek, sporcunun daha önceden sabit bir tekrar sayısıyla değil de bireysel özelliklerine ve anlık performans durumuna göre tekrar yapabilir (Dorrell vd., 2020). Hız temelli direnç antrenmanı yönteminde sabit tekrar sayısı, esnek set sayısı kullanılan diğer bir antrenman planlama örneği olarak verilebilir. Bu örnekte antrenman setler sırasında %10 hız kaybıyla (0.70 m/s hızla kaldırışlara başlayan bir sporcunun hızı tekrar sayısına bakılmaksızın 0.63 m/s'nin altına düştüğünde set bitirilir), sabit 25 tekrar olarak planlanır. Yani set sporcunun başlangıç hızı %10 azaldığında set bitirilir. Belirli bir hız kaybı eşiğinde yapılan tekrar sayısı kayıt edilerek, hedef tekrar sayısına ulaşıncaya kadar belirli bir toparlanma süresi sonrasında bir sonraki sete geçilir (Banyard vd., 2019). Esnek set veya tekrar sayısı yöntemiyle planlanan antrenmanlar sayesinde, sporcuları kaldırışları hedeflenen hızlarda ve yüksek güç çıktılılarıyla yapabilmektedir (Weakley vd., 2020).

**Tablo 2.5.** Hız temelli direnç antrenmanları planlama yöntemleri

Metot	Yük	Set	Tekrar	Yük
Ortalama set hızı (Banyard vd., 2019)	Yük sporcuların YHP'i kullanılarak planlanmıştır. Set bittiğinde OH önceden belirlenen OH'nin 0.06 m·s <sup>-1</sup> olması gerekmektedir. Eğer set başlangıcında istenilen Başlangıçta OH'a ulaşamazsa ± 0.06 m·s <sup>-1</sup> ağırlık 4-5% oranında değiştirilmiştir.	Sabit	Sabit	Esnek
Ortalama set hızı + Hız kaybı eşiği (Dorrell vd., 2020; Weakley vd., 2020b)	Yük sporcuların YHP'i kullanılarak planlanmıştır. Set sayısı önceden belirlenmiştir. Setin başlangıcı ve bitişi planlanan hız aralığında yapılmalıdır (ör. 0.64 – 0.80 m·s <sup>-1</sup> ). Set başlangıcında istenilen hızı ulaşamazsa ağırlık değiştirilmiştir. (+-).	Sabit	Esnek	Esnek
Hedef hız + Hız kaybı eşiği (Rodríguez-Rosell vd., 2020; Weakley vd., 2020a)	Set önce belirlenen bir hız aralığında (ör. 0.70-75 m·s <sup>-1</sup> ) gerçekleştirilmiştir. Eğer yük yapılan ilk iki tekrar sırasında ±0.06 m·s <sup>-1</sup> 'den fazla veya az ise 30 saniye toparlanma süresi verilir ve yük 4-5% oranında değiştirilmiştir (+-).	Sabit	Esnek	Esnek
Sabit set + Hız kaybı eşiği (Banyard vd., 2018)	Yük sporcuların YHP'i kullanılarak planlanmıştır. Set belirlenen hız kaybı eşiği (ör. 20% doğrultusunda) bitirilmiştir.	Sabit	Esnek	Sabit
Sabit toplam tekrar + Esnek set + Hız kaybı eşiği (Banyard vd., 2019)	Antrenman öncesinde toplam tekrar sayısı (25 tekrar) belirlenmiştir. Yük sporcuların YHP'i kullanılarak planlanmıştır. Belirlenen hız kaybı eşiği aralığında (örneğin 0.56-70 m·s <sup>-1</sup> ) sporcunun yapabildiği maksimal tekrar sayısı yaptırılmıştır.	Esnek	Sabit	Sabit

## 2.2. Maksimal Kuvvet ve Kuvvetin Fonksiyonlarının Mekanik Tanımı

Sporcular bir cismin veya kendilerinin hızını (akselerasyon veya deselerasyon) veya yönünü değiştirmek istediğinde Newton'un dinamik yasalarına göre bir kuvvet üretmek zorundadır (Suchomel vd., 2016). Günümüzde artan rekabet ortamı, sporcuları sıçrama, atlama, atma, sprint ve yön değiştirme gibi motor becerileri belirli bir hareket aralığında

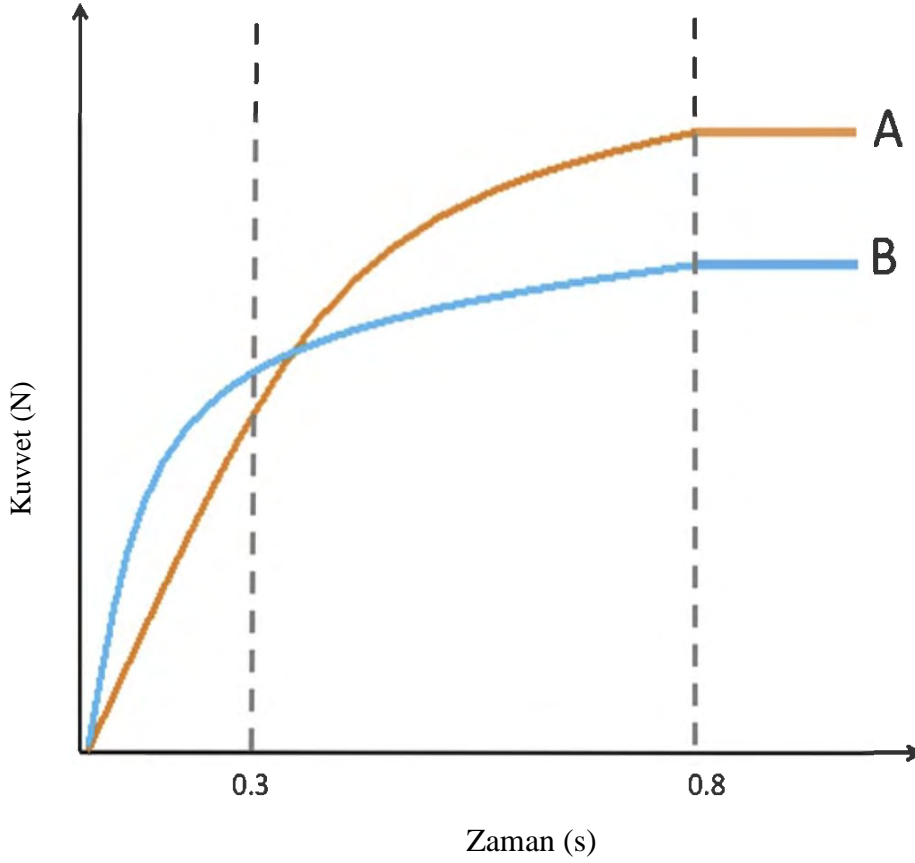
mümkün olan en kısa sürede ve bunu yaparken en yüksek düzeyde kuvvet çıktısını üretmeye zorlamaktadır (Turner vd., 2020). Bu doğrultuda araştırmacılar sıçrama, sprint ve yön değiştirme gibi ani bir şekilde gerçekleşen balistik hareketlerin gerçekleştiren iskelet ve kas sisteminin mekanik fonksiyonlarının limitlerini anlamak için uzun bir süredir araştırmalar yapmaktadır (Hopkins vd., 2001). Balistik hareket, bir kütleli mümkün olan en kısa sürede, mümkün olduğunca fazla ivmelendirme olarak tanımlanabilir. Diğer bir ifadeyle bir hareket (örneğin ani sıçrama veya cirit atma) esnasında ortaya koyulan itme ( $N \cdot s$ ) kuvvetinin en kısa sürede, en yüksek hızda gerçekleştirilmesi olarak da tanımlanabilir (Knudson, 2009). Aslında balistik hareket kavramsal olarak kullanılan bir ifadedir. Mekanik olarak balistik hareket kavramı belirli bir süre boyunca bir cisme (top, rakip) veya zemine etki eden kuvvetin bütün miktarını ifade eden bir terimdir (Tablo 2.6). Genellikle J harfiyle gösterilen itme [ $J = F$  (kuvvet)  $\cdot \Delta t$ . (zaman)] olarak hesaplanmaktadır (Haff ve Nimphius, 2012). Newton'un ikinci hareket yasasına göre, bir itme (veya kalkış hızı, vKH) sonunda vücut kütle merkezinin (VKM) ulaştığı hız, doğrudan hareket yönünde geliştirilen mekanik itmeye bağlıdır (Markovic ve Jaric, 2007). Sporcuların fiziksel performansını tanımlamak için yaygın olarak kullanılan bir diğer terim maksimal kuvvet becerisidir. Maksimal kuvvet sporcunun belirli bir ağırlığa, yüke veya dirence karşı gösterebildiği en yüksek mukavemet becerisi olarak ifade edilebilir (Haff ve Nimphius, 2012). Fakat maksimal kuvvet becerisi birim zamanda maksimal eforla üretilen kuvvet üretme hızından ayrılmaktadır (Maffiuletti vd., 2016). Kuvvet üretme hızı sporcunun bir hareket sırasında maksimal kuvvet üretme becerisini net olarak yansıtmayabilir. İzometrik leg press (Herzog, 2000) (~0.6-0.8 s) ve izometrik mid-tight pull testlerindeki (Haff vd., 1997) (~2.5 s) kuvvet-zaman eğrisi incelendiğinde maksimal kuvvete ulaşma sürelerinin, atletik performans sırasında fonksiyonel bir hareketin oluşması için gerekli ortalama 0.3 milisaniyeden çok daha fazla olduğu bilinmektedir (Aagaard, 2003) (Stone, Pierce, Sands ve Stone, 2006). A ve B sporcusuna (Şekil 2.2) bakıldığında sporculardan hangisinin kendi branşı (şekil 2.3) için daha avantajlı olduğu sorusu akla gelmektedir. Zaman kısıtlaması olmaksızın maksimal kuvvet üretme boyutunda (güreş veya powerlifter sporcusu) bakıldığında A sporcusunun B sporcusuna göre fazla kuvvet üretebildiği görülmektedir. Ancak başarı için (Tablo 2.7) uzun atlama veya cirit atma gibi birim zamanda (kısıtlı bir zaman diliminde) maksimal kuvvet üretme becerisi gerektiren branşlar için B sporcusunun daha avantajlı olacağı görülmektedir (Aagaard vd., 2002). Diğer bir taraftan bir ani sıçrama sırasında ortaya çıkan kuvvet, itme ve güç verileri sporcunun vücut ağırlığı veya dışsal yüke bağlı olduğu için maksimal kuvvet becerisini yansıtmayabilir. Yani

bir sporcunun sıçrama sırasında kuvvet, güç, hız ve itme üretiminin az veya çok olması alt ekstremite kuvveti veya maksimal kuvvet becerisinden daha çok yükün ne kadar olduğuyula ilişkili olduğu düşünülmektedir (Morin vd., 2019). Thomas vd. 2007 kadın ve erkek sporcularla yaptığı araştırmada, en yüksek güç çıktısını tespit etmek amacıyla katılımcılara 30-40-50-60 ve 70% yoğunlukta (1TM'in % kaçında) bench-press, skuat sıçrama ve hang-pull egzersizleri yaptırmışlardır. Araştırma sonucunda skuat sıçrama (%30-40 erkekler, %30-50 kadınlar için), bench-press fırlatma (erkekler %30, kadın 30-%50) kadın ve erkekler arasında zirve güç üretmede anlamlı fark olduğu tespit edilirken, hang-pull egzersizinde cinsiyet arasında bir fark (%30-60 kadın ve erkekler için) tespit edilememiştir (Thomas vd., 2007)

**Tablo 2.6.** Mekanik terimlerin tanımı

Terim	Pratik İfadesi	Mekanik Tanımı	Matematik Formülü
Güç	Sporcuların genel nöromüsküler ve performans karakteristiğini ifade etmektedir	Birim zamanda yapılan iş	Güç (P) = $\dot{W}$ / zaman $\dot{W}$ = Kuvvet · Mesafe veya Güç = Kuvvet · Hız
Patlayıcılık	Antrenörler tarafından patlayıcı terimiyle ifade edilen beceri, ani hareketler sırasındaki itme değerini yansıtmaktadır.	Bir hareket sırasında zemine, rakibe veya nesneye temas edilen süre çerçevesinde üretilen kuvvet miktarı olarak tanımlanır.	İtme = Kuvvet · Zaman Veya $J = F \cdot t$ (Newton'un ikinci yasası)
Kuvvet Üretim Hızı (KÜH)	Patlayıcı kuvvet veya ani ve hızlı hareket etme becerisi	Belirli bir zaman diliminde kuvvet değişimi veya üretimi olarak tanımlanmaktadır.	$KÜH = \Delta F / \Delta T$ $\Delta$ = Değişim
Kuvvet	Kuvvetli	Bir kütleli ivmelendirme becerisi (Newton'nun birinci yasası) olarak tanımlanmaktadır.	Kuvvet = Kütle · İvmelenme Veya $F = m \cdot a$
İtme-Momentum Teorisi	Momentum pratik olarak fazla kullanılan bir ifade değildir. Fakat bir sporcunun hareket sırasındaki süratinin değişimi olarak ifade edilebilmektedir.	Bir hareket sırasında kütle sabit kaldığı için itme (itme = momentum) hızdaki değişimle doğru orantılı bir şekilde değişir.	$p = F \cdot t = m \cdot \Delta v$ $p$ = Momentum

P = Güç, W =  $\dot{W}$ , t = Zaman, F = Kuvvet, S = Mesafe, v = hız, J = itme,  $\Delta$  = değişim, m = kütle, a = akselerasyon, p = momentum



**Şekil 2.2.** Kuvvet ve zaman çizelgesi (Turner vd., 2020)

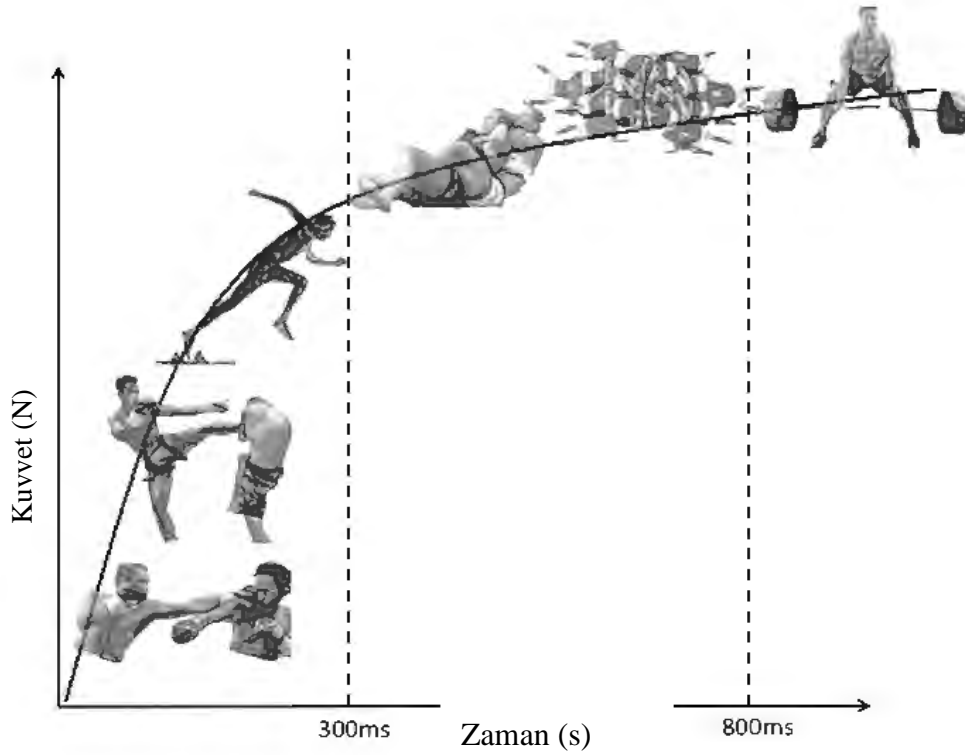
Spor bilimlerinde alt ve üst ekstremitenin maksimal kuvvet becerisini ölçmek için branş spesifik ve branş spesifik olmayan birçok test vardır. Örneğin kalça, diz ve bilek ekstansör kasların birlikte çalıştığı skuat testiyle, oturarak yapılan bisiklet, bacak itiş ve izokinetik testlerinde farklı sonuçlar ortaya çıkabilir (Padulo vd., 2017). Bu sebeple seçilecek test bataryasının ihtiyaca, özellikle hedeflenen kinetik ve kinematik parametrelere özgül olması tavsiye edilmektedir. Örneğin oturarak yapılan izokinetik testi, diz ekstansör ve fleksör kas gruplarının bir branşa özgül olmaksızın nöromüsküler sisteminin mekanik kapasitesini ölçerken, bir bisikletçi için bisiklet üzerinde uygulanan kuvvet testi nöromüsküler sistemin branşa özgül fonksiyonları hakkında daha fazla bilgi verebilir (Frost, Cronin ve Newton, 2010). Diğer bir taraftan branş spesifik olmaksızın nöromüsküler sistemin maksimal kuvvet çıktısını değerlendirmek isteyen birisi alt ve üst ekstremita için oturarak itiş, skuat, yatarak itiş ve çekiş testlerini uygulayabilir. Buradaki amaç skuat sırasında bir kişinin maksimal kaldırabildiği ağırlığı tespit etmekten çok bir sporcunun diz, kalça ve bilek eklemlerindeki fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerinde ne kadar kuvvet üretme kapasitesini branşa özgül olmaksızın tespit edilebilmektedir (Rivière

vd., 2017). Fakat kuvvet, ekstremiteilerin maksimal fonksiyonu boyutunda değil de bir branşın kinetik özelliklerine göre değerlendirilebilmektedir.

**Tablo 2.7.** *Birim zamanda kuvvet üretim hızı (Turner vd., 2020)*

Branş ve Hareket	Zaman (s)
Hareketin Başlangıç Aşaması	
Sprint	Erkek: 0.101 Kadın: 0.108
Uzun Atlama	Erkek: 0.105-0.125
Yüksek Atlama	Erkek: 0.150-0.230 Kadın: 0.140-180
Platform Dalışı	Erkek: 1.330 (durarak sıçrama) Erkek: 0.150 (koşarak dalış)
Kayakla Atlama	Erkek: 0.250-0.300
Gülle Atışı	Erkek: 0.220-0.270

Örneğin bir bisiklet sporcusu için uygulanan pedal çevirme testinde tüm hareket açıklığı boyunca uygulanan kuvvet değerliken (Dorel vd., 2010), bir sprint sporcusu için ivmelenme aşamasında uyguladığı maksimal yatay kuvvet daha değerli olabilir (Jean-Benoît Morin, Edouard ve Samozino, 2011). Bu testlerden elde edilen kuvvet verileri sporcuların branşlarındaki performansları hakkında bilgi verme olasılığı daha yüksek olarak düşünülmekteyken, branş spesifik olmayan testlerdeki kuvvet üretme becerileriyle daha az ilişkili olduğu düşünülmektedir (Jean-Benoît Morin ve Samozino, 2016).

