

Direnç Antrenmanlarına Güncel Yaklaşım: Hız Temelli Antrenman: Geleneksel Derleme

Current Approach to Resistance Training: Velocity-Based Training: Traditional Review

¹Onat ÇETİN^a, ²Selman KAYA^a, ³Yılmaz SUNGUR^{b,c}, ⁴Barbaros DEMİRTAŞ^d

^aYalova Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Yalova, Türkiye

^bAkdeniz Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Hareket ve Antrenman Bilimi, Antalya, Türkiye

^cGloria Sports Arena, Sporcu Sağlığı ve Atletik Performans Merkezi, Antalya, Türkiye

^dSakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Sakarya, Türkiye

ÖZET Direnç antrenmanları; maksimum kuvveti, kuvvet geliştirme hızını, güç çıktılarını ve bunların etkisinde atletik performans potansiyelini geliştirmek için önemli uyarıcılar olarak kabul edilmektedir. Teknolojik gelişmeler diğer alanlarda olduğu gibi direnç antrenmanı yöntemlerinin de ilerlemesini ve gelişmesini desteklemektedir. Hız temelli antrenman, direnç antrenmanlarında akut antrenman değişkenlerinin sporcunun hazır bulunuşluk düzeyine göre ve maksimal kuvvet testlerine ihtiyaç duyulmadan düzenlendiği bir otoregülasyon metodu formudur. Bu yöntemde antrenman yükünün, hacminin, sıklığının ve diğer faktörlerin belirlenmesi için egzersizlerinin tekrar döngüsündeki konsantrik fazında hız takibi kullanılmaktadır. Ayrıca submaksimal yükler kullanılarak 1 tekrar maksimum kuvvet düzeyini tahmin etmeye olanak sağlayabilmesi, hareket hızının takibiyle birlikte sporcuya performansı, motivasyonu ve yorgunluk düzeyi hakkında eş zamanlı geri bildirim sağlaması hız temelli antrenman yaklaşımını öne çıkaran diğer özelliklerdir. Hız temelli antrenman, hareket hızını ölçen ve ticari olarak ulaşılması kolay olan farklı cihazların yaygınlaşması nedeniyle geçmişten günümüze popülerlik kazanmaktadır. Hız temelli antrenmana karşı egzersiz profesyonelleri ve sporcular tarafından giderek artan ilgi ve yönelim, bu yöntemdeki terimlerin, kullanılan ekipmanların, metodların ve uygulama aşamalarının doğru anlaşılması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Dolayısıyla bu derlemenin amacı, araştırmacılar ve uygulayıcılar tarafından kullanımı gün geçtikçe artan ve direnç antrenmanlarında güncel bir yaklaşım olan hız temelli antrenman yöntemini bütünsel bir bakış açısıyla tanımlamak, kullanımındaki terimleri ve ekipmanları açıklamak ve uygulama basamakları hakkında bilgi vermektir.

ABSTRACT Resistance training is recognized as an important training stimulant to improve maximum strength, rate of force development, power output, and, under the influence of these, athletic performance potential. Technological developments support the progress and development of training methods as in other fields. Velocity-based training is a form of autoregulation method in which acute training variables of resistance training are set according to the athlete's readiness level and without the need for maximal strength tests. In this method, velocity is used in the concentric phase of the exercise repetition cycle to determine the training load, volume, frequency, and other variables. In addition, the ability to predict the 1 repetition maximum strength level by using submaximal loads, providing simultaneous feedback on the performance, motivation and fatigue level of the athlete together with the tracking of the movement speed are other features that highlight the velocity-based training approach. Velocity-based training is gaining popularity from past to present due to the proliferation of different commercially available devices that measure movement velocity. Increasing interest and orientation to velocity-based training by exercise professionals and athletes reveals the need for a correct understanding of the terms, the equipment used, methods, and application stages in this method. Therefore, this review aims to describe the velocity-based training a current method in resistance training, and increasingly used by researchers and practitioners, from a holistic perspective, to explain the terms and equipment in its use and give information about the application steps.