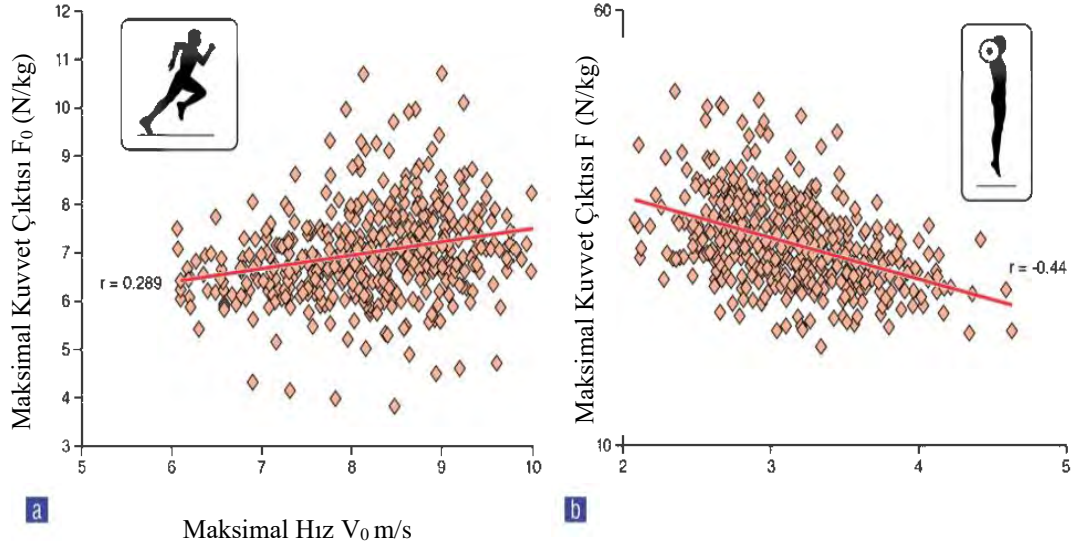


*Ms : milisaniye*

**Şekil 2.3.** Branşlara göre kuvvet üretme hızı (Turner vd., 2020)

Kuvvet uygulama kapasitesi, kolektif düşüncede, bir sporcunun üretebileceği (çok yüksek dirence karşı, çok düşük hız bağlamında) maksimum kuvvet çıktısı ile ilişkilendiriliyor olsa da aslında sporcuların belirli bir hareket hızında kuvvet uygulama kapasitesi kuvvet üretme fonksiyonunun derinlemesine anlaşılması boyutunda önemli olduğu düşünülmektedir (Jiménez-Reyes vd., 2017). Başka bir ifadeyle kuvvet üretme kapasitesinin derinlemesine anlaşılabilmesi, bir sporcunun farklı yükler altında veya müsabaka sırasında (100 metre sporcusunun yarış sırasında yere uygulayabildiği kuvvet) ne kadar hızla ve ne kadar kuvvet üretebildiğinin, yani bir hareket sırasında ortaya çıkan kuvvet-hız profilinin ( x ve y ekseninde) değerlendirilmesiyle mümkün olduğu düşünülmektedir (Morin ve Samozino, 2015). Sporcuların kas fibril tipi, anatomik özellikleri, antrenman geçmişi ve branşının gereklilikleri hareket sırasında üretebildiği kuvvet ve hız değerlerini etkileyebilmektedir (Jiménez-Reyes vd., 2017). Örneğin bir halter sporcusu 200 kg'ı oldukça yüksek bir kuvvet, düşük hız çıktılarıyla kaldırırken, bir gülle atıcısı gülleği düşük kuvvet, yüksek hız çıktılarıyla atabilmektedir. Bu bağlamla yapılan araştırmalarda tek eklemliler (Bobbert, 2012) ve dikey sıçrama, yatarak itiş ve sprint (Jaric, 2015) gibi çok eklemlilerde hız arttıkça kuvvet üretimi azaldığı ortaya konulmuştur (Padulo vd., 2017). Jimenez-Reyes vd. 2018 14 farklı branştan 553 (333 erkek,

220 kadın) katılımcıyla (rekreasyonel birey seviyesinden elit seviyeye kadar) gerçekleştirdiği araştırmada, sporcuların yatay ve dikey kuvvet-hız profillerinin (Şekil 2.4) mekanik çıktıları arasındaki ilişki incelenmiştir. Araştırma sonucunda düşük hızlarda maksimum kuvvet kabiliyetinin genel olarak ve her sporda zayıf bir şekilde ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca istisnai sporcular hem kuvvet hem de hızın çok yüksek seviyelerini gösterse de kuvvet-hız spektrumunun iki ucu yüksek ve sistematik olarak ilişkili olmadığı ve düşük hız bağlamında yüksek kuvvet üretmenin, mutlaka orta veya yüksek hızlarda yüksek kuvvet üretebileceği anlamına gelmeyeceği tespit edilmiştir. Araştırmada tespit edilen diğer bir ilgi çekici sonuç, sporcuların antrenman seviyesi ne kadar yüksek olursa hem dikey sıçrama hem de sprint performansları sırasında ortaya çıkan maksimum kuvvet ve hız çıktıları arasındaki genel korelasyon o kadar düşük olduğudur (Jiménez-Reyes vd., 2018). Yapılan farklı bir araştırmada 10 elit sprinterin 120 kg skuat sırasında direnç antrenmanlı bireylere kıyasla daha düşük kuvvet ürettiği tespit edilirken, sprint sırasında 10 m/s hızla koşu esnasında sprinterlerin zemine daha fazla kuvvet uyguladığı tespit edilmiştir (Haugen, Breitschädel ve Seiler, 2019). Sonuç olarak antrenörler ve spor bilimciler sporcuların maksimal kuvvet becerisini veya kuvvet üretme fonksiyonlarını kategorize ederken (değerlendirirken) maksimal kuvvet testlerinin (branş spesifik olmayan, 1 TM gibi klasik testler) sınırlılıklarını göz önünde bulundurulması tavsiye edilmektedir (Jiménez-Reyes vd., 2018). Sporcuların maksimal kuvvet üretme becerileri veya nöromüsküler sistemlerinin tüm fonksiyonları branşlarının kuvvet-hız spektrumuna uygun (önce branşın gerekliliklerine, sonra mümkünse tüm hız koşullarında maksimal kuvvet üretme becerisi) bir şekilde değerlendirilmesi ve takip etmesi gerekliliği ön plana çıkmaktadır (Haugen vd., 2019).



**Şekil 2.4.** Maksimal kuvvet ve hız kapasitesi arasındaki korelasyon (Jiménez-Reyes vd., 2018)

a : Anteroposterior yönde sprintin maksimum kuvvet ve hız çıktıları arasındaki korelasyon. b : dikey sıçrama maksimum kuvveti ve hız çıktıları arasındaki korelasyon. Her iki durumda çizim çok büyük bireyler arası farklı profilleri ve oldukça düşük korelasyon büyüklüklerini gösterir. Veriler, çeşitli spor dallarında (ör. basketbol, atletizm, futbol, rugby, halter, jimnastik) değişen seviyelerdeki (rekreasyonel, antrenmanlı, elit-altı ve elit) >553 sporcudan elde edilmiştir.

### 2.2.1. Kuvvet hız güç profili

Vücut kütlelerini (sıçrama, ivmelenme) veya bir nesneyi (şut çekmek, cirit atmak) mümkün olan en kısa sürede en yüksek ivmeyle hareket ettirme becerisi olarak tanımlanan balistik hareket, birçok spor branşı için anahtar beceri olarak ön plana çıkmaktadır (James vd., 2007). Balistik hareketler, hareketli bir kütle mümkün olduğu kadar hızlandırmayı, yani bir itme sırasında mümkün olan en yüksek hıza en kısa sürede ulaşmayı amaçlayan maksimum hareketler olarak da tanımlanabilir. Newton'un ikinci hareket yasasına göre, bir itme (veya kalkış hızı,  $v_{TO}$ ) sonunda vücut kütle merkezinin (VKM) ulaştığı hız, doğrudan hareket yönünde geliştirilen mekanik itmeye bağlıdır (Knudson, 2009). Fakat spor bilimleri alanında yapılan araştırmalarda itme becerisiyle nöromüsküler sistemin mekanik kapasitesi arasındaki ilişkinin hem araştırmacılar tarafından sıklıkla işlenmemesi hem de antrenörler tarafından sıklıkla kullanılmaması, atletik performansın değerlendirilmesi boyutunda hangi mekanik çıktının göz önünde bulundurulması sorusunu ön plana çıkarmaktadır. Bu noktada yapılan araştırmalarda alt ekstremitelerde itme sırasında yüksek bir kuvvet geliştirmenin ve buna karşılık vücut kütlelerini mümkün olduğunca hızlandırmanın (Markovic vd., 2004), genellikle hareket sırasında

aktif olan nöromusküler sistemin güç yeteneklerine bağlı olduğu tespit edilmiştir (Frost vd., 2010; James vd., 2007; McBride vd., 2010; Newton ve Kraemer, 1994)

Atletik performans becerileriyle kuvvet ve hızın çarpımından oluşan güç çıktısı arasında yakın bir ilişki olması özellikle geçtiğimiz son 10 yılda spor bilimcileri ve antrenörleri performansı geliştirmek için güç çıktısının kuvvet üretme kapasitesini mi yoksa hız üretme kapasitesini mi geliştirmeliyiz sorusunun cevabını aramaya itmiştir (Samozino vd., 2012). Yapılan araştırmalarda dikey sıçrama, itme ve sprint gibi birçok konsantrik ekstansiyon hareketi sırasında kuvvet ve hız arasında (F-V) ters doğrusal ilişki, güç ile hız arasında (P-V) parabolik bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (Rahmani vd., 2001; Samozino vd., 2008) Kuvvet ve hız arasındaki ilişki tek eklemli izole egzersizlerde (izokinetik bacak ekstansiyonu) hiperbolik bir ilişki gösterirken (Thorstensson vd., 1976), skuat ve bench-press gibi çok eklemli egzersizlerde sürekli olarak doğrusal ilişki gösterdiği gözlemlenmiştir (Jaric, 2015). Çok eklemli egzersizlerde F-V arasındaki ilişkiyi inceleyen diğer bir araştırmada maksimal teorik kuvvetin 90%'e, maksimal teorik hızın 80%'e kadar ters doğrusal bir şekilde hareket ettiği tespit edilmiştir (Rivière vd., 2017). Ters F-V ilişkisi, bir kütleye uygulanan dış kuvvet arttığında, bu kütlemin ivmesinin ve dolayısıyla hızının da arttığını belirten dinamiğin temel ilkeleriyle karıştırılmamalıdır. Çünkü yukarıda bahsedilen araştırmalarda ortaya koyulan ters doğrusal F-V ilişki farklı yükler (ör. sporcunun vücut ağırlığının 0-20-40-60-80%'iyle yapılan sıçramalar sonucunda ortaya çıkan kuvvet-hız parametrelerinden oluşturulur) altında yapılan egzersizler sonucunda ortaya çıkan kuvvet-hız parametrelerinden oluşturulmuştur (Jiménez-Reyes vd., 2017). Bir kütle (örneğin, atlet, top, raket) uygulanan kuvvet ile sonuçta ortaya çıkan hız arasındaki bu pozitif ilişki, genellikle kuvvet ve hız hakkında ilk sezgisel fikir olarak ön plana çıkmaktadır. Bu, daha önce bahsedilen, hareket hızı arttığında bir sporcunun maksimum kuvvet üretim kapasitesindeki bir azalmayı ifade eden ters F-V ilişkisine karşı değildir. Ayrıca, güç çıkışı kuvvet ve hızın bir ürünü olduğundan, bir sporcunun geliştirebileceği maksimum güç çıkışı da değişen hız ile değişir. Çok eklemli hareketler için bu ters çevrilmiş U şeklinde ikinci dereceden bir polinom fonksiyonu ile tanımlanır. Sporcuların dinamik kasılmalar sırasında kuvvet ve hız üretim becerileri hem bireysel F-V hem de P-V ilişkilerini, diğer bir ifadeyle sporcunun kuvvet-hız-güç (F-V-P) profilini yansıtmaktadır (Morin ve Samozino, 2016).

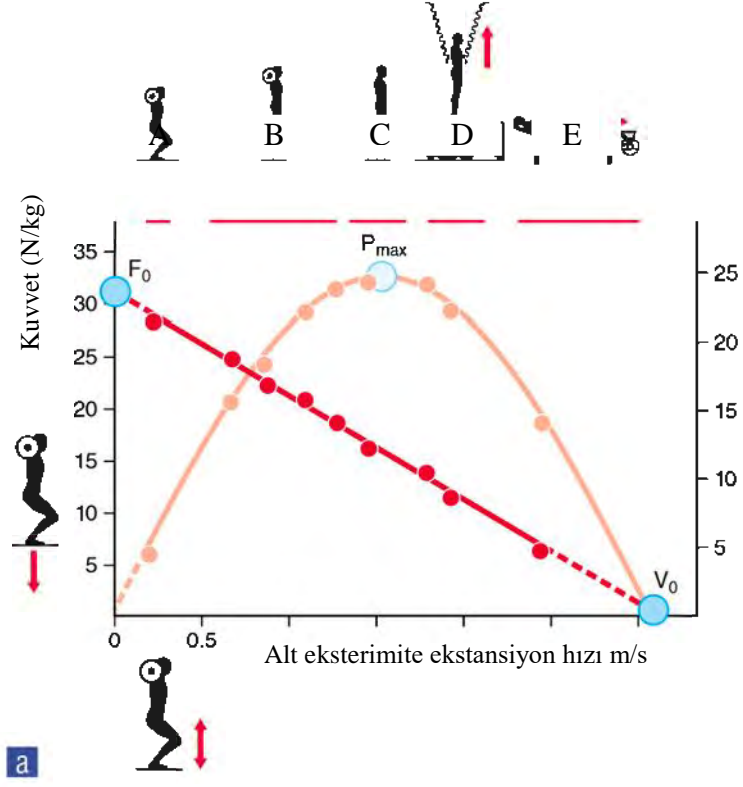
Kuvvet-hız profili (KHP) tüm kuvvet-hız spektrumunda sporcuların hem alt hem de üst eksterimite maksimal kuvvet becerisini farklı egzersiz örnekleriyle pratik bir şekilde ölçen geçerli (Jiménez-Reyes vd., 2017) ve güvenilir (Šarabon vd., 2020) bir teorik yaklaşım olarak ön plana çıkmaktadır. Kuvvet-hız profili (KHP) sporcuların farklı yükler altında (4-6 arasında farklı yük kullanılabilir, yükler arasında sıçrama yüksekliğinin minimum 10 santim değişmesi tavsiye edilir) skuat sıçrama, bench press fırlatma veya benzer çok eklemlili egzersizlerin maksimal eforla yapılışı sırasında (Şekil 2.5) ortaya çıkan kuvvet ve hız değerlerinin doğrusal regresyon eğrisi çizdirilir. Ardından regresyon eğrisinin en uç kısımlarına denk gelen maksimal teorik kuvvet ( $F_0$ , sıfır hızda kuvvet) ve maksimal teorik hız ( $V_0$ , sıfır kuvvette hız) değerleri (tablo 2.8) tespit edilerek pratik bir şekilde oluşturulabilir. Teorik maksimum güç ( $P_{max}$ ) ise  $(F_0 \cdot V_0)/4$  ve kuvvet hız profili eğimi ( $s_{KH}$ )  $F_0/V_0$  olarak hesaplanmaktadır (Rivière vd., 2017). Diğer bir ifadeyle grafiksel olarak doğrusal kuvvet-hız ilişki eğrisinin kuvvet ve hız kesişim noktaları teorik  $F_0$  ve  $V_0$  değerlerine, parabolik kuvvet-hız ilişki eğrisinin zirve noktası teorik maksimal güç çıktısına denk gelmektedir (Šarabon vd., 2020). Fakat benzer güç çıktısına sahip sporcuların farklı kuvvet ve hız kombinasyonları olabilir. Bu sebeple sporcuların balistik performansı  $P_{max}$  değerinden bağımsız olarak KHP'leriyle ilişkili olabileceği savunulmaktadır. Diğer bir ifadeyle balistik bir egzersiz sırasında sporcular benzer güç çıktısına kuvvet veya hız baskın olarak ulaşabilir (Cormie vd., 2011). Bu doğrultuda Samozino vd. 2012 yılında 14 sporcuyla yaptığı araştırmada var olan KHP'lerini matematiksel bir formülle modelleyerek teorik optimal FVP teorisini öne sürmüşlerdir (Samozino vd., 2012). Araştırmacıların ileri sürdüğü teorik yaklaşım farklı yükler altında oluşturulan KHP'in kuvvet ve hız ilişkisinin dengelemesiyle oluşturulacak optimal KHP ile  $P_{max}$  değerinden bağımsız olarak performansı artırılabilirliği savına dayanmaktadır. Araştırma sonucunda teorik yaklaşıma dayalı performans tahmin değerlerinin gerçek performans değerleriyle 4-7% (Bland-Altman) oranında geçerlilik gösterdiği görülmektedir. Ayrıca balistik performansın yalnızca  $P_{max}$  değeriyle ilişkili olmadığı kuvvet ve hız arasındaki ilişkinin tanımlanan teorik optimal KHP'e göre dengelenmesiyle de ilişkili olduğu ileri sürülmektedir (Jiménez-Reyes vd., 2017). Yani her bir sporcunun bireysel teorik optimal KHP'ine ulaşması performansını arttıracacağı (örneğin iki sporcunun güç çıktıları aynı olsa bile teorik optimal kuvvet-hız dengesi sağlanmış sporcunun sıçrama yüksekliği daha fazla olur), kuvvet ve hız arasındaki istenmeyen dengesizliğin (gerçek KHP'nin teorik optimal KHP'e göre farklılığı) belirli bir  $P_{max}$

değerinde performansı 30%'a kadar düşüreceği ifade edilmektedir (Morin ve Samozino, 2016).

**Tablo 2.8.** Kuvvet-hız profili parametreleri (Morin ve Samozino, 2016)

Değişkenler	Tanımı ve Hesaplaması	Pratik Yorumlama
VTC $F^0$ N/kg	Yükle gerçekleştirilen skuat sıçrama sırasında ortaya çıkan doğrusal kuvvet-hız ilişkisinden tahmin edilen alt ekstremitenin maksimal teorik ekstansiyon kuvvet değeridir. Doğrusal K-H ilişkisinin y eksenindeki kesişim noktasıdır.	Sporcunun alt ekstremitesinin farklı yükler altında gerçekleştirdiği balistik hareketler sırasında üretebildiği maksimal kuvvet (birim vücut kütleğine göre) çıktısını ifade etmektedir. Tüm F-V spektrumdan belirlenmektedir.
VTC $V^0$ m/s	Yükle gerçekleştirilen skuat sıçrama sırasında ortaya çıkan doğrusal kuvvet-hız ilişkisinden tahmin edilen alt ekstremitenin maksimal teorik ekstansiyon hız değeridir. Doğrusal K-H ilişkisinin x eksenindeki kesişim noktasıdır.	Sporcunun balistik bir hareket sırasında maksimal kalkış hızını ifade etmektedir. Birden fazla yük altında yapılan egzersiz sırasında belirlendiği için sporcunun tüm F-V spektrumundan yola çıkarak hesaplanır. Ek olarak sporcunun en yüksek hızda üretebileceği maksimal kuvvet becerisini ifade eder.
VTC $P_{max}$ (W/kg)	$P_{max} = F^0 \times V^0/4$ veya P-V 2. dereceden polinom ilişkisinin zirve noktasıdır. Zirve güç üretme becerisini ifade etmektedir.	Alt ekstremitte nöromüsküler sistemin balistik veya konsantrik bir hareket sırasındaki en yüksek güç (birim vücut kütleğine göre) üretim becerisidir.
Sfv	Lineer F-V ilişkisinin eğimini ifade etmektedir. $Sfv = -F^0/V^0$ olarak hesaplanır.	Sporcuların bireysel kuvvet ve hız üretme becerileri arasındaki ilişkiyi ( $x = \text{hız}$ ve $y = \text{kuvvet}$ ekseninde) ifade etmektedir. Eğitim ne kadar dik olursa sporcunun kuvvet becerisi o kadar baskın olur.
Sfv <sub>opt</sub>	İtme mesafesi, vücut kütle ve $P_{max}$ değerlerinden yola çıkarak sıçrama yüksekliğinin teorik olarak Sfv değerinin tahmin edilmesidir. (Ayrıntılı hesaplama Samozino vd. (Samozino vd., 2012).)	Optimal F-V sporcuların bireysel kuvvet-hız üretme kapasiteleri arasındaki en uygun dengeyi yansıtmaktadır.
Fv <sub>imb</sub> (%)	Bir sporcunun Sfv ve Sfv <sub>opt</sub> arasındaki göreceli farkı ifade etmektedir. $(Sfv/Sfv_{opt}) \times 100$ şeklinde hesaplanır ve yüzdeyle belirtilir.	Gerçek ve optimal F-V profilleri arasındaki farkı ifade etmektedir. Sfv değerinin 100% olması optimal profil anlamına gelmektedir. Değer 100%'den ne kadar fazla olursa sporcunun hız becerisinin daha düşük olduğu, 100%'den ne kadar az olursa kuvvet becerisinin o kadar yetersiz olduğu anlamına gelmektedir.

Bütüncül bir yaklaşımla değerlendirildiğinde farklı yükler altında yapılan kaldırışlar sırasında ortaya çıkan kuvvet, hız ve güç verileri sporcuların nöromüsküler sistemlerinin mekanik kapasitesini yansıttığı iddia edilmektedir (Jimenez-Reyes vd., 2014). Sporcuların nöromüsküler sisteminin mekanik limitlerini bireysel kas tipi özellikleri (kasılma-gevşeme ilişkisi, kas fibril tipi dağılımı), morfolojik faktörleri (çapraz köprü alanı, tendon özellikleri, pennasyon açısı, fasikül uzunluğu) ve nöral özellikleri (motor ünite ateşleme oranı, ateşleme sıklığı, motor ünite senkronizasyonu, kaslar arası koordinasyon) belirlediği düşünüldüğünde KHP sporcuların performans durumu ve performans gelişimi hakkında oldukça önemli bilgiler verebileceği düşünülmektedir (Pérez-Castilla vd., 2022).



A: 1TM, B: Yükte sıçrama, C: Sıçrama, D: Yardımlı sıçrama E: Yardımlı bacak itiş

Şekil 2.5. Kuvvet-hız profili (Morin ve Samozino, 2016)

### **3. MATERYAL ve METOT**

#### **3.1. Çalışmanın Amacı**

Bu araştırmanın amacı elit kadın hentbolcularla 6 hafta boyunca ortalama 0.70, 0.65 ve 0.60 m/s hızla (her bir hız aralığında 2'şer hafta), %10 ve %20 hız kaybıyla yapılan yarım skuat egzersizlerin hız-kuvvet profili ve maksimal yarım skuat kuvveti, karşı hareket sıçrama yüksekliği, çabukluk, sprint ve hipertrofi parametreleri üzerine etkisinin incelenmesidir.

#### **3.2 Problemler**

1. %10 ve %20 hız kaybıyla yapılan yarım skuat egzersizlerinin maksimal kuvvet gelişimine etkisinde bir fark var mıdır?
2. %10 ve %20 hız kaybıyla yapılan yarım skuat egzersizlerinin 10, 20 ve 40 metre sprint koşu performansı gelişimine etkisinde bir fark var mıdır?
3. %10 ve %20 hız kaybıyla yapılan yarım skuat egzersizlerinin çabukluk performansının gelişimine etkisinde bir fark var mıdır?
4. %10 ve %20 hız kaybıyla yapılan yarım skuat egzersizlerinin sıçrama yüksekliği performansının gelişimine etkisinde bir fark var mıdır?
5. %10 ve %20 hız kaybıyla yapılan yarım skuat egzersizlerinin toplam kas kütlelerinin artışına etkisinde bir fark var mıdır?
6. %10 ve %20 hız kaybıyla yapılan yarım skuat egzersizlerinin bacaklardaki kas kütlelerinin artışına etkisinde bir fark var mıdır?
7. %10 ve %20 hız kaybıyla yapılan yarım skuat egzersizlerinin kuvvet-hız profili değişimine etkisinde bir fark var mıdır?

#### **3.3. Hipotezler**

1. %10 ve %20 hız kaybıyla yapılan yarım skuat egzersizlerinin maksimal kuvvetin gelişimine etkisinde bir fark yoktur.
2. %10 ve %20 hız kaybıyla yapılan yarım skuat egzersizlerinin 10-20 ve 40 metre sprint performans gelişimine etkisinde bir fark yoktur.
3. %10 ve %20 hız kaybıyla yapılan yarım skuat egzersizlerinin çabukluk performansı gelişimine etkisinde bir fark yoktur.

4. %10 ve %20 hız kaybıyla yapılan yarım skuat egzersizlerinin sıçrama yüksekliği performansı gelişimine etkisinde bir fark yoktur.

5. %10 ve %20 hız kaybıyla yapılan yarım skuat egzersizlerinin toplam kas kütlesi artışına etkisinde bir fark yoktur.

6. %10 ve %20 hız kaybıyla yapılan yarım skuat egzersizlerinin maksimal bacak kas kütlesine gelişiminde bir fark yoktur.

7. %10 ve %20 hız kaybıyla yapılan yarım skuat egzersizlerinin kuvvet-hız profili değişimine etkisinde bir fark yoktur.

### **3.4. Sınırlılıklar**

Bu araştırma Türkiye Kadın Hentbol 1. Liginde forma giyen 16 kadın sporcuyla gerçekleştirilmiştir. Araştırmaya katılan tüm sporcular son 6 aydır ciddi bir sakatlık geçirmemiştir. Araştırmaya katılan sporcularda en az 2 yıllık direnç antrenman tecrübesi olması şartı aranmıştır. Yapılan yarım skuat egzersizlerinin öncesi-sonrasında incelenen değişkenler maksimal kuvvet, sprint 10-20-40 metre, çabukluk, karşı hareket sıçrama ve kas kütlesi artışıyla sınırlandırılmıştır.

### **3.5. Varsayımlar**

Araştırmaya katılan sporcuların tüm antrenmanlarda maksimal performans gösterdiği, vücut kompozisyon ölçümlerine istenilen şekilde aç karnına geldiği, araştırma boyunca alkol ve yasaklı madde tüketmediği varsayılmıştır.

### **3.6. Katılımcılar**

Araştırmaya Türkiye Kadınlar Hentbol Süper Liginde mücadele eden Anadolu Üniversitesi hentbol takımında forma giyen 22 sporcuyla başlanmıştır. Araştırma süresince transfer ve sakatlık gibi sebeplerden kaynaklı 16 sporcuyla (yaş:  $22.6 \pm 6$ , yıl, boy  $171 \pm 5.2$ , cm, vücut ağırlığı:  $75.5 \pm 9.79$ , kg) sporcuyla tamamlanmıştır (tablo1). Araştırmaya katılan tüm sporcuların en az iki yıl direnç antrenman tecrübesine sahip olduğu ve doğru tekniği kullanarak yarım skuat egzersizi yapabildiği tespit edilmiştir. Sporcular, rastgele olarak iki gruba ayrılmıştır. Tüm katılımcılar araştırmanın amacı ve test prosedürleri hakkında bilgilendirilmiştir. Ardından tüm sporculara yazılı bir bilgilendirilmiş onay formu imzalatılmıştır. Bu araştırma, Helsinki Deklarasyonuna

uygun olarak Eskişehir Teknik Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu tarafından incelenmiş olup etik açıdan uygun bulunmuştur.

### **3.7. Ölçümler**

#### **3.7.1. Antrenman protokolü**

Araştırmaya katılan sporcular rastgele bir şekilde 10% ve 20% hız kaybı antrenman grupları olarak iki gruba ayrılmıştır. İki gruba ayrılan sporculara 6 hafta boyunca 72 saat arayla, haftada 2 gün ve 4 set yarım skuat egzersizi yaptırılmıştır. Sporcuların hedef hızı ilk iki hafta 0.70 m/s, sonraki iki hafta 65 m/s ve son iki hafta 60 m/s olarak belirlenmiştir. Sporcu belirlenen yükte hedeflenen hıza (m/s) ilk 3 tekrarda ulaşamazsa veya aşarsa ( $\pm 3$  m/s), sporcu durdurularak yük (2.5-10 kg) azaltılıp veya artırılarak hedef kaldırış hızına ulaşması sağlanmıştır. Tüm antrenmanlar boyunca sporcuların hızı anlık olarak takip edilerek 10% HKG grubun hızı %10 azaldığında (örneğin: 1. tekrarı 0.60 m/s hızla yapan sporcu 12. tekrarda 0.53 m/s hıza düştüğünde) veya %20 HKG grubunun hızı 20% azaldığında set bitirilmiştir.

#### **3.7.2. Deneysel tasarım**

Bu araştırmada set sırasındaki farklı hız kayıplarının performansa etkisini incelemek üzere boylamsal araştırma tasarımı kullanılmıştır: Araştırmaya katılan sporcular iki gruba ayrılmıştır. Sporcuların yarısına (N = 8) %10 hız kaybıyla, diğer yarısına (N = 8) %20 hız kaybıyla yarım skuat egzersizi yaptırılmıştır. 8'er kişiden oluşan grupların yarısının (N = 4) kuvvet-hız profilinde kuvvet, diğer yarısının (N = 4) ise hız eksiği olduğu tespit edilmiştir. Katılımcılar 6 hafta boyunca 60 m/s ( $\pm 3$ ) aynı ortalama hızla fakat farklı hız kayıplarıyla yarım skuat egzersizi yapmıştır. Tüm kaldırışlar maksimal eforla yapılmıştır. Test uygulamaları üç güne ayrılmıştır. Test uygulamalarından önce sporcular 48 saat boyunca hiçbir fiziksel aktivite yapmamıştır. Birinci gün sabah aç karnına sporcuların vücut kompozisyon ölçümleri ve karşı hareket sıçrama (KHS) testleri yapılmıştır. İkinci gün 10-20-40 metre sprint ve kuvvet-hız profili testleri uygulanmıştır. Üçüncü gün ise T-testi ve 1TM testi uygulanmıştır. Araştırmamızda uygulanan tüm ön ve son testlerin prosedürleri tamamen benzer sırayla ve kurallarla uygulanmıştır. Sporcular araştırma boyunca alt ekstremitte kas gruplarına yönelik başka bir direnç egzersizi yapmamıştır. Antrenmanlar, araştırmacının doğrudan

gözetiminde, her denek için günün aynı saatinde ( $\pm 1$  saat) ve aynı ortam koşullarında ( $20^{\circ}\text{C}$  ve %60 nem) gerçekleştirilmiştir. Antrenman uygulamaları müsabaka olmayan hazırlık döneminde gerçekleştirilmiştir. Haftanın birinci antrenmanı pazartesi günü, ikinci antrenmanı cuma günü yapılmıştır. Sporcular son teknik-taktik antrenmanı cumartesi günü saat 12:00'da gerçekleştirip, 60 saat sonra pazartesi günü saat 12:00'da haftanın ilk direnç antrenmanı, 72 saat sonra cuma günü saat 12:00'da haftanın ikinci direnç antrenmanını gerçekleştirmiştir.

### **3.7.3. Sprint Testi**

Sporcular, 3 dakikalık dinlenme aralıklarıyla 40 metre sprint koşusu gerçekleştirmiştir. Sprint süreleri fotoseller (Fusionsports Smartspeed PRO fotosel, Queensland, Australia ) kullanılarak ölçülmüştür. Fotosel zaman kapıları 0, 10, 20, ve 40. metreye yerleştirilmiştir. İlk zaman kapısının 1 metre arkasına şerit şekildi ve sporcuların çıkış sırasında adım atarken arka ayaklarının şeridi geçip geçmediği kontrol edilmiştir. Çıkış sırasında arka ayağı şeridi geçen sporcuların ölçümü tekrar ettirilmiştir. Ölçümler alınmadan önce sporcuların kendi belirlediği hafif tempoda 5 dakikalık koşu, 8 tekrar, 8 dinamik esneme çalışması ve %80, %85, %90'ında (sporcuların hissettiği) aralarında 1 dakika olmak üzere dört adet 20 metrelik koşular yaptırıldı. Kullanılan ısınma koşusu ve dinamik esneme çalışmaları tüm performans testlerinden önce kullanılmıştır. Tüm katılımcılardan 3 dakikalık arayla 2 kere ölçüm alınmıştır. En yüksek değer kayıt edilmiştir (Darrall-Jones vd., 2015).

### **3.7.4. Karşı Hareket Sıçrama Testi**

KHS sıçrama testinin başlangıç pozisyonunda sporcuların ayakları omuz genişliğinde açık, elleri bellerinde ve dizleri tamamen gergin şekilde konumlandırılmıştır. Ardından hızlı bir aşağı çöküş hareketi (yaklaşık  $90^{\circ}$  diz fleksiyonu) ve hemen ardından konsantrik (diz ve kalça ekstansiyonuyla) kasılmayla mümkün olduğu kadar yükseğe sıçramışlardır. Tüm katılımcılardan 3 dakikalık arayla 2 kere ölçüm alınmıştır. En yüksek değer kayıt edilmiştir (Markovic vd., 2004).

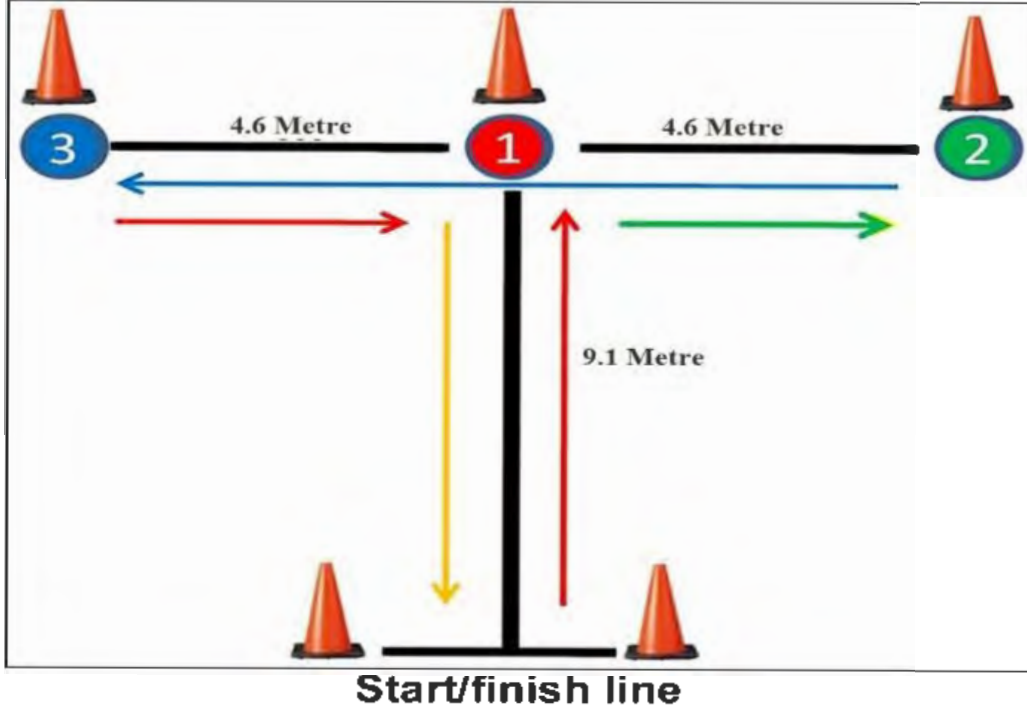
### **3.7.5. 1 Tekrar maksimal skuat testi**

Sporcuların ayakları omuz genişliğinde veya biraz daha geniş pozisyondayken, ayak parmak uçları karşıya bakar bir şekilde konumlandırılmıştır. Smith-machine

cihazının barı sporcuların upper trapezius kasının üzerinde konumlandırılmıştır. Ardından sporculardan kontrollü bir şekilde kalçaları yere paralel olana kadar aşağıya çökerek (yaklaşık 90° diz fleksiyonu) olabildiğince hızlı kalkmaları istenmiştir. Sporcular ısınmak için barın kendi ağırlığıyla (20 kg) 8 tekrar yapmışlardır. Ardından barın hızı 1 m/s üzerindeyse 3 tekrar, 0,50 ile 1 m/s saniye arasındaysa 2 tekrar, 0,50 m/s'den düşükse 1 tekrar yaptırılmıştır. Sporcular istenilen teknikle başarılı kaldırış yapamayana kadar ağırlık 2 ile 30 kg arasında kademeli bir şekilde arttırılmış ve sporcunun bir kerede kaldırabildiği en yüksek ağırlık kayıt edilmiştir. Tüm kaldırışlar sırasında bara takılan Gym-Aware (GymAware PowerTool, Kinetic PerformanceTechnologies, Canberra, Australia) doğrusal konum ölçer cihazı aracılığıyla kaldırışların kinematik verileri (OH) kayıt edilmiştir. Kayıt edilen veriler üzerinden antrenmanlar sırasında sporcuların hedeflenen yükünü bulmak için yük-hız profili oluşturulmuştur (Pérez-Castilla vd., 2022).

### **3.7.6. T-testi**

Test başlangıcında sporcular başlangıç noktasının 1 metre arkasından başlayacak şekilde konumlandırılmıştır. Ardından test ileri doğru 9.1 metre sprint koşusuyla başlatılarak, sporcuların 1 numaralı koninin tabanına tercih ettikleri eliyle dokunmaları istenmiştir . Daha sonra sporcular sağa doğru lateral koşuyla 2 numaralı koniye gelerek taban noktasına sağ elle dokunarak, 2 numaralı koniden sola doğru lateral koşuyla 3 numaralı koninin tabanına dokunarak, sola doğru lateral koşuyla 1 numaralı koninin tabanına dokunmuş ve geriye doğru koşuyla başlangıç noktasından geçerek test bitirilmiştir (Şekil 3.1). Lateral koşular ve geri geri yapılan koşular sırasında sporcuların yüzü sürekli olarak ileriye bakar pozisyonda olduğu ve ayaklarının birbirini geçmediği (B noktasından C noktasına koşarken sağ ayağın sol ayağın önüne geçmemesi gibi) kontrol edilmiştir. Kural hatası yapan sporcuların testi bitirilip, 3 dakikalık toparlanma süresinden sonra test tekrar yaptırılmıştır. Testler sırasında Smart-speed (Fusionsports Smartspeed PRO fotosel, Queensland, Australia ) zamanlama kapısı başlangıç noktasına konumlandırılarak, sporcuların test değerleri tespit edilmiştir. Test 3 dakikalık toparlanma süresiyle 2 kere uygulanmış ve en yüksek değer kayıt edilmiştir (Pauole vd., 2000).



Şekil 3.1. 1 testi

### 3.8. Kuvvet-Hız Profili

Sporcuların bireysel kuvvet-hız profilini belirlemek için vücut ağırlıkları ve 10 ile 50 kg arasında değişen dışsal yükü 4 ile 6 skuat sıçrama yaptırmıştır. Sıçramalar barı iki tarafından sabitleyerek yalnızca dikey ekseninde hareket etmesini sağlayan smith-machine cihazıyla yapılmıştır. Vücut ağırlığıyla yapılan sıçramalarda sporcuların elleri hareket boyunca bellerinde, ağırlık altında bar ile yapılan sıçramalarda ise eller barı sabit bir şekilde konumlandırılmıştır. Hareketin başlangıç aşamasında sporcuların ayakları omuz genişliğinde açık ve gövdeleri dik pozisyonda konumlandırılmıştır. Ardından skuat çömelme hareketi yaptırılarak, oturur pozisyonda ( $90^\circ$  diz fleksiyonu) 2 saniye bekletilerek maksimal eforla sıçramışlardır. Skuat sıçramasının oturuş aşamasındaki 2 saniyelik bekleme süresinde sporculardan hiçbir karşı hareket yapmamaları istenmiş ve istenilen teknikle yapılmayan sıçramalar tekrar edilmiştir. Her bir yükü yapılan sıçrama için 2 dakika toparlanma süresiyle 2 ölçüm yapılmıştır. Farklı yükler altında yapılan sıçramalar arasında 3 dakika toparlanma süresi verilmiştir.