Anahtar Kelimeler: Hız temelli antrenman; direnç antrenmanları; kuvvet

Keywords: Velocity-based training; resistance training; strength

Kuvvet antrenmanları; kas boyutunda, kuvvetinde ve gücünde artışlara neden olan bir uyarıcıdır. Kuvvet antrenman programı tasarımı yoğunluk,

yük, tekrar sayıları, set sayıları, egzersiz türü, egzersiz sırası ve setler arası dinlenme gibi akut antrenman yükü değişkenleri dikkate alınmaktadır.^{1,2} On yıllar-

Correspondence: Onat ÇETİN

Yalova Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Yalova, Türkiye

E-mail: onat.cetin@yalova.edu.tr

Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences.

Received: 06 Aug 2021

Accepted: 06 Dec 2021

Available online: 15 Dec 2021

2146-8885 / Copyright © 2022 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



dır, kuvvet ve güç gibi kas performanslarını iyileştirmeye yönelik geleneksel yaklaşımın içeriği, bir tekrar maksimum (1TM) kuvvet düzeyinin çeşitli yüzdelerde egzersiz yapmak, egzersiz hacmini ve sıklığını değiştirmek olmuştur.³ “Yüzde temelli antrenman programlaması” olarak da adlandırılan bu yaklaşımda antrenörlerin her bir sporcu için 1TM değerlerini belirlemesi ve her bir egzersiz için ayrı ayrı 1TM ölçümü yapması gerekmektedir.⁴ Yüzde temelli antrenman programlanmasının; 1TM’nin doğrudan ölçümünü gerektirmesi, bu ölçümün yanlış uygulandığında acemi sporcularda yaralanma olasılığını artırması, hızlı değişebilen kuvvet seviyelerinden dolayı optimal antrenman yükünü belirlemek için sıklıkla test yapılmasına gerek duyulması, büyük sporcu grupları için oldukça zaman alıcı olması ve pratik olmaması gibi çoklu sınırlılıkları bulunmaktadır.⁵ Ayrıca bu yaklaşımda antrenmanlardan kaynaklı kümülatif yorgunluk, hidrasyon düzeyi, psikolojik ve sosyal stresörlerin neden olduğu maksimum kuvvet ve performanstaki günlük dalgalanmalar gibi etkenler göz ardı edilmektedir.⁶⁻⁸ Yüzde temelli antrenman programlamasının sınırlılıklarının üstesinden gelebilmek adına otoregülasyon metodu geliştirilmiştir.⁹ Otoregülasyon, antrenman yönergelerinin ve değişkenlerinin sporcunun hazır bulunuşluk düzeyine ve adaptasyon oranına göre düzenlendiği dalgalı bir periyodizasyon yaklaşımıdır.^{10,11} Otoregülasyon metodu esas olarak 3 önemli programı içermektedir. Bunlar; aşamalı direnç egzersizi programları (ADEP), algılanan zorluk düzeyi (AZD) programı ve hız temelli antrenman (HTA) programlarıdır.⁹ ADEP, tamamlanan tekrarlara bağlı olarak düzenlenen bir programdır ve sporcuların 1 ve 2. antrenman setlerinin şiddetinin önceden belirlenmesini, 4. setin ağırlıklarının ise 3. sette tamamlanmış tekrar sayılarına göre belirlenmesini gerektirmektedir.^{9,12} AZD programları ise çeşitli AZD ölçekleri kullanılarak düzenlenmektedir.¹³ Genellikle 10’lu (Borg CR10) ve 11’li (OMNI-RES) Likert ölçeklerin kullanıldığı bu programlamada, tamamlanan ilk set sonrasında sporcunun beyan ettiği subjektif AZD skoruna göre sonraki setlerin tekrar sayıları düzenlenmektedir.⁹ Fakat günlük optimal antrenman yükünün belirlenmesinde kullanılan ADEP ve AZD programları, sporcunun herhangi bir düzenleme yapılmadan önce 1 antrenman setini ta-

mamlamasını gerektirmektedir. HTA ise diğer otoregülasyon yöntemlerinden farklı olarak ısınma evresinde ya da yorgunluk oluşmadan, ilk setin uygulanmasından önce sporcunun performansı hakkında nicel bilgiler sağlayabilmektedir.³ HTA; akut antrenman değişkenlerinin sporcunun hazır bulunuşluk düzeyine göre ve maksimal kuvvet testlerine ihtiyaç duyulmadan düzenlendiği bir otoregülasyon metodu formudur. Bu yöntemde antrenman yükünün, hacminin, sıklığının ve diğer faktörlerin belirlenmesi için hız parametresi kullanılmaktadır.^{4,10} Genel olarak HTA, sportif performansın gelişiminde başlıca kuvvet