Her bir yük için hesaplanan ortalama mekanik parametreler Newton'un ikinci hareket yasasına dayanan Samozino metot kullanılarak hesaplanmıştır (Samozino vd., 2008). Kuvvet-hız ilişkileri, her bir yükü sıçramadaki en iyi değerlerle ve en küçük kareler doğrusal regresyonları kullanılarak belirlenmiştir. Kuvvet-hız eğrileri, sırasıyla

kuvvet ve hız eksenine ile eğrisinin kesişme noktalarına karşılık gelen  $F^0$  (daha sonra vücut kütlelerine göre normalize edilmiştir) ve  $v^0$  elde etmek için tahmin edilmiştir. Kuvvet ve hızın doğrusal ilişkisinin eğimi olan kuvvet-hız profili daha sonra  $F^0$  ve  $v^0$ 'dan şuna Samozino metoda göre hesaplanmıştır (Samozino vd., 2012).  $P_{max}$  ve  $h_{po}$  (alt ekstremite ek tansiyon açısı) değerlerinden, Samozino ve arkadaşlarının ortaya sürdüğü denklemler kullanılarak her bir sıçrama için hesaplanan bir teorik optimal kuvvet-hız profili (vücut kütlelerine göre normalize edilmiş,  $N.s.kg^{-1}.m^{-1}$ ) oluşturuldu (Samozino vd., 2012). Kuvvet-hız dengesizliği (% olarak  $FV_{imb}$ ), yine Samozino ve arkadaşlarının ortaya sürdüğü şekilde hesaplanmıştır (Jimenez-Reyes vd., 2014).

$$\text{Kuvvet-Hız Eksikliği} = 100. \left| 1 - \frac{S_{fv}}{S_{fv \text{ Optimal}}} \right|$$

%0 civarında bir kuvvet-hız eksikliği değeri, kuvvet ve hız değişkenleri arasındaki mükemmel denge olduğunu (%100'üne eşit bir kuvvet-hız profili) ifade ederken, optimalden daha yüksek veya daha düşük bir kuvvet-hız profil değeri, kuvvet veya hız becerilerinin daha yüksek veya daha düşük olduğu anlamına gelmektedir.

### 3.8.1. Vücut kompozisyon ölçümleri

Taramadan önce, her bir DXA birimi (yani dar bir yelpaze ışını (Prodigy, Lunar Corp, Madison, WI, ABD) ve bir kalem ışını (DPX-IQ, Lunar Corp.)) kriteri, üretici yönergelerine göre fantom cihazlarla kalibre edilmiştir. Atletlerin tümü tarama aralığı içinde elleri pronasyona düz bir pozisyonda yerleştirildi ve bacak pozisyonu standardize edildi ve alt uzuvlardaki kemik örtüşmesini azaltmak için kayışlarla sabitlenmiştir. Sporcular vücutlarından metal nesnelere veya takıları çıkardılar ve her tarama için aynı minimal giysiyi (iç çamaşırı veya atlet) giymişlerdir. Tüm sporcuların ölçümleri sabah aç karnına ve sıvı tüketirmeden yapılmıştır (Glickman, vd., 2004).

### 3.8.2. Boy uzunluğu ve vücut ağırlığı ölçümü

Ölçümler sırasında sporcuların ayakkabıları çıkartıldı ve minimal kıyafetle ölçümler alınmıştır. Sporcular tamamen dik duruşta, ayaklar topuktan birleşik, ayak parmak uçları dışarıya gösterir şekilde ve karşıya bakar pozisyonda nefeslerini içine çekmeleri istenmiş, sporcuların nefesini içine çekmesiyle stadiometrenin baş tablası kafaya hafif temas edecek pozisyona getirilerek boy uzunluğu  $\pm 0.1$  mm olan duvara monte olan stadiometre (Holtain, UK) ile ölçülmüştür. Vücut ağırlığı hassasiyeti  $\pm 0.1$  kg olan

elektronik laboratuvar baskülü (Seca, Vogel ve Halke, Hamburg) kullanılarak ölçülmüştür.

### 3.9. İstatistiksel Analiz

Araştırmanın istatistiksel analizinde, grupların ortalama ve standart sapma değerlerini ifade eden tanımlayıcı istatistikleri kullanılmıştır. Güvenilirlik analizi için; tüm parametreler (ortalama ölçüm, mutlak uyum, iki yönlü rastgele model, %95 güven aralığı) için Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı (ICC) değerleri hesaplandı ve değerler : <.05: zayıf güvenilirlik, .5-.75: orta derecede güvenilirlik, .75-.90: iyi güvenilirlik ve >.90: mükemmel güvenilirlik ölçütleriyle sınıflandırılmıştır. Ayrıca Değişim Katsayıları Yüzdesi (%CV) standart sapmalar/ortalama\*100 formülü kullanılarak hesaplanmıştır. CV değerleri iyi (<%5), orta (%5-10) ve kötü (>%10) olarak sınıflandırılmıştır. Verilerin normallik dağılımı Shapiro-Wilk testi ile doğrulanmıştır ( $p > 0.05$ ). Verilerin Mauchly'nin küresellik varsayımını karşıladığı tespit edilmiştir ( $p > 0.05$ ). Verilerin parametrik varsayımları karşılamasıyla gruplar arasında (%10 HKG ile %20 HKG) ve grup içerisindeki (ön test ile son test) değişimleri incelemek için 2 x 2 iki yönlü ANOVA testi kullanılmıştır. Etki büyüklüğü deneysel grup ile kontrol grubu arasındaki farklılığın ölçülmesi için kullanılır. Bu çalışmada etki büyüklüğü, Hedge'in g katsayısı ile hesaplanmıştır. Bu katsayı,

$$Hedge\ g = \frac{M_1 - M_2}{SS_{ORTAK}}$$

formülüyle hesaplanır. Bu formülde,  $M_1 - M_2$  kontrol ve deney grubu arasındaki farkı,  $SS_{ORTAK}$  ise gruplanmış ve ağırlıklandırılmış standart sapmayı belirtir ve

$$SS_{ORTAK} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)SS_1^2 + (n_2 - 1)SS_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

formülüyle hesaplanır (Cohen, 2013). Mutlak değerce 0.2 den düşük Hedge g değerleri etki olmadığını, mutlak değerce 0.2-0.5 aralığındaki Hedge g değerleri düşük etki büyüklüğünü, mutlak değerce 0.5-0.8 aralığındaki Hedge g değerleri orta etki büyüklüğünü ve mutlak değerce 0.8 den büyük Hedge g değerleri ise büyük etki büyüklüğünü gösterir (Durlak, 2009), (Ellis, 2010). Etki büyüklükleri R programlama dilinde, "rstatix" paketi yardımıyla hesaplanmıştır (Kassambara, 2022). Diğer tüm istatistikler SPSS 20 paket program kullanılarak hesaplanmıştır.

#### 4. BULGULAR

**Tablo 4.1.** Grupların yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı ve ITM ortalama ve standart sapma değerleri

Değişkenler	10% Hız Kaybı		20% Hız Kaybı	
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
Yaş	22.0	1.5	23.3	3.4
Boy Uzunluğu	170.2	4.8	173.7	5.1
Vücut ağırlığı	63.4	7.5	63.5	10.9
ITM (kg)	110.5	11.08	106.1	8.9

**Tablo 4.2.** Ön test performans testleri güvenilirlik analizleri

Performans Testleri	GA %95	ICC	SEM	%CV
10 Metre	916-997	989	,012	4,3
20 Metre	912-994	982	,022	4,6
40 Metre	789-965	907	,044	4,9
T-Testi	909-989	969	,067	4,3
KHS	898-987	954	,604	9,6

KHS; karşı hareket sıçrama, GA; güven aralığı, ICC, sınıf için korelasyon katsayısı, SEM; standart ölçüm hatası, CV, Varyasyon katsayısı

**Tablo 4.3.** Ön test performans testleri güvenilirlik analizleri

Performans Testleri	GA %95	ICC	SEM	CV
10 Metre	916-997	989	,012	4,3
20 Metre	912-994	982	,022	4,6
40 Metre	789-965	907	,044	4,9
T-Testi	909-989	969	,067	4,3
KHS	898-987	954	,604	9,6

KHS; karşı hareket sıçrama, GA; güven aralığı, ICC, sınıf için korelasyon katsayısı, SEM; standart ölçüm hatası, CV, Varyasyon katsayısı

**Tablo 4.4.** 1 ve 2. haftalarda antrenmanların kinematik verileri

	1.	p	2.	p	3.	p	4.	p
	Antrenman	Değeri	Antrenman	Değeri	Antrenman	Değeri	Antrenman	Değeri
	Ort. SS.		Ort. SS.	0.050	Ort. SS.	0.050	Ort. SS.	0.050
ZH (m/s)								
HK	0.72 ± 0.4	0.082	0.71 ± 0.3	0.114	0.71 ± 0.1	0.607	0.72 ± 0.1	0.012*
10%								
HK	0.71 ± 0.6		0.69 ± 0.2		0.70 ± 0.2		0.69 ± 0.2	
20%								
OH (m/s)								
HK	0.68 ± 0.4	0.002**	0.67 ± 0.2	0.001**	0.67 ± 0.1	0.005*	0.66 ± 0.1	0.001**
10%								
HK	0.65 ± 0.5		0.63 ± 0.3		0.64 ± 0.2		0.63 ± 0.1	
20%								
SH (m/s)								
HK	0.65 ± 0.3	0.001**	0.64 ± 0.3	0.001**	0.64 ± 0.1	0.001**	0.63 ± 0.1	0.001**
10%								
HK	0.58 ± 0.5		0.56 ± 0.2		0.56 ± 0.2		0.56 ± 0.1	
20%								
HK (%)								
HK	11.6 ± 1.9	0.001**	10.2 ± 1.8	0.001**	10.4 ± 1.6	0.001**	10.2 ± 1.9	
10%								
HK	18.8 ± 2.6		19.6 ± 2.9		21.2 ± 2.7		19.4 ± 2.4	
20%								
TS								
HK	33.8 ± 4.9	0.019*	31.1 ± 5.4	0.001**	31.1 ± 5.9	0.002**	29.1 ± 5.0	0.001**
10%								
HK	44.7 ± 4.4		43.7 ± 3.9		43.7 ± 6.0		44.1 ± 8.0	
20%								
KA (kg)								
HK	76.6 ± 12.8	0.046*	76.4 ± 11.4	0.032*	80.7 ± 10.9	0.008*	83.2 ± 11.0	0.009**
10%								
HK	64.2 ± 6.5		64.2 ± 6.7		66.7 ± 5.3		68.9 ± 7.1	
20%								

Antrenman gruplarının 1 ve 2. haftalarda gerçekleştirdiği skuat egzersizlerinin kinematik verilerinin karşılaştırılması ortalama ± standart sapma değerleriyle hesaplanmıştır. Gruplar arasındaki istatistiksel anlamlı farklılık \*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.005$  ifadeleriyle belirtilmiştir. Isınma tekrar sayıları istatistiğe dahil edilmemiştir  
HKG 10% grubu: tüm antrenmanlarını 10% hız kaybıyla (n = 8)  
HKG 20% grubu: tüm antrenmanlarını 20% hız kaybıyla gerçekleştirmiştir (n = 8)  
ZH: zirve hız m/s; OH: ortalama hız m/s; SH: son hız m/s; HK: hız kaybının yüzdesi  
TS: tekrar sayısı; KA: kaldırılan ağırlık kg

**Tablo 4.5.** 3 ve 4. haftalarda antrenmanların kinematik verileri

	5. Antrenman n	p Değeri	6. Antrenman	p Değeri	7. Antrenman	p Değeri	8. Antrenman	p Değeri
	Ort. SS.		Ort. SS.		Ort. SS.		Ort. SS.	0.050
Zirve hız								
HK 10%	0.65 ± 0.1	0.816	0.65 ± 0.1	0.081	0.66 ± 0.1	0.167	0.67 ± 0.2	0.099
HK 20%	0.65 ± 0.1		0.66 ± 0.1		0.65 ± 0.1		0.65 ± 0.1	
Ortalama Hız								
HK 10%	0.62 ± 0.1	0.005**	0.62 ± 0.1	0.050*	0.63 ± 0.1	0.004**	0.62 ± 0.2	0.204
HK 20%	0.59 ± 0.1		0.59 ± 0.1		0.60 ± 0.2		0.60 ± 0.3	
Son hız m/s								
HK 10%	0.58 ± 0.1	0.001**	0.59 ± 0.1	0.001**	0.59 ± 0.2	0.001**	0.60 ± 0.2	0.001**
HK 20%	0.53 ± 0.1		0.53 ± 0.1		0.53 ± 0.3		0.53 ± 0.1	
HK (%)								
HK 10%	11.47 ± 1.8	0.001**	10.37 ± 1.2	0.001**	11.4 ± 2.1	0.001**	10.6 ± 2.4	0.001
HK 20%	21.37 ± 2.9		21.31 ± 2.5		19.3 ± 3.4		21.2 ± 3.2	
Tekrar Sayısı								
HK 10%	27.1 ± 6.1	0.036*	28.2 ± 4.4	0.001**	29.4 ± 3.2	0.001**	25.7 ± 3.3	0.001**
HK 20%	38.8 ± 4.0		38.1 ± 3.8		38.2 ± 4.7		37.0 ± 4.8	
Kaldırılan ağırlık								
HK 10%	85.9 ± 10.5	0.041*	86.2 ± 15.1	0.412	85.7 ± 12.0	0.114	84.2 ± 15.0	0.098
HK 20%	72.8 ± 7.1		73.9 ± 7.5		71.4 ± 7.8		72.4 ± 8.6	

Antrenman gruplarının 3 ve 4. haftalarda gerçekleştirdiği skuat egzersizlerinin kinematik verilerinin karşılaştırılması ortalama ± standart sapma değerleriyle hesaplanmıştır. Gruplar arasındaki istatistiksel anlamlı farklılık \* p < 0.05, \*\*\* p < 0.005 ifadeleriyle belirtilmiştir. Isınma tekrar sayıları istatistiğe dahil edilmemiştir

HKG 10% grubu: tüm antrenmanlarını 10% hız kaybıyla (n = 8)

HKG 20% grubu: tüm antrenmanlarını 20% hız kaybıyla gerçekleştirmiştir (n = 8)

ZH: zirve hız m/s; OH: ortalama hız m/s; SH: son hız m/s; HK: hız kaybının yüzdesi

TS: tekrar sayısı; KA: kaldırılan ağırlık kg

**Tablo 4.6.** 5 ve 6. haftalarda antrenmanların kinematik verileri

	9. Antrenman	p Değeri	10. Antrenman	p Değeri	11. Antrenman	p Değeri	12. Antrenman	p değeri
	Ort. SS.		Ort. SS.		Ort. SS.		Ort. SS.	
Zirve hız								
HK 10%	0.62 ± 0.1	0.257	0.59 ± 0.2	0.317	0.60 ± 0.1	0.272	0.60 ± 0.1	0.221
HK 20%	0.60 ± 0.1		0.59 ± 0.1		0.59 ± 0.1		0.59 ± 0.1	
Ortalama Hız								
HK 10%	0.59 ± 0.1	0.018*	0.56 ± 0.1	0.041*	0.56 ± 0.2	0.041*	0.56 ± 0.1	0.005**
HK 20%	0.54 ± 0.2		0.53 ± 0.1		0.53 ± 0.1		0.53 ± 0.2	
Son hız m/s								
HK 10%	0.56 ± 0.3	0.001**	0.54 ± 0.1	0.001**	0.54 ± 0.1	0.001**	0.54 ± 0.2	0.001**
HK 20%	0.48 ± 0.2		0.47 ± 0.1		0.48 ± 0.1		0.48 ± 0.1	
HK (%)								
HK 10%	11.4 ± 2.6	0.001**	10.2 ± 1.8	0.001**	10.8 ± 1.9	0.001**	10.5 ± 2.4	0.001**
HK 20%	21.4 ± 3.7		20.1 ± 2.9		20.8 ± 2.6		19.4 ± 2.7	
Tekrar Sayısı								
HK 10%	22.4 ± 3.1	0.001**	21.4 ± 4.0	0.001**	20.3 ± 2.9	0.001**	21.7 ± 4.4	0.001**
HK 20%	33.5 ± 4.9		30.3 ± 2.7		33.3 ± 2.7		33.1 ± 3.8	
Kaldırılan ağırlık								
HK 10%	86.8 ± 16.1	0.221	87.7 ± 17.5	0.465	88.7 ± 15.4	0.517	88.1 ± 15.7	0.597
HK 20%	74.2 ± 7.0		76.4 ± 4.0		76.4 ± 7.0		78.5 ± 7.3	

Antrenman gruplarının 3 ve 4. haftalarda gerçekleştirdiği skuat egzersizlerinin kinematik verilerinin karşılaştırılması ortalama ± standart sapma değerleriyle hesaplanmıştır. Gruplar arasındaki istatistiksel anlamlı farklılık \* p < 0.05, \*\*\* p < 0.005 ifadeleriyle belirtilmiştir. Isınma tekrar sayıları istatistiğe dahil edilmemiştir.

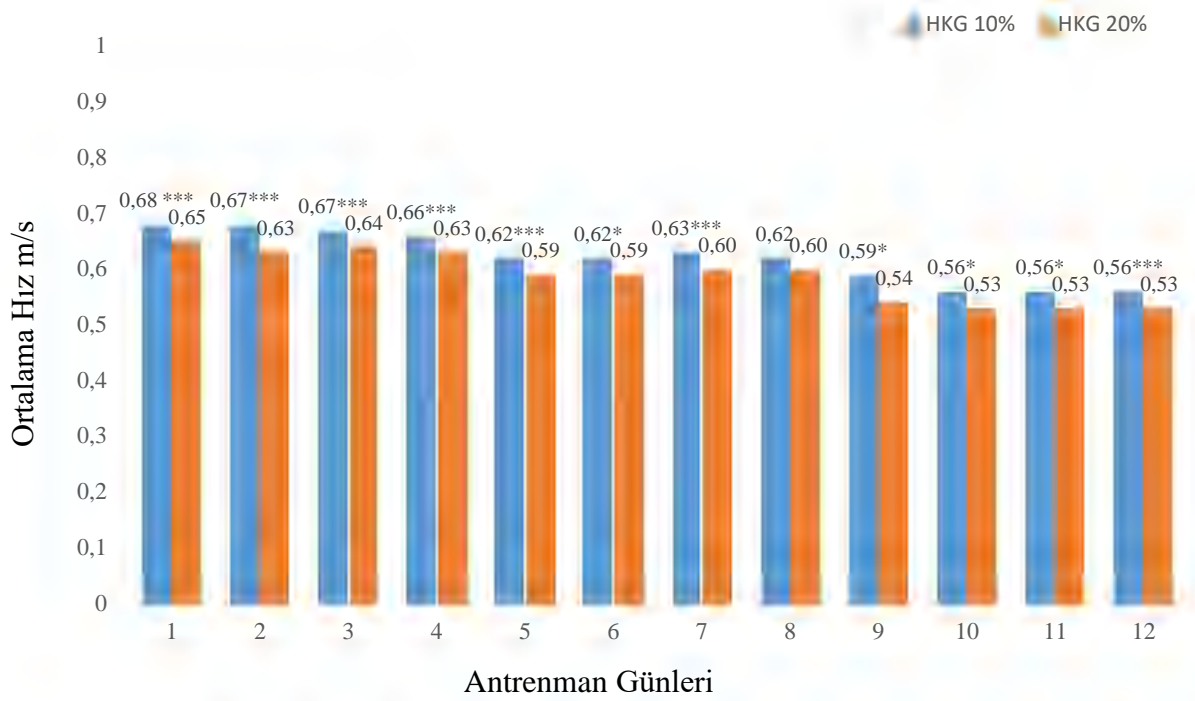
HKG 10% grubu: tüm antrenmanlarını 10% hız kaybıyla (n = 8)

HKG 20% grubu: tüm antrenmanlarını 20% hız kaybıyla gerçekleştirmiştir ( n = 8 )  
 ZH: zirve hız m/s; OH: ortalama hız m/s; SH: son hız m/s; HK: hız kaybının yüzdesi  
 TS: tekrar sayısı; KA: kaldırılan ağırlık kg



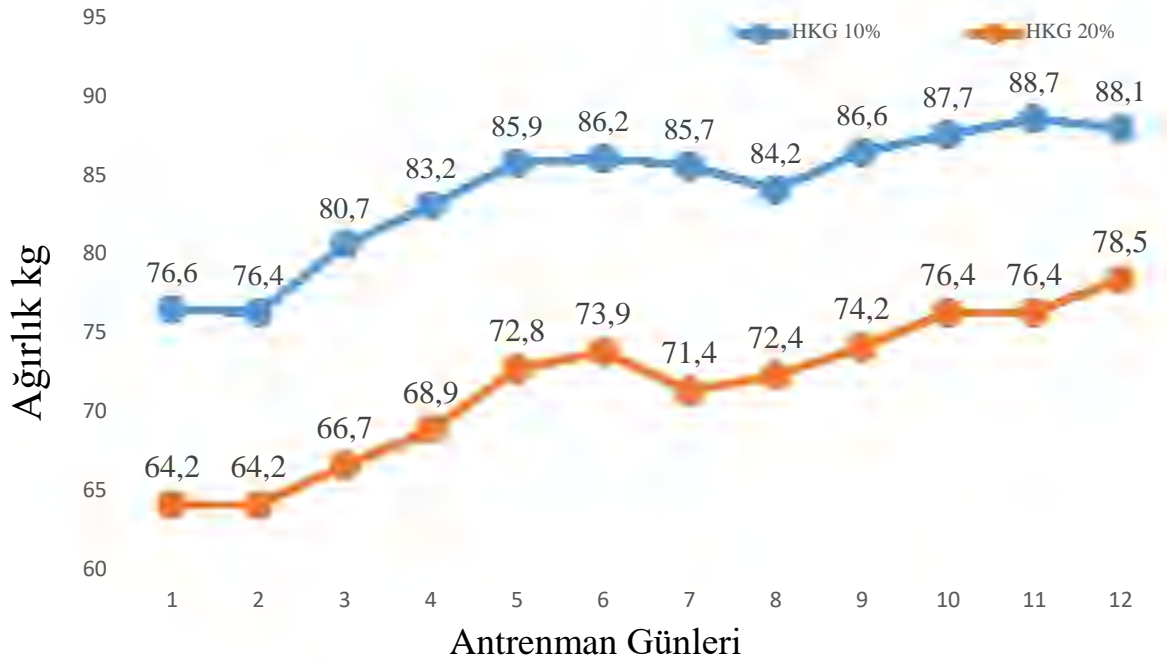
**Şekil 4.1.** Grupların hedef hız aralıklarında yaptığı tekrar sayıları

Antrenman gruplarının bir antrenman gününde skuat egzersizi sırasında her bir hedef hız aralığında gerçekleştirdiği tekrar sayılarının karşılaştırılması ortalama  $\pm$  standart sapma verileriyle hesaplanmıştır. Gruplar arasındaki istatistiksel anlamlı farklılık \*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.005$  ifadeleriyle belirtilmiştir. HKG 10% grubu: tüm antrenmanlarını 10% hız kaybıyla (n = 8); HKG 20% grubu: tüm antrenmanlarını 20% hız kaybıyla gerçekleştirmiştir (n = 8). Isınma tekrar sayıları istatistiğe dahil edilmemiştir.



**Şekil 4.2.** Grupların setler sırasında ortalama hız değerleri

Antrenman gruplarının bir antrenman gününde her bir hedef hız aralığında gerçekleştirdiği skuat egzersizleri sırasında setlerini ortalama hız m/s verilerinin karşılaştırılması ortalama  $\pm$  standart sapma değerlerinden hesaplanmıştır. Gruplar arasındaki istatistiksel anlamlı farklılık \*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.005$  ifadeleriyle belirtilmiştir. HKG 10% grubu: tüm antrenmanlarını 10% hız kaybıyla ( $n = 8$ ); HKG 20% grubu: tüm antrenmanlarını 20% hız kaybıyla gerçekleştirmiştir ( $n = 8$ ). Isınma tekrar sayıları istatistiğe dahil edilmemiştir.



Şekil 4.3. Antrenmanlarda kaldırılan ağırlık

Tablo verileri grupların skuat egzersizi sırasında kaldırdığı ağırlığın ortalama  $\pm$  standart sapma değerlerinden hesaplanmıştır. HKG 10% grubu: tüm antrenmanlarını 10% hız kaybıyla (n = 8); HKG 20% grubu: tüm antrenmanlarını 20% hız kaybıyla gerçekleştirmiştir (n = 8). Isınma tekrar sayıları istatistiğe dahil edilmemiştir.

Tablo 4.7. Antrenman öncesi ve sonrası grup içi, gruplar arası ve grup \* zaman etkileşimi

Değişkenler	Zamana Bağlı Değişim			Gruplar Arası Fark			Grup*Zaman Etkileşimi		
	F	p	N <sup>2</sup>	F	p	N <sup>2</sup>	F	p	N <sup>2</sup>
1TM (kg)	5,747	0.023*	0.162	2.995	0.095	0.081	0.383	0.541	0.010
10 metre (s)	0.075	0.786	0.002	2.122	0.106	0.070	0.011	0.907	3.688e-4
20 metre (s)	0.075	0.786	0.003	0.569	0.457	0.020	0.026	0.874	8.934e-4
40 metre (s)	0.420	0.522	0.015	0.034	0.854	0.001	1.340e-4	0.991	4.710e-6
T-Testi (s)	0.418	0.523	0.014	1.031	0.319	0.035	0.170	0.684	0.006
KHS (cm)	11.794	0.002**	0.265	2.650	0.115	0.060	2.036	0.165	0.046
TKK (kg)	0.118	0.734	0.004	0.015	0.904	5.310e-6	0.009	0.926	3.110e-4
BKK (kg)	0.199	0.659	0.007	0.0014	0.907	4.963e-4	0.23	0.881	8.109e-4

KHP Kuvvet

Verilerin ortalaması  $\pm$  standart sapması;

1TM = 1 tekrar maksimal skuat kuvveti

10 m = 10 metre sprint süresi; 20 m = 20 metre sprint süresi; 40 m = 40 metre sprint süresi

KHS = Karşı hareket sıçrama testi yüksekliği

TKK = toplam kas kütlesi; BKK = bacak kas kütlesi

Zamana bağlı öncesi ve sonrası anlamlı değişim: \* p < 0.05, \*\* p < 0.005

**Tablo 4.8. Öncesi ve sonrası performans değişimi ve grup içi etki büyüklüğü**

Gruplar	Öncesi	Sonrası	Yüzde (%)	EB (95% GA)	EBB
1TM-10% HKG (kg)	110.5 ± 11.0	122.3 ± 13.3	10,67	2.84 (2.12 10.49)	büyük
1TM-20% HKG (kg)	106.1 ± 8.9	113.1 ± 11.7	6,59	2.22 (2.4 4.34)	büyük
10 m-10% HKG	1.980 ± 0.09	1.969 ± 0.08	0,55	0.43 (-1.32 0.22)	küçük
10 m-20% HKG	1.934 ± 0.07	1.929 ± 0.08	0,25	0.20 (-0.89 1.18)	küçük
20 m-10% HKG	3.466 ± 0.12	3.442 ± 0.13	0,69	0.53 (-2.94 0.7)	orta
20 m-20% HKG	3.416 ± 0.19	3.410 ± 0.16	0,17	0.13 (-1.12 0.56)	önemsiz
40 m-10% HKG	6.135 ± 0.20	6.114 ± 0.22	0,34	0.74 (-1.7 -0.31)	orta
40 m-20% HKG	6.204 ± 0.33	6.189 ± 0.48	0,24	0.19 (-0.95 0.61)	önemsiz
T-tesi-10% HKG (s)	10.784 ± 0.43	10.598 ± 0.38	1,72	0.61 (-1.78 0.9)	orta
T-tesi-20% HKG (s)	10.890 ± 0.57	10.849 ± 0.57	0,37	0.47 (-2.01 - 0.15)	küçük
KHS-10% HKG (cm)	24.33 ± 3.7	28.74 ± 3.8	18,12	2.14 (1.61 4.31)	büyük
KHS-20% HKG (cm)	24.10 ± 1.7	26.43 ± 3.4	8,81	0.72 (0.24 1.96)	orta
TKK-10% HKG (kg)	44.091 ± 4.7	44.652 ± 5.2	1,27	0.64 (0.05 2.05)	orta
TKK-20% HKG (kg)	43.607 ± 7.3	44.587 ± 7.4	2,37	0.72 ( 1.06 6.3)	büyük
BKK-10% HKG (kg)	15.193 ± 1.9	15.437 ± 1.8	1,60	1.11 (0.45 3.13)	büyük
BKK-20% HKG (kg)	15.166 ± 2.7	15.660 ± 2.6	3,25	1.36 (1.12 2.87)	büyük

Verilerin ortalaması ± standart sapması; EB: grup içi etki boyutu; GA: güven aralığı; EBB: etki boyutunun büyüklüğü

10% HKG = 10% hız kaybıyla antrenman yapan grup; 20% HKG = 20% hız kaybıyla antrenman yapan grup

1TM = 1 tekrar maksimal skuat kuvveti

10 m = 10 metre sprint süresi; 20 m = 20 metre sprint süresi; 40 m = 40 metre sprint süresi

KHS = Karşı hareket sıçrama testi yüksekliği

TKK = toplam kas kütlesi; BKK = bacak kas kütlesi

(%) = Yüzdesele fark

**Tablo 4.9. Kuvvet-Hız Profili öncesi ve sonrası grup içi, gruplar arası ve grup \* zaman etkileşimi**

Gruplar	Zamana Bağlı Değişim			Gruplar Arası Fark			Grup * Zaman Etkileşimi		
	F	p	N <sup>2</sup>	F	p	N <sup>2</sup>	F	p	N <sup>2</sup>
%10 HKG	0.029	0.867	0.002	0.011	0.919	9.012e-4	9.713e -4	0.976	8.081e-5
%20 HKG	0.250	0.626	0.019	0.868	0.370	0.065	0.179	0.680	0.013

## 5. SONUÇ

Analizi yapılan tüm verilerin homojen ve normal dağıldığı tespit edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda gruplar arasında ve grup zaman etkileşimi boyutunda hiçbir öncesi ve sonrası değerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ancak grupların 1TM ve KHS sıçrama değerleri grup içerisinde anlamlı ölçüde gelişim göstermiştir. Grupların tüm antrenmanlar boyunca ZH, OH, SH, TS, KA ve HKS'leri tablo 4.4, 4.5 ve 4.6'da belirtilmiştir. Antrenmanlar sırasında yalnızca 4. antrenmanda grupların ZH değerinde ( $0.72 \pm 0.10$  ile  $69 \pm 0.2$  m/s  $p > 0.050$ ) istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir. Sporcuların antrenman süreci boyunca ürettiği OH hız değerleri incelendiğinde 8. antrenman dışındaki tüm antrenman günlerinde HK10 grubunun HK20 grubuna göre istatistiksel (1. gün  $0.68 \pm 0.4$  ile  $0.65 \pm 0.5$ , 2. gün  $0.67 \pm 0.2$  ile  $0.63 \pm 0.3$ , 3. gün,  $0.67 \pm 0.1$  ile  $0.64 \pm 0.2$ , 4. gün  $0.66 \pm 0.1$  ile  $0.63 \pm 0.1$ , 5. gün  $0.62 \pm 0.1$  ile  $0.59 \pm 0.1$ , 6. gün  $0.62 \pm 0.1$  ile  $0.59 \pm 0.1$ , 7. gün  $0.63 \pm 0.1$  ile  $0.60 \pm 0.2$ , 9. gün  $0.59 \pm 0.1$  ile  $0.54 \pm 0.2$ , 10. gün  $0.56 \pm 0.1$  ile  $0.53 \pm 0.1$ , 11. Gün  $0.56 \pm 0.2$  ile  $0.53 \pm 0.1$ , 12. gün  $0.56 \pm 0.1$  ile  $0.53 \pm 0.2$ ; m/s;  $p < 0.050$ ) olarak anlamlı ölçüde yüksek OH üretmiş olduğu gözlemlenmiştir. Ancak sporcuların SH değerleri incelendiğinde tüm antrenman günlerinde HK20 grubunun HK10 grubuna göre istatistiksel (1. gün  $0.65 \pm 0.3$  ile  $0.58 \pm 0.5$ , 2. gün  $0.64 \pm 0.3$  ile  $0.56 \pm 0.2$ , 3. gün  $0.64 \pm 0.1$  ile  $0.56 \pm 0.2$ , 4. gün  $0.63 \pm 0.1$  ile  $0.56 \pm 0.1$ , 5. gün  $0.58 \pm 0.1$  ile  $0.53 \pm 0.1$ , 6. gün  $0.59 \pm 0.1$  ile  $0.53 \pm 0.1$ , 7. gün  $0.59 \pm 0.2$  ile  $0.53 \pm 0.3$ , 8. gün  $0.60 \pm 0.2$  ile  $0.53 \pm 0.1$ , 9. gün  $0.56 \pm 0.3$  ile  $0.48 \pm 0.2$ , 10. gün  $0.54 \pm 0.1$  ile  $0.47 \pm 0.1$ , 11. gün  $0.54 \pm 0.1$  ile  $0.48 \pm 0.1$ , 12. gün  $0.54 \pm 0.2$  ile  $0.48 \pm 0.1$ ; m/s;  $p < 0.050$ ) olarak anlamlı ölçüde daha düşük olduğu görülmektedir. Benzer şekilde hız kaybının yüzdesi incelendiğinde HK20 grubunun HK10 grubuna göre tüm antrenman günlerinde istatistiksel (1. gün  $11.6 \pm 1.9$  ile  $18.8 \pm 2.6$ , 2. gün  $10.2 \pm 1.8$  ile  $19.6 \pm 2.9$ , 3. gün  $10.4 \pm 1.6$  ile  $21.2 \pm 2.7$ , 4. gün  $10.2 \pm 1.9$  ile  $19.4 \pm 2.4$ , 5. gün  $11.47 \pm 1.8$  ile  $21.37 \pm 2.9$ , 6. gün  $10.37 \pm 1.2$  ile  $21.31 \pm 2.5$ , 7. gün  $11.4 \pm 2.1$  ile  $19.3 \pm 3.4$ , 8. gün  $10.6 \pm 2.4$  ile  $21.2 \pm 3.2$ , 9. gün  $11.4 \pm 2.6$  ile  $21.4 \pm 3.7$ , 10. gün  $10.2 \pm 1.8$  ile  $20.1 \pm 2.9$ , 11. gün  $10.8 \pm 1.9$  ile  $20.8 \pm 2.6$ , 12. gün  $10.5 \pm 2.4$  ile  $19.4 \pm 2.7$ ; m/s;  $p < 0.050$ ) olarak anlamlı ölçüde daha fazla hız kaybettiği görülmektedir. Sporcuların her bir antrenmanda yaptığı tekrar sayıları incelendiğinde tüm antrenman günlerinde HK20 grubunun istatistiksel (1. gün  $33.8 \pm 4.9$  ile  $44.7 \pm 4.4$ , 2. gün  $31.1 \pm 5.4$  ile  $43.7$  3.9, 3. gün  $31.1 \pm 5.9$  ile  $43.7 \pm 6.0$ , 4. gün  $29.1 \pm 5.0$  ile  $44.1 \pm 8.0$ , 5. gün  $27.1 \pm 6.1$  ile  $38.8 \pm 4.0$ , 6. gün  $28.2 \pm 4.4$  ile  $38.1 \pm 3.8$ , 7. gün  $29.4 \pm 3.2$  ile  $38.2 \pm 4.7$ , 8. gün  $25.7 \pm 3.3$  ile

37.0 ± 4.8, 9. gün 22.4 ± 3.1 ile 33.5 ± 4.9, 10. gün 21.4 ± 4.0 ile 30.3 ± 2.7, 11. gün 20.3 ± 2.9 ile 33.3 ± 2.7, 12. 21.7 ± 4.4 ile 33.1 ± 3.8; p < 0.050) olarak anlamlı düzeyde daha fazla tekrar yaptığı görülmektedir.

1 Tekrar Maksimal: Sporcuların öncesi ve sonrası 1TM değerleriyle yapılan istatistiksel analiz sonucunda gruplar arasında ve 'grup x zaman' etkileşiminde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Fakat grupların zamana bağlı olarak değişiminde istatistiksel ( p < 0.050) olarak anlamlı fark tespit edilmiştir (tablo 4.7). Ayrıca grupların kendi içerisindeki ön test ve son değerlerinin karşılaştırılmasıyla yapılan etki büyüklüğü analizi sonucunda HK10 grubunun 1TM değerinin etki büyüklüğü (2.84 - 2.22 ) HK20 grubuna göre daha fazla olduğu görülmektedir (tablo 4.8).

10-20-40 Metre Sprint ve T-Testi: Yapılan analiz sonuçlarına göre grupların 10, 20, 40 metre ve T-testi ön test ve son test değerleri arasında zamana bağlı, gruplar arası ve 'grup x zaman' etkileşimi boyutunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (tablo 4.7). Ancak grupların ön test ve son değerlerinin karşılaştırılmasıyla yapılan etki büyüklüğü (tablo 4.8) analizi sonucunda HK10 grubunun 10, 20 ve 40 metre sprint değerinin etki büyüklüğü HK20 grubuna göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (10 metre 0.43 ile 0.20, 20 metre 0.53 ile 0.13, 0.74 ile 0.19). Benzer şekilde HK10 grubunun T-testi etki büyüklüğü HK20 grubuna göre daha yüksek bulunmuştur (0.61 ile 0.47).

Karşı Hareket Sıçrama: Sporcuların öncesi ve sonrası KHS değerleriyle yapılan istatistiksel analiz sonucunda gruplar arasında ve 'grup x zaman' etkileşiminde istatistiksel anlamlı bir fark bulunamamıştır. Fakat grupların zamana bağlı olarak değişiminde istatistiksel (p < 0.005) olarak anlamlı fark tespit edilmiştir (Tablo 4.7). Ayrıca grupların ön test ve son test KHS verileriyle yapılan etki büyüklüğü analizi sonucunda HK10 grubunun HK20 grubuna kıyasla daha yüksek etki büyüklüğü (2.14 ile 0.72) tespit edilmiştir (Tablo 4.8).

Kas Hipertrofisi: Verilerin analizi sonucunda grupların TKK ve BKK ön test ve son test değerleri arasında zamana bağlı, gruplar arası ve 'grup x zaman' etkileşimi boyutunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilememiştir (Tablo 4.7). Ancak grup içi ön test ve son test verileriyle yapılan etki büyüklüğü analizinin sonuçlarına göre HK20 grubunun kendi içerisindeki etki büyüklüğü (Tablo 4.8) HK10 grubuna göre daha yüksek çıkmıştır ( TKK 0.64 ile 1.11, BKK 1.11 ile 1.36).

Kuvvet-Hız Profili: Sporcuların öncesi ve sonrası KHP değerleriyle yapılan istatistiksel analiz sonucunda grup içerisinde, gruplar arasında ve ‘grup x zaman’ etkileşimi boyutunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark elde edilememiştir (Tablo 4.9).

## 6. TARTIŞMA

Bu araştırmanın temel amacı benzer yoğunlukta (65% ile 75%), farklı hız kayıplarıyla (10% ve 20%) yapılan yarım skuat egzersizinin 1TM, 10-20-40 metre sprint, çabukluk, FVP, KHS ve hipertrofiye etkisini incelemektir. Araştırma süresince kullandığımız doğrusal konum ölçer cihazı sayesinde sporcuların her bir kaldırış sırasındaki hızı anlık olarak takip ve kayıt edilerek hız kayıplarının etkisi birçok dış etken izole edilerek objektif bir şekilde değerlendirilmesini sağlamış ve araştırmanın önemini arttırdığı düşünülmektedir. Araştırma sonucunda 1TM ve KHS değerlerinin yalnızca zamana bağlı olarak istatistiksel düzeyde anlamlı artış gösterdiği, diğer tüm performans verilerinde zamana bağlı, gruplar arası ve ‘grup x zaman’ etkileşimi boyutunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Araştırmanın antrenman bulguları ve sonuçları incelendiğinde, %10HK grubu %20HK grubuna göre daha az tekrar (321 ile 458) yaparak daha az antrenman yüküne maruz kalmasına rağmen her iki grupta kendi içerisinde 1TM ve KHS parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde fark olduğu tespit edilmiştir. %10HK grubunun kaldırışlar sırasındaki her bir tekrardaki OH değerleri 8. hafta dışında %20HK grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı ölçüde yüksek olduğu görülmektedir. Yukarıdaki verilen antrenman verilerinden yola çıkarak HK10 grubunun daha az antrenman yüküne maruz kalmasına rağmen setler sırasındaki OH değerlerinin yüksek olması daha yüksek hızla daha fazla kuvvet ürettiği (her bir tekrar başına ortalama) ve set sırasında tükenişe daha az yaklaştığı görülmektedir (Rodríguez-Rosell vd., 2021).

Yapılan direnç antrenmanları sonucunda gruplar arasında zamana bağlı ve ‘grup x zaman’ etkileşimi boyutunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark (Tablo 4.7) olmamasına rağmen grup içi etki büyüklüğü ve yüzdesel farklılıklar boyutunda %10HK grubunun TKK ve BKK dışındaki tüm verilerde daha fazla (Tablo 4.8) gelişim gösterdiği görülmektedir. Özellikle etki büyüklüğü boyutunda 1TM ve KHS sıçrama değerlerinin etki büyüklüğü ve yüzdesel değişim değerlerine bakıldığında %10HK grubunun (EB: 2.84 ile 2.24;  $\Delta$ : 10,67 ile 6,59) %20HK grubuna göre önemli ölçüde daha yüksek oranda gelişim gösterdiği görülmektedir. Benzer şekilde 10 (EB 0.43 ile 0.20;  $\Delta$  0.55 ile 0.25), 20 (EB: 53 ile 13;  $\Delta$ : 0.69 ile 0.17) ve 40 metre (EB: 0.74 ile 0.19;  $\Delta$ : 0.34 ile 0.24) sprint ve t-testi çabukluk (EB: 0.61 ile 0.47;  $\Delta$ : 1.72 ile 0.37) sürelerinde de HK10 grubunun hem de etki büyüklüğü hem de yüzdesel olarak daha fazla gelişim gösterdiği görülmektedir. Araştırmamızın sonuçlarıyla literatürdeki benzer araştırmaların sonuçları

direnç antrenmanların daha fazla hız kaybı eşiğiyle veya daha fazla tekrar sayısıyla yapılmasının daha fazla kuvvet kazandırmadığı hatta nöromüsküler adaptasyonu olumsuz etkileyebileceği boyutunda benzerlik göstermektedir (Hernández-Belmonte ve Pallarés, 2022; Rodriguez-Rosell vd., 2020)

Araştırmamız sonuçları incelendiğinde sporcuların sprint performansının grup içi, gruplar arası ve grup x zaman etkileşimi boyutunda istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı görülmektedir ( $p < 0.050$ ). Yakın bir zamanda hız temelli direnç antrenman metodu kapsamında yapılan araştırmada, sporcuların vücut ağırlığının %45-65'iyle, 10% ( $p = 0.18$ ) ve 20% ( $p = 0.33$ ) hız kaybıyla yapılan kızak itme antrenmanlarının 10 ve 20 metre sprint sürelerini istatistiksel olarak anlamlı ölçüde geliştirdiği ortaya koyulmuştur ( $p < 0.050$ ). Araştırmalardan farklı sonuçlar elde edilmesi antrenmanın özgüllük (spesifik) ilkesi boyutunda ele alındığında kızak itme antrenmanının sprint biyomekaniğine skuata göre daha benzer olmasıyla açıklanabilir (Grazioli vd., 2014). Yönü ve büyüklüğü olan kuvvet, vektörel bir niceliktir. Kuvveti geliştirmek üzere planlanan antrenman programlarının, artırılması hedeflenen performans parametresiyle aynı yönde (yatay veya dikey) uygulanması istenilen özelliğin geliştirilmesi için daha etkili olabileceği yapılan araştırmalarla ortaya koyulmuştur (Loturco vd., 2015; Randell vd., 2010) Sprint becerisinin ivmelenme ve maksimal hız aşamasını inceleyen araştırmaların sonuçlarına bakıldığında, her iki aşamada dikey kuvvetin vücut ağırlığına oranla hemen hemen aynı büyüklükte üretildiği (ivmelenme 1.60 N, maksimal hız 1.63 N) görülürken, ivmelenme aşamasında yatay kuvvetin (ivmelenme 0.73 N, maksimal hız 0.23 N) dikey kuvvete göre %46 daha fazla üretildiği görülmektedir (Mero, 1988; Munro vd., 1987) Ayrıca literatürdeki genel kabul olarak bir antrenman programı geliştirilmek istenen beceri için ne kadar spesifik olursa, antrenmanın beceriyi geliştirmedeki etkisi o kadar fazla olacağı yönündedir (Contreras vd., 2017; Delecluse vd., 1995; Sale, 1987). Sonuç olarak araştırmamız sonucunda sporcuların sprint becerisinin anlamlı düzeyde gelişmemiş olması araştırmamızda dikey yönde uygulanan yarım skuat egzersizinin sprint becerisiyle hem biyomekanik olarak hem de kuvvet üretme yönü bakımından benzer olmamasıyla açıklanabilir. Fakat araştırmamızın sonuçlarıyla ve yatay yönde kuvvet uygulanarak gerçekleştirilen kızakla itme antrenmanının etki boyutu ve yüzdesel gelişim değerlerine bakıldığında daha az hız kaybederek antrenman yapan grupların (%10 hız kaybeden grup %20 hız kaybeden gruba göre) gelişimlerinin daha fazla olduğu görülmektedir. Bu sebeple gelecekte yapılacak araştırmalarda farklı hız kayıplarıyla dikey ve yatay yönde

uygulanacak direnç antrenmanların, dikey ve yatay yöndeki farklı performans parametrelerine (örn. yatay yönde uygulanan sprint ve dikey yönde uygulanan sıçrama) etkisinin incelenmesi gerekliliğini ön plana çıkarmaktadır.

Araştırmamızın diğer bir dikkat çeken sonucu gruplar arası istatistiksel analiz sonuçlarının 1TM (0.095) ve KHS (0.115) olduğu görülmektedir ( $p < 0.050$ ). Antrenman süresinin 6 haftadan uzun olması durumunda bu verilerde gruplar arası farklılıkların oluşup oluşmayacağı yapılacak yeni araştırmalarla incelenebilir. Yaptığımız literatür taramasına göre araştırmamızın kadın elit sporcularla hız temelli direnç antrenman metodu kapsamında farklı hız kayıplarının performansla kronik etkisini inceleyen ilk araştırma olduğu görülmektedir. Araştırmamız sonuçları hız temelli direnç antrenman metoduyla farklı örneklem gruplarıyla yapılan diğer deneysel araştırma sonuçlarıyla karşılaştırıldığında düşük hız kayıplarıyla yapılan direnç antrenmanların atletik performans parametrelerinin gelişimi için daha etkili olabileceği yönünde benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir (Blanco vd., 2016; Galiano vd., 2022; Hernández-Belmonte ve Pallarés, 2022; Pareja-Blanco, vd., 2020; Rodríguez-Rosell vd., 2021; Sampson ve Groeller, 2016) Yine yakın bir zamanda farklı hız kaybı eşiklerinin sprint, dikey sıçrama ve kas hipertrofisine etkisini inceleyen meta-analiz çalışmasının sonuçlarıyla araştırmamızın sonuçları arasında yüksek hız kaybı eşiğiyle yapılan antrenmanların hipertrofi etkisini, daha düşük hız kayıplarıyla yapılan antrenmanların ise sprint ve sıçrama gibi performans parametrelerini geliştirmek için daha etkili olduğu yönünde benzerlik gösterdiği görülmektedir (Jukic vd., 2022).

Literatürde daha önceden yüzde temelli direnç antrenman yöntemiyle yapılan araştırmaların sonuçları optimal kuvvet ve kas kütlesi gelişimi için kaldırırların tükenene kadar yapılması gerektiğini işaret etmektedir (Bird vd., 2005a; Bird, Tarpennig ve Marino, 2005b; Rhea vd., 2003). Yukarıda vurgulanan araştırmaların sonuçlarıyla araştırmamızın sonuçları karşılaştırıldığında setler sırasında daha fazla tekrar yapan %HK20 (EB: 0.72; %Δ: 2,37) grubunun daha az tekrar yapan %10HK (EB: 0.64; %Δ: 1,27) grubuna oranla toplam kas kütlesi (Tablo 4.8) artışı boyutunda benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Ancak %HK10 grubunun 1TM değeri (EB: 2.84; %Δ: 10,67) daha fazla tekrar yapan %HK20 grubunun 1TM değerine (EB: 2.22; %Δ: 6.59) göre hem etki büyüklüğünde ve hem de yüzdesel olarak daha fazla gelişim gösterdiği görülmektedir. Kas kütlesi artışı daha yüksek olan grubun daha az kuvvet kazanımı etkisi göstermesi yukarıda referans verilen araştırmaların sonuçlarıyla bir tezat oluşturduğu görülmektedir

(Bird vd., 2005a; Bird, Tarpenning ve Marino, 2005b; Rhea vd., 2003). Bu tezat durum Preja-Blanco vd. (2016) %20 ve %40 hız kaybıyla yapılan 8 haftalık skuat antrenmanı sonucunda kas biyopsi yöntemi kullanılarak kütlelerinin artışı ve kas liflerinin değişimini inceleyen araştırmanın sonuçlarının yakından incelenmesiyle açıklanabilir (Preja-Blanco vd., 2016). Araştırma sonucunda %40 hız kaybıyla antrenman yapan grubun %20 hız kaybıyla (%40 grup: % $\Delta$ : 9.0; %20 grup: %  $\Delta$ : 3.4; < 0.050) antrenman yapan gruba göre quadriseps kas kütlelerinin toplam hacminde daha yüksek oranda gelişim görülürken, kuvvet gelişiminde (%40 grup: % $\Delta$ : 13.4; %20 grup: %  $\Delta$ : 18.0; < 0.050) tam tersi sonuçlar tespit edilmiştir. Ancak %40 hız kaybıyla antrenman yapan grubun (öncesi: 14.6  $\pm$  8.9; sonrası: 7.6  $\pm$  7.2) %20 hız kaybıyla antrenman yapan gruba (öncesi: 17.0  $\pm$  7.4; sonrası: 14.8  $\pm$  8.2) göre kas fibril tiplerinden en hızlı ve en yüksek kuvvet üretme kapasitesine sahip olan tip IIX fibril tipinin MHC-IIX izoformlarında gruplar arasında anlamlı ( $p > 0.050$ ) ölçüde azalma meydana geldiği görülmüştür (Pareja-Blanco vd., 2016). Daha sonra literatürde farklı egzersiz türleri ve örneklem gruplarıyla yapılan birçok araştırmada antrenmanların tükenene kadar yapılması tip IIX fibrillerin, daha yavaş kasılan tip IIA fibrillere dönüşümünü tetiklediği tespit edilmiştir (Andersen vd., 2021; Rodriguez-Rosell vd., 2022; Campos vd., 2002; Pareja-Blanco vd., 2020). Sonuç olarak literatürdeki farklı hız kayıplarıyla yapılan direnç antrenmanları sonucunda kas fibrillerinin adaptasyonunu ve bu adaptasyona bağlı kuvvet gelişimini inceleyen araştırmaların sonuçları, antrenman sırasında daha fazla tekrar yaparak daha fazla yüke maruz kalan sporcuların toplam kas kütleleri hacminin daha çok gelişim gösterdiğini işaret etmektedir (Pareja-Blanco vd., 2017). Ancak bu durum aynı zamanda özellikle hızlı kasılma ve yüksek kuvvet üretme özelliğine sahip tip IIX fibrillerinin daha az hızla kasılan ve düşük kuvvet üretme becerisine sahip tip IIA fibrillerine dönüşmesine neden olduğu tespit edilmiştir (Jukic vd., 2022). Sonuç olarak bu durum hem hızlı kuvvet üretme becerisiyle yakından ilişkili olan sprint, sıçrama ve çabukluk gibi becerilerin gelişimini olumsuz yönde etkileyebileceği hem de sporcuların daha fazla strese maruz kalarak yorgunluk ve sakatlık gibi istenmeyen sonuçların ortaya çıkmasına neden olabileceği düşünülmektedir (Weakley vd., 2020).

## 7. ÖNERİLER

Hız temelli direnç antrenman yönteminde geliştirilmesi hedeflenen becerilerin en optimal gelişimi, temel olarak yük (%1TM veya belirli bir hızla m/s) ve hız kaybı eşiği gibi iki temel antrenman değişkeninin her bir set özelinde doğru planlanması, anlık takibi ve müdahale edilmesiyle yakından ilişkili olduğu görülmektedir. Bu iki değişken branşın gereklilikleri, antrenman geçmişi, bireysel özellikler, hedefler ve sezonun hangi döneminde bulunduğu göz önünde bulundurularak hedefler doğrultusunda planlanabilir. Ayrıca sporcuların bir set sırasında gösterdiği eforu (çabayı) ve yorgunluk durumunu anlık ve objektif olarak gösteren ortalama hız verisinin takibi antrenmanların daha nesnel bir şekilde yapılmasına olanak sağlamaktadır (Morán-Navarro vd., 2019). Araştırmamızın ve daha önce yapılan benzer birçok araştırmanın (Pareja-Blanco vd., 2020; Rodríguez-Rosell, Yáñez-García, Mora-Custodio, vd., 2020) sonuçlarından yola çıkarak, direnç antrenmanı yoluyla alt ekstremitte kuvvetini geliştirip, kazanılan kuvveti atletik performansta büyük bir öneme sahip sprint ve dikey sıçrama gibi yüksek hızla yapılan becerilere transferini sağlamak isteyen antrenörlere ve kuvvet kondisyon koçlarına %10 hız kaybının adaptasyon (1TM ve KHS) için yeterli uyarımı sağladığı önerisi verilebilir. Ayrıca araştırmamızın etki büyüklüğü analizleri incelendiğinde %10 hız kaybı eşiğinin atletik performans gelişimi açısından daha etkili olabileceği görülmektedir. Antrenörler direnç antrenman programlarını %10 hız kaybıyla planlayarak atletik performans gelişimi için yeterli uyarımı sağlarken, aynı zamanda sporcuların daha az yüke maruz kalmasıyla algıladığı zorluk dereceleri, metabolik ve nöromusküler yorgunluğu azaltabilir, toparlanma sürelerini kısaltabilir (bir sonraki antrenman veya maç için), aşırı yüklenmeye bağlı sakatlıkların önüne geçebilirler. Hatta antrenman süreçlerine, sezonun hangi döneminde olduğuna ve hedefler doğrultusunda hız kaybı eşiğini değiştirerek yukarıda altı çizilen tüm değişkenler değişiklikler yaparak, antrenman süreçlerini nesnel olarak yönetebilirler. Araştırmamızın sonuçları ve literatürdeki benzer araştırmaların sonuçları bir bütün olarak ele alındığında geçmişten günümüze gelen bir antrenman ne kadar yorucu (yoğun) olursa, etkisi (kuvvet kazanımı, performans gelişimi vs.) o kadar fazla olur “dogması” inanın doğru olmayabileceğini göstermektedir. Bu sebeple atletik performansı geliştirmek için kullanılan direnç antrenmanı paradigmasının daha rasyonel ve kontrol edilebilir objektif yöntemlerle yeniden tanımlamanın gerekliliğinin kaçınılmaz olduğu görülmektedir.

## KAYNAKÇA

- Aagaard, P. (2003). Training-induced changes in neural function. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 31 (2), 61–67.
- Aagaard, P., Simonsen, E.B., Andersen, J.L., Magnusson, P., Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 93 (4), 1318–1326.
- Ahtiainen, J.P., Pakarinen, A., Kraemer, W.J., Häkkinen, K. (2003). Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs maximum repetitions multiple resistance exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 24 (6), 410–418.
- Andersen, L. L., Andersen, J. L., Magnusson, S. P., Suetta, C., Madsen, J. L., Christensen, L. R., Aagaard, P. (2005). Changes in the human muscle force-velocity relationship in response to resistance training and subsequent detraining. *Journal of Applied Physiology*, 99 (1), 87–94.
- Andersen, V., Paulsen, G., Stien, N., Baarholm, M., Seynness, O., Saeterbakken, A.H. (2021) Resistance Training with different velocity loss threshold induce similar changes in Strength and Hypertrophy. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 14 (6) 885-893.
- Argus, C.K., Gill, N.D., Keogh, J.W., Hopkins, W.G. (2011). Acute effects of verbal feedback on upper-body performance in elite athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25 (12), 3282–3287.
- Balsalobre-Fernández, C., Cardiel-García, M. ve Jiménez, S.L. (2019). Bilateral and unilateral load-velocity profiling in a machine-based, single-joint, lower body exercise. *Plos One*, 14 (9), e0222632.
- Balsalobre-Fernández, C., García-Ramos, A. ve Jiménez-Reyes, P. (2017). Load–velocity profiling in the military press exercise: Effects of gender and training. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 13 (5), 743–750.
- Balsalobre-Fernández, C., Muñoz-López, M., Marchante, D., García-Ramos, A. (2021). Repetitions in Reserve and Rate of Perceived Exertion Increase the Prediction Capabilities of the Load-Velocity Relationship. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35 (3).
- Balsalobre-Fernández, C. ve Torres-Ronda, L. (2021). The Implementation of Velocity-Based Training Paradigm for Team Sports: Framework, Technologies, Practical Recommendations and Challenges. *Sports* . 9 (47).
- Banyard, H.G., Nosaka, K. ve Haff, G.G. (2017). Reliability and Validity of the Load-Velocity Relationship to Predict the 1RM Back Squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31 (7), 1897–1904.
- Banyard, H.G., Nosaka, K., Sato, K., Haff, G.G. (2017). Validity of Various Methods for Determining Velocity, Force, and Power in the Back Squat. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12 (9), 1170–1176.
- Banyard, H.G., Nosaka, K., Vernon, A.D., Haff, G.G. (2018). The Reliability of Individualized Load-Velocity Profiles. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13 (6), 763–769.

- Banyard, H.G., Tufano, J.J., Delgado, J., Thompson, S.W., Nosaka, K. (2019). Comparison of the Effects of Velocity-Based Training Methods and Traditional 1RM-Percent-Based Training Prescription on Acute Kinetic and Kinematic Variables. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14 (2), 246–255.
- Banyard, H., Tufano, J., Delgado, J., Thompson, S., Nosaka, K. (2018). Comparison of Velocity-Based and Traditional 1RM-Percent-Based Prescription on Acute Kinetic and Kinematic Variables. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14, 1–28.
- Bird, S.P., Tarpenning, K.M. ve Marino, F.E. (2005a). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. *Sports Medicine*, 35 (10), 841–851.
- Bird, S.P., Tarpenning, K.M. ve Marino, F.E. (2005b). Designing Resistance Training Programmes to Enhance Muscular Fitness. *Sports Medicine*, 35 (10), 841–851.
- Blanco, F., Sánchez-Medina, L., Suarez-Arrones, L., González-Badillo, J. (2016). Effects of Velocity Loss During Resistance Training on Performance in Professional Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12, 1–24.
- Bobbert, M.F. (2012). Why is the force-velocity relationship in leg press tasks quasi-linear rather than hyperbolic? *Journal of Applied Physiology*, 112 (12), 1975–1983.
- Buckner, S.L., Mouser, J.G., Jessee, M.B., Dankel, S.J., Mattocks, K.T., Loenneke, J.P. (2017). What does individual strength say about resistance training status? *Muscle & Nerve*, 55 (4), 455–457.
- Busso, T. (2003). Variable dose-response relationship between exercise training and performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35 (7), 1188–1195.
- Campos, G.E.R., Luecke, T.J., Wendeln, H.K., Toma, K., Hagerman, F.C., Murray, T.F., ... Staron, R.S. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *European Journal of Applied Physiology*, 88 (1–2), 50–60.
- Carroll, K.M., Bazzyler, C.D., Bernards, J.R., Taber, C.B., Stuart, C.A., DeWeese, B.H., Stone, M.H. (2019). Skeletal Muscle Fiber Adaptations Following Resistance Training Using Repetition Maximums or Relative Intensity. *Sports*, 7 (7).
- Chapman, P.P., Whitehead, J.R. ve Binkert, R.H. (1998). The 225–1b Reps-to-Fatigue Test as a Submaximal Estimate of 1-RM Bench Press Performance in College Football Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 12 (4).
- Coffey, T.H. (1946). Delorme method of restoration of muscle power by heavy resistance exercises. *Treatment Services Bulletin. Canada. Department of Veterans' Affairs*, 1 (2), 8–11.
- Cohen, J. (2013). Statistical power analysis for the behavioral sciences. *Routledge*.
- Conceição, F., Fernandes, J., Lewis, M., González-Badillo, J.J., Jimenez-Reyes, P. (2016). Movement velocity as a measure of exercise intensity in three lower limb exercises. *Journal of Sports Sciences*, 34 (12), 1099–1106.
- Contreras, B., Vigotsky, A.D., Schoenfeld, B.J., Beardsley, C., McMaster, D.T., Reyneke, J.H.T., Cronin, J. B. (2017). Effects of a Six-Week Hip Thrust vs. Front

- Squat Resistance Training Program on Performance in Adolescent Males: A Randomized Controlled Trial. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31 (4).
- Cormie, P., McBride, J. ve McCaulley, G. (2007). Validation of Power Measurement Techniques in Dynamic Lower Body Resistance Exercises. *Journal of Applied Biomechanics*, 23, 103–118.
- Cormie, P., McGuigan, M.R. ve Newton, R.U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: part 2 - training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, 41 (2), 125–146.
- Čović, N., Jelešković, E., Alić, H., Rado, I., Kafedžić, E., Sporiš, G., Milanović, Z. (2016). Reliability, Validity and Usefulness of 30–15 Intermittent Fitness Test in Female Soccer Players. *Frontiers in Physiology*, 7, 510.
- Cribb, P.J., Williams, A.D. ve Hayes, A. (2007). A Creatine-Protein-Carbohydrate Supplement Enhances Responses to Resistance Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39 (11).
- Cronin, J.B. ve Hansen, K.T. (2005). Strength and power predictors of sports speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19 (2), 349–357.
- Çetin, O., Akyildiz, Z., Demirtaş, B., Sungur, Y., Clemente, F.M., Cazan, F., Ardigò, L. P. (2022). Reliability and validity of the multi-point method and the 2-point method's variations of estimating the one-repetition maximum for deadlift and back squat exercises. *PeerJ*, 10, e13013.
- Darrall-Jones, J., Jones, B., Roe, G., Till, K. (2015). Reliability and Usefulness of Linear Sprint Testing in Adolescent Rugby Union and League Players. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 30.
- Davies, T., Orr, R., Halaki, M. ve Hackett, D. (2016). Effect of Training Leading to Repetition Failure on Muscular Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 46 (4), 487–502.
- de Hoyo, M., Núñez, F. J., Sañudo, B., Gonzalo-Skok, O., Muñoz-López, A., Romero-Boza, S., Nimphius, S. (2021). Predicting Loading Intensity Measuring Velocity in Barbell Hip Thrust Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35 (8), 2075–2081.
- Delecluse, C., Van Coppenolle, H., Willems, E., Van Leemputte, M., Diels, R., 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.
- Dolezal, S.M., Frese, D.L. ve Llewellyn, T.L. (2016). The Effects of Eccentric, Velocity-Based Training on Strength and Power in Collegiate Athletes. *International Journal of Exercise Science*, 9 (5), 657–666.
- Dorel, S., Couturier, A., Lacour, J.R., Vandewalle, H., Hautier, C., Hug, F. (2010). Force-velocity relationship in cycling revisited: benefit of two-dimensional pedal forces analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42 (6), 1174–1183.
- Dorrell, H.F., Moore, J.M. ve Gee, T.I. (2020). Comparison of individual and group-based load-velocity profiling as a means to dictate training load over a 6-week

- strength and power intervention. *Journal of Sports Sciences*, 38 (17), 2013–2020.
- Dorrell, H.F., Smith, M.F. ve Gee, T.I. (2020). Comparison of Velocity-Based and Traditional Percentage-Based Loading Methods on Maximal Strength and Power Adaptations. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34 (1), 46–53.
- Drinkwater, E.J., Lawton, T.W., Lindsell, R.P., Pyne, D.B., Hunt, P.H., McKenna, M.J. (2005). Training leading to repetition failure enhances bench press strength gains in elite junior athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19 (2), 382–388.
- Durlak, J.A. (2009). How to select, calculate, and interpret effect sizes. *Journal of Pediatric Psychology*, 34 (9), 917–928.
- Ellis, P. (2010). The Essential Guide to Effect Sizes: Statistical Power, Meta-Analysis, and the Interpretation of Research Results. The Essential Guide to Effect Sizes: Statistical Power, Meta-Analysis, and the Interpretation of Research Results.
- Emanuel, A., Smukas, I. ve Halperin, I. (2020). The Effects of Lifting Lighter and Heavier Loads on Subjective Measures. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16, 1–8.
- Enoka, R.M., Duchateau, J. (2008). Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *The Journal of Physiology*, 586 (1), 11–23.
- Fernandez Ortega, J.A., los Reyes, Y.G. ve De, Garavito Peña, F.R. (2020). Effects of strength training based on velocity versus traditional training on muscle mass, neuromuscular activation, and indicators of maximal power and strength in girls soccer players. *Apunts Sports Medicine*, 55 (206), 53–61.
- Fisher, J.P., Blossom, D. ve Steele, J. (2016). A comparison of volume-equated knee extensions to failure, or not to failure, upon rating of perceived exertion and strength adaptations. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition et Metabolisme*, 41 (2), 168–174.
- Fisher, J., Steele, J. ve Smith, D. (2013). Evidence-Based Resistance Training Recommendations for Muscular Hypertrophy. *Medicina Sportiva*, 17, 217–235.
- Folland, J.P., Irish, C.S., Roberts, J.C., Tarr, J.E., Jones, D.A. (2002). Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training. *British Journal of Sports Medicine*, 36 (5).
- Frost, D.M., Cronin, J. ve Newton, R.U. (2010). A biomechanical evaluation of resistance: fundamental concepts for training and sports performance. *Sports Medicine*, 40 (4), 303–326.
- Fry, A.C. (2004). The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports Medicine*, 34 (10), 663–679.
- Galiano, C., Pareja-Blanco, F., Hidalgo de Mora, J., Sáez de Villarreal, E. (2022). Low-Velocity Loss Induces Similar Strength Gains to Moderate-Velocity Loss During Resistance Training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 36 (2).
- García-Ramos, A., Barboza-González, P., Ulloa-Díaz, D., Rodríguez-Perea, A., Martínez-García, D., Guede-Rojas, F., Weakley, J. (2019). Reliability and validity of different methods of estimating the one-repetition maximum during the free-weight prone bench pull exercise. *Journal of Sports Sciences*, 37 (19), 2205–2212.

- García-Ramos, A., Haff, G.G., Pestaña-Melero, F.L., Pérez-Castilla, A., Rojas, F.J., Balsalobre-Fernández, C., Jaric, S. (2018). Feasibility of the 2-Point Method for Determining the 1-Repetition Maximum in the Bench Press Exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13 (4), 474–481.
- García-Ramos, A. ve Jaric, S. (2018). Two-point method: A quick and fatigue-free procedure for assessment of muscle mechanical capacities and the 1 repetition maximum. *Strength and Conditioning Journal*, 40 (2), 54–66.
- García-Ramos, A., Pestaña-Melero, F.L., Pérez-Castilla, A., Rojas, F.J., Gregory Haff, G. (2018). Mean Velocity vs. Mean Propulsive Velocity vs. Peak Velocity: Which Variable Determines Bench Press Relative Load With Higher Reliability? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32 (5), 1273–1279.
- García-Ramos, A., Pestaña-Melero, F.L., Pérez-Castilla, A., Rojas, F.J., Haff, G.G. (2018). Differences in the load-velocity profile between 4 bench-press variants. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13 (3), 326–331.
- García-Ramos, A., Ulloa-Díaz, D., Barboza-González, P., Rodríguez-Perea, Á., Martínez-García, D., Quidel-Catrilebún, M., Weakley, J. (2019). Assessment of the load-velocity profile in the free-weight prone bench pull exercise through different velocity variables and regression models. *PLoS One*, 14 (2), e0212085.
- Glickman, S.G., Marn, C.S., Supiano, M.A., Dengel, D.R. (2004). Validity and reliability of dual-energy X-ray absorptiometry for the assessment of abdominal adiposity. *Journal of Applied Physiology*, 97 (2), 509–514.
- González-Badillo, J.J. ve Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31 (5), 347–352.
- González-Badillo, J.J., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Ribas, J., López-López, C., Mora-Custodio, R., Pareja-Blanco, F. (2016). Short-term Recovery Following Resistance Exercise Leading or not to Failure. *International Journal of Sports Medicine*, 37 (4), 295–304.
- González-Badillo, J.,J. ve Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31 (5), 347–352.
- González-Badillo, Juan José, Yañez-García, J.M., Mora-Custodio, R., Rodríguez-Rosell, D. (2017). Velocity Loss as a Variable for Monitoring Resistance Exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 38 (3), 217–225.
- Gorostiaga, E.M., Navarro-Amézqueta, I., Calbet, J.A.L., Hellsten, Y., Cusso, R., Guerrero, M., Izquierdo, M. (2012). Energy metabolism during repeated sets of leg press exercise leading to failure or not. *PLoS One*, 7 (7), e40621.
- Grazioli, R., Loturco, I., Lopez, P., Setuain, I., Goulart, J., Veeck, F., Cadore, E.L. (2023). Effects of Moderate-to-Heavy Sled Training Using Different Magnitudes of Velocity Loss in Professional Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 37 (3), 629-635.
- Grgic, J., Lazinica, B., Schoenfeld, B.J. ve Pedisic, Z. (2020). Test–Retest Reliability of the One-Repetition Maximum (1RM) Strength Assessment: a Systematic Review. *Sports Medicine*, 6 (1), 31.

- Grgic, J., Schoenfeld, B.J., Orazem, J., Sabol, F. (2022). Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*, 11
- Guerriero, A., Varalda, C. ve Piacentini, M. F. (2018). The Role of Velocity Based Training in the Strength Periodization for Modern Athletes. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 3 (4).
- Haff, G.G., ve Nimphius, S. (2012). Training Principles for Power. *Strenght and Conditioning Journal*, 34 (6), 2–12.
- Haff, G.G., Stone, M., O'Bryant, H.S., Harman, E., Dinan, C., Johnson, R., Han, K.H. (1997). Force-Time Dependent Characteristics of Dynamic and Isometric Muscle Actions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 11 (4).
- Halson, S.L. (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Medicine*, 44 (2), 139–147.
- Harris, N.K., Cronin, J., Taylor, K.L., Boris, J., Sheppard, J. (2010). Understanding Position Transducer Technology for Strength and Conditioning Practitioners. *Strength & Conditioning Journal*, 32 (4).
- Haugen, T.A., Breitschädel, F. ve Seiler, S. (2019). Sprint mechanical variables in elite athletes: Are force-velocity profiles sport specific or individual? *Plos One*, 14 (7).
- Helms, E.R., Storey, A., Cross, M.R., Brown, S.R., Lenetsky, S., Ramsay, H., Dillen, C., Zourdos, M.C. (2017). RPE and Velocity Relationships for the Back Squat, Bench Press, and Deadlift in Powerlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31 (2), 292–297.
- Henneman, E., Somjen, G., Carpenter, D.O. (1965). Functional Significance of cell size in Spinal Motoneurons. *Journal of Neurophysiology*, 28, 560–580.
- Hernández-Belmonte, A. ve Pallarés, J.G. (2022). Effects of Velocity Loss Threshold during Resistance Training on Strength and Athletic Adaptations: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Applied Sciences*, 12 (9)
- Herzog, W. (2000). Mechanical Properties and Performance in Skeletal Muscles. *In Biomechanics in Sport*, 21–32.
- Hopkins, W.G., Schabert, E.J. ve Hawley, J.A. (2001). Reliability of power in physical performance tests. *Sports Medicine*, 31 (3), 211–234.
- Hughes, L.J., Banyard, H.G., Dempsey, A.R., Scott, B.R. (2019). Using a Load-Velocity Relationship to Predict One repetition maximum in Free-Weight Exercise: A Comparison of the Different Methods. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33 (9), 2409–2419.
- Izquierdo, M., Ibañez, J., González-Badillo, J.J., Häkkinen, K., Ratamess, N.A., Kraemer, W.J., Duncan, F.N., Eslava, J., Altadill, A., Asian, X., Gorostiaga, E.M. (2006). Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. *Journal of Applied Physiology*, 100 (5), 1647–1656.
- James, R.S., Navas, C.A. ve Herrel, A. (2007). How important are skeletal muscle mechanics in setting limits on jumping performance? *The Journal of Experimental Biology*, 210 (6), 923–933.

- Jaric, S. (2015). Force-velocity Relationship of Muscles Performing Multi-joint Maximum Performance. *Tasks. International Journal of Sports Medicine*, 36 (9), 699–704.
- Jiménez-Alonso, A., García-Ramos, A., Cepero, M., Miras-Moreno, S., Rojas, F.J., Pérez-Castilla, A. (2022). Velocity Performance Feedback During the Free-Weight Bench Press Testing Procedure: An Effective Strategy to Increase the Reliability and One Repetition Maximum Accuracy Prediction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36 (4), 1077–1083.
- Jimenez-Reyes, P., Samozino, P., Blanco, F., Conceicao, F., Cuadrado, V., González-Badillo, J., Morin, J.B. (2016). Validity of a Simple Method for Measuring Force-Velocity-Power Profile in Countermovement Jump. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12 (1).
- Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., Morin, J.B. (2017). Effectiveness of an individualized training based on force-velocity profiling during jumping. *Frontiers in Physiology*, 7 , 1–13.
- Jimenez-Reyes, P., Samozino, P., Cuadrado, V., Conceicao, F., González-Badillo, J., Morin, J.B. (2014). Effect of countermovement on power-force-velocity profile. *European Journal of Applied Physiology*, 114 (11).
- Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., García-Ramos, A., Cuadrado-Peñañiel, V., Brughelli, M., Morin, J.B. (2018). Relationship between vertical and horizontal force-velocity-power profiles in various sports and levels of practice. *PeerJ*, 6, e5937.
- Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Pareja-Blanco, F., Conceição, F., Cuadrado-Peñañiel, V., González-Badillo, J.J., Morin, J.B. (2017). Validity of a Simple Method for Measuring Force-Velocity-Power Profile in Countermovement Jump. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12 (1), 36–43.
- Jukic, I., Castilla, A.P., Ramos, A.G., Van Hooren, B., McGuigan, M.R., Helms, E.R. (2022). The Acute and Chronic Effects of Implementing Velocity Loss Thresholds During Resistance Training: A Systematic Review, Meta-Analysis, and Critical Evaluation of the Literature. *Sports Medicine*, 53 (1).
- Karsten, B., Fu, Y.L., Larumbe-Zabala, E., Seijo, M., Naclerio, F. (2021). Impact of Two High-Volume Set Configuration Workouts on Resistance Training Outcomes in Recreationally Trained Men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35, 136–S143.
- Keller, M., Lauber, B., Gehring, D., Leukel, C., Taube, W. (2014). Jump performance and augmented feedback: immediate benefits and long-term training effects. *Human Movement Science*, 36, 177–189.
- Knudson, D.V. (2009). Correcting the use of the term ‘power’ in the strength and conditioning literature. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23 (6).
- Kraemer, W.J, Patton, J.F., Gordon, S.E., Harman, E.A., Deschenes, M.R., Reynolds, K., ... Dziados, J.E. (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of Applied Physiology*, 78 (3), 976–989.
- Kraemer, William J., vd Ratamess, N.A. (2004, April). Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. *Medicine and Science in Sports and*

Exercise, 36 (4).

- Lacerda, L.T., Marra-Lopes, R.O., Diniz, R.C.R., Lima, F.V, Rodrigues, S.A., Martins-Costa, H.C., Bamben, M.G., Chagas, M.H. (2020). Is Performing Repetitions to Failure Less Important Than Volume for Muscle Hypertrophy and Strength? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34 (5), 1237–1248.
- Lauersen, J.B., Bertelsen, D.M. vd., Andersen, L.B. (2014). The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *British Journal of Sports Medicine*, 48 (11), 871–877.
- Liao, K.-F., Wang, X.-X., Han, M.-Y., Li, L.-L., Nassis, G.P., Li, Y.-M. (2021). Effects of velocity based training vs. traditional 1RM percentage-based training on improving strength, jump, linear sprint and change of direction speed performance: A Systematic review with meta-analysis. *PLoS One*, 16 (11), e0259790.
- Loturco, I., Pereira, L.A., Kopal, R., Zanetti, V., Kitamura, K., Abad, C.C.C., Nakamura, F.Y. (2015). Transference effect of vertical and horizontal plyometrics on sprint performance of high-level U-20 soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 33 (20), 2182–2191.
- Loturco, I., Suchomel, T., Kopal, R., Arruda, A.F.S., Guerriero, A., Pereira, L.A., Pai, C. N. (2021). Force-Velocity Relationship in Three Different Variations of Prone Row Exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35 (2), 300–309.
- Maffiuletti, N.A., Aagaard, P., Blazevich, A.J., Folland, J., Tillin, N., Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*, 116 (6), 1091–1116.
- Mann, J.B., Thyfault, J.P., Ivey, P. A., Sayers, S.P. (2010). The effect of autoregulatory progressive resistance exercise vs. linear periodization on strength improvement in college athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24 (7), 1718–1723.
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., Cardinale, M. (2004). Reliability and Factorial Validity of Squat and Countermovement Jump Tests. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 18 (3).
- Markovic, G., Jaric, S. (2007). Positive and negative loading and mechanical output in maximum vertical jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39 (10), 1757–1764.
- Martínez-Cava, A., Morán-Navarro, R., Sánchez-Medina, L., González-Badillo, J.J., Pallarés, J.G. (2019). Velocity- and power-load relationships in the half, parallel and full back squat. *Journal of Sports Sciences*, 37 (10), 1088–1096.
- McBride, J., Kirby, T.J., Haines, T., Skinner, J. (2010). Relationship Between Relative Net Vertical Impulse and Jump Height in Jump Squats Performed to Various Squat Depths and With Various Loads. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5, (4), 484–496.
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Raglin, J., Rietjens, G., Steinacker, J., Urhausen, A. (2013). Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45 (1), 186–205.
- Mero, A. (1988). Force-Time Characteristics and Running Velocity of Male Sprinters

- during the Acceleration Phase of Sprinting. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 59 (2), 94–98.
- Moraes, E., Alves, H., Teixeira, A., Dias, M.R., Miranda, H., Simão, R. (2014). Relationship Between Repetitions and Selected Percentage of One Repetition Maximum in Trained and Untrained Adolescent Subjects. *Journal of Exercise Physiology Online*, 17 (2), 27–35.
- Morales, J. ve Sobonya, S. (1996). Use of Submaximal Repetition Tests for Predicting 1-RM Strength in Class Athletes. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 10 (3).
- Morán-Navarro, R., Martínez-Cava, A., Sánchez-Medina, L., Mora-Rodríguez, R., González-Badillo, J.J., Pallarés, J.G. (2019). Movement Velocity as a Measure of Level of Effort During Resistance Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33 (6), 1496–1504.
- Morán-Navarro, R., Pérez, C.E., Mora-Rodríguez, R., de la Cruz-Sánchez, E., González-Badillo, J.J., Sánchez-Medina, L., Pallarés, J.G. (2017). Time course of recovery following resistance training leading or not to failure. *European Journal of Applied Physiology*, 117 (12), 2387–2399.
- Morin, Jean-Benoît, Edouard, P. ve Samozino, P. (2011). Technical ability of force application as a determinant factor of sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43 (9), 1680–1688.
- Morin, Jean-Benoît, Jiménez-Reyes, P., Brughelli, M., Samozino, P. (2019). When Jump Height is not a Good Indicator of Lower Limb Maximal Power Output: Theoretical Demonstration, Experimental Evidence and Practical Solutions. *Sports Medicine*, 49 (7), 999–1006.
- Morin, Jean-Benoît, ve Samozino, P. (2015). Interpreting Power-Force-Velocity Profiles for Individualized and Specific Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11 (2), 267-272.
- Muñoz-López, M., Marchante, D., Cano-Ruiz, M.A., Chicharro, J.L., Balsalobre-Fernández, C. (2017). Load-, Force-, and Power-Velocity Relationships in the Prone Pull-Up Exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12 (9), 1249–1255.
- Munro, C.F., Miller, D.I. ve Fuglevand, A.J. (1987). Ground reaction forces in running: A reexamination. *Journal of Biomechanics*, 20 (2), 147–155.
- Murray, N.B., Gabbett, T.J. ve Townshend, A.D. (2018). The use of relative speed zones in Australian Football: Are we really measuring what we think we are? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13 (4), 442–451.
- Nagata, A., Doma, K., Yamashita, D., Hasegawa, H., Mori, S. (2020). The Effect of Augmented Feedback Type and Frequency on Velocity-Based Training-Induced Adaptation and Retention. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34 (11).
- Newton, R.U. ve Kraemer, W.J. (1994). Developing Explosive Muscular Power: Implications for a Mixed Methods Training Strategy. *Strength Conditioning Journal*, 16 (5).
- Orange, S.T., Metcalfe, J.W., Robinson, A., Applegarth, M.J., Liefieith, A. (2019). Effects

- of In-Season Velocity- Versus Percentage-Based Training in Academy Rugby League Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15 (4), 1–8.
- Padulo, J, Mignogna, P., Mignardi, S., Tonni, F., D'Ottavio, S. (2012). Effect of different pushing speeds on bench press. *International Journal of Sports Medicine*, 33 (5), 376–380.
- Padulo, Johnny, Migliaccio, G.M., Ardigò, L.P., Leban, B., Cosso, M., Samozino, P. (2017). Lower Limb Force, Velocity, Power Capabilities during Leg Press and Squat Movements. *International Journal of Sports Medicine*, 38 (14), 1083–1089.
- Pareja-Blanco, F, Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., Yanez-Garcia J.M., Morales-Alamo, D., Perez-Suarez, I., Calbet, J.A.L., González-Badillo, J.J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine Science in Sports*, 27 (7), 724–735.
- Pareja-Blanco, Fernando, Alcazar, J., Cornejo-Daza, P.J., Sánchez-Valdepeñas, J., Rodríguez-Lopez, C., Hidalgo-de Mora, J., Sanchez-Moreno, M., Bachero-Mena, B., Alegre, L.M. Ortega-Becerra, M. (2020). Effects of velocity loss in the bench press exercise on strength gains, neuromuscular adaptations, and muscle hypertrophy. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30 (11), 2154–2166.
- Pareja-Blanco, Fernando, Alcazar, J., Sánchez-Valdepeñas, J., Cornejo-Daza, P.J., Piqueras-Sanchiz, F., Mora-Vela, R., Sanchez-Moreno, M., Bachore-Mena, B., Ortega-Becerra, M., Alegre, L.M. (2020). Velocity Loss as a Critical Variable Determining the Adaptations to Strength Training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 52 (8), 1752–1762.
- Pareja-Blanco, Fernando, Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Ribas-Serna, J., López-López, C., Mora-Custodio, R., Yanez-Garcia, J.M., González-Badillo, J.J. (2017). Acute and delayed response to resistance exercise leading or not leading to muscle failure. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 37 (6), 630–639.
- Paule K., Madole, K., Garhammer, J., Lacourse, M., Rozenek, R. (2000). Reliability and Validity of the T-Test as a Measure of Agility, Leg Power, and Leg Speed in College-Aged Men and Women. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 14 (4).
- Pérez-Castilla, A., García-Ramos, A., Padial, P., Morales-Artacho, A.J., Feriche, B. (2020). Load-Velocity Relationship in Variations of the Half-Squat Exercise: Influence of Execution Technique. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34 (4), 1024–1031.
- Pérez-Castilla, A., Janicijevic, D., Akyildiz, Z., Senturk, D., García-Ramos, A. (2021). Assessment of Back-Squat Performance at Submaximal Loads: Is the Reliability Affected by the Variable, Exercise Technique, or Repetition Criterion? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18 (9).
- Pérez-Castilla, A., Jukic, I., Janicijevic, D., Akyildiz, Z., Senturk, D., García-Ramos, A. (2022). Load-Velocity Relationship Variables to Assess the Maximal Neuromuscular Capacities During the Back-Squat Exercise. *Sports Health*, 14 (6).

- Pérez-Castilla, A., Piepoli, A., Delgado-García, G., Garrido-Blanca, G., García-Ramos, A. (2019). Reliability and Concurrent Validity of Seven Commercially Available Devices for the Assessment of Movement Velocity at Different Intensities During the Bench Press. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 33 (5).
- Pérez-Castilla, A., Piepoli, A., Garrido-Blanca, G., Delgado-García, G., Balsalobre-Fernández, C., García-Ramos, A. (2019). Precision of 7 Commercially Available Devices for Predicting Bench-Press 1-Repetition Maximum From the Individual Load–Velocity Relationship. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14 (10), 1442–1446.
- Pérez-Castilla, A., Suzovic, D., Domanovic, A., Fernandes, J.F.T., García-Ramos, A. (2021). Validity of Different Velocity-Based Methods and Repetitions-to-Failure Equations for Predicting the 1 Repetition Maximum During 2 Upper-Body Pulling Exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35 (7), 1800–1808.
- Pérez Castilla, A., Piepoli, A., Garrido, G., Delgado García, G., Balsalobre-Fernández, C., García Ramos, A. (2019). Precision of 7 Commercially Available Devices for Predicting the Bench Press 1-Repetition Maximum From the Individual Load-Velocity Relationship. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14 (10).
- Pestaña-Melero, F. L., Haff, G.G., Rojas, F.J., Pérez-Castilla, A., García-Ramos, A. (2018). Reliability of the Load-Velocity Relationship Obtained Through Linear and Polynomial Regression Models to Predict the 1-Repetition Maximum Load. *Journal of Applied Biomechanics*, 34 (3), 184–190.
- Puthuchery, Z., Skipworth, J.R.A., Rawal, J., Loosemore, M., Van Someren, K., Montgomery, H.E. (2011). Genetic influences in sport and physical performance. *Sports Medicine*, 41(10), 845–859.
- Rahmani, A., Viale, F., Dalleau, G., Lacour, J.R. (2001). Force/velocity and power/velocity relationships in squat exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 84 (3), 227–232.
- Randell, A.D., Cronin, J. B., Keogh, J.W.L., Gill, N.D. (2010). Transference of Strength and Power Adaptation to Sports Performance—Horizontal and Vertical Force Production. *Strength Conditioning Journal*, 32 (4).
- Randell, A.D., Cronin, J.B., Keogh, J.W.L., Gill, N.D., Pedersen, M.C. (2011). Effect of instantaneous performance feedback during 6 weeks of velocity-based resistance training on sport-specific performance tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 5 (1), 87-93.
- Reilly, T. ve Piercy, M. (1994). The effect of partial sleep deprivation on weight-lifting performance. *Ergonomics*, 37 (1), 107–115.
- Rhea, M.R., Alvar, B.A., Burkett, L.E.E.N., BALL, S.D. (2003). A Meta-analysis to Determine the Dose Response for Strength Development. *Medicine Science in Sports Exercise*, 35 (3).
- Richens, B. ve Cleather, D.J. (2014). The relationship between the number of repetitions performed at given intensities is different in endurance and strength trained athletes. *Biology of Sport*, 31 (2), 157–161.
- Richmond, S.R. ve Godard, M.P. (2004). The effects of varied rest periods between sets

- to failure using the bench press in recreationally trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18 (4), 846–849.
- Rivière, J.R., Rossi, J., Jimenez-Reyes, P., Morin, J.-B., Samozino, P. (2017). Where does the One-Repetition Maximum Exist on the Force-Velocity Relationship in Squat? *International Journal of Sports Medicine*, 38 (13), 1035–1043.
- Rodiles-Guerrero, L., Pareja-Blanco, F. ve León-Prados, J.A. (2020a). Comparison of load-velocity relationships in two bench press variations: weight stack machine vs Smith machine. *Sports Biomechanics*, 21 (10), 1147–1159.
- Rodiles-Guerrero, L., Pareja-Blanco, F., ve León-Prados, J.A. (2020b). Effect of Velocity Loss on Strength Performance in Bench Press Using a Weight Stack Machine. *International Journal of Sports Medicine*, 41 (13), 921–928.
- Rodríguez-Rosell, D., Franco-Márquez, F., Mora-Custodio, R., González-Badillo, J.J. (2017). Effect of High-Speed Strength Training on Physical Performance in Young Soccer Players of Different Ages. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31 (9), 2498-2508.
- Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J.M., Mora-Custodio, R., Pareja-Blanco, F., Ravelo-García, A.G., Ribas-Serna, J., Gonzalez-Badillo, J.J. (2020). Velocity-based resistance training: impact of velocity loss in the set on neuromuscular performance and hormonal response. *Applied Physiology Nutrition Metabolism*, 45 (8), 817–828.
- Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J.M., Mora-Custodio, R., Pareja-Blanco, F., Ravelo-García, A.G., Ribas-Serna, J., González-Badillo, J.J. (2020). Velocity-based resistance training: impact of velocity loss in the set on neuromuscular performance and hormonal response. *Applied Physiology*, 45 (8), 817–828.
- Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J. M., Mora-Custodio, R., Sánchez-Medina, L., Ribas-Serna, J., González-Badillo, J. J. (2021). Effect of velocity loss during squat training on neuromuscular performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 31 (8), 1621–1635.
- Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J.M., Sánchez-Medina, L., Mora-Custodio, R., González-Badillo, J.J. (2020). Relationship Between Velocity Loss and Repetitions in Reserve in the Bench Press and Back Squat Exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34 (9), 2537–2547.
- Rooney, K.J., Herbert, R.D. ve Balnave, R.J. (1994). Fatigue contributes to the strength training stimulus. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26 (9), 1160–1164.
- Ruf, L., Chéry, C. ve Taylor, K.-L. (2018). Validity and Reliability of the Load-Velocity Relationship to Predict the One-Repetition Maximum in Deadlift. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32 (3).
- Sale, D.G. (1987). Influence of exercise and training on motor unit activation. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 15, 95–151.
- Samozino, P., Morin, J.-B., Hintzy, F., Belli, A. (2008). A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *Journal of Biomechanics*, 41, (14) 2940–2945.
- Samozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P.E., Belli, A., Morin, J.-B. (2012). Optimal force-velocity profile in ballistic movements--altius: citius or fortius? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44 (2), 313–322.

- Sampson, J.A. ve Groeller, H. (2016). Is repetition failure critical for the development of muscle hypertrophy and strength? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26 (4), 375–383.
- Sánchez-Medina, L., González-Badillo, J.J., Pérez, C. E., Pallarés, J.G. (2014). Velocity- and power-load relationships of the bench pull vs Bench press exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 35 (3), 209–216.
- Sanchez-Medina, L., Perez, C.E. ve Gonzalez-Badillo, J.J. (2010). Importance of the propulsive phase in strength assessment. *International Journal of Sports Medicine*, 31 (2), 123–129.
- Sanchez Moreno, M., Rodriguez Rosell, D., Blanco, F., Mora Custodio, R., González-Badillo, J. (2017). Movement Velocity as Indicator of Relative Intensity and Level of Effort Attained During the Set in Pull-Up Exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12, (10) 1–23.
- Šarabon, N., Kozinc, Ž. ve Marković, G. (2020). Force–velocity profile during vertical jump cannot be assessed using only bodyweight jump and isometric maximal voluntary contraction tasks. *Scientific Reports*, 10 (1), 19127.
- Schoenfeld, B.J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24 (10), 2857–2872.
- Schott, J., McCully, K. ve Rutherford, O.M. (1995). The role of metabolites in strength training. II. Short versus long isometric contractions. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 71 (4), 337–341.
- Scott, B., Duthie, G., Thornton, H. ve Dascombe, B. (2016). Training Monitoring for Resistance Exercise: *Theory and Applications*. *Sports Medicine*, 46 (5), 687–697.
- Shimano, T., Kraemer, W.J., Spiering, B.A., Volek, J.S., Hatfield, D.L., Silvestre, R., Vingren, J.R., Fragala, M.S., Maresh, C.M., Fleck, S.J., Spreuwenberg Luuk, P.B., Häkkinen, K. (2006). Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20 (4), 819–823.
- Spiering, B.A., Kraemer, W.J., Anderson, J.M., Armstrong, L.E., Nindl, B.C., Volek, J.S., Maresh, C.M. (2008). Resistance exercise biology: manipulation of resistance exercise programme variables determines the responses of cellular and molecular signalling pathways. *Sports Medicine*, 38 (7), 527–540.
- Stone, M.H., Pierce, K.C., Sands, W.A. Stone, M.E. (2006). Weightlifting: A Brief Overview. *Strength & Conditioning Journal*, 28 (1).
- Styles, W.J., Matthews, M.J. ve Comfort, P. (2016). Effects of Strength Training on Squat and Sprint Performance in Soccer Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30 (6).
- Suchomel, T.J., Nimphius, S., Bellon, C.R., Stone, M.H. (2018). The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports Medicine*, 48 (4), 765–785.
- Swinton, P.A., Lloyd, R., Keogh, J.W.L., Agouris, I., Stewart, A.D. (2014). Regression models of sprint, vertical jump, and change of direction performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28 (7), 1839–1848.

- Terzis, G., Spengos, K., Manta, P., Sarris, N., Georgiadis, G. (2008). Fiber Type Composition and Capillary Density in Relation to Submaximal Number of Repetitions in Resistance Exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22 (3).
- Thomas, G.A., Kraemer, W.J., Spiering, B.A., Volek, J.S., Anderson, J.M., Maresh, C. M. (2007). Maximal Power at Different Percentages of one Repetition Maximum: Influence of Resistance And Gender. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21 (2).
- Thompson, S.W., Rogerson, D., Dorrell, H.F., Ruddock, A., Barnes, A. (2020). The Reliability and Validity of Current Technologies for Measuring Barbell Velocity in the Free-Weight Back Squat and Power Clean. *Sports*, 8 (7).
- Thorstensson, A., Grimby, G. ve Karlsson, J. (1976). Force-velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscles. *Journal of Applied Physiology*, 40 (1), 12–16.
- Torrejón, A., Balsalobre-Fernández, C., Haff, G.G., García-Ramos, A. (2019). The load-velocity profile differs more between men and women than between individuals with different strength levels. *Sports Biomechanics*, 18 (3), 245–255.
- Turner, A.N., Comfort, P., McMahon, J., Bishop, C., Chavda, S., Read, P., Mundy, P., Lake, J. (2020). Developing Powerful Athletes, Part 1: *Mechanical Underpinnings. Strength & Conditioning Journal*, 42 (3).
- Vernon, A., Joyce, C. ve Banyard, H.G. (2020). Readiness to train: Return to baseline strength and velocity following strength or power training. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 15 (2), 204–211.
- Weakley, J., Mann, B., Banyard, H., McLaren, S., Scott, T., Garcia-Ramos, A. (2021). Velocity-Based Training: From Theory to Application. *Strength & Conditioning Journal*, 43 (2).
- Weakley, J., McLaren, S., Ramirez-Lopez, C., García-Ramos, A., Dalton-Barron, N., Banyard, H., Mann, B., Weaving, D., Jones, B. (2020a). Application of velocity loss thresholds during free-weight resistance training: Responses and reproducibility of perceptual, metabolic, and neuromuscular outcomes. *Journal of Sports Sciences*, 38 (5), 477–485.
- Weakley, J., McLaren, S., Ramirez-Lopez, C., García-Ramos, A., Dalton-Barron, N., Banyard, H., Jones, B. (2020b). Application of velocity loss thresholds during free-weight resistance training: Responses and reproducibility of perceptual, metabolic, and neuromuscular outcomes. *Journal of Sports Sciences*, 38 (5), 477–485.
- Weakley, J., Morrison, M., García-Ramos, A., Johnston, R., James, L., Cole, M.H. (2021). The Validity and Reliability of Commercially Available Resistance Training Monitoring Devices: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 51 (3), 443–502.
- Weakley, J., Ramirez-Lopez, C., McLaren, S., Dalton-Barron, N., Weaving, D., Jones, B., Till, K., Banyard, H. (2020). The Effects of 10%, 20%, and 30% Velocity Loss Thresholds on Kinetic, Kinematic, and Repetition Characteristics During the Barbell Back Squat. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15 (2), 180–188.
- Yao, W.-X., Fischman, M.G., ve Wang, Y.T. (1994). Motor Skill Acquisition and

Retention as a Function of Average Feedback, Summary Feedback, and Performance Variability. *Journal of Motor Behavior*, 26 (3), 273–282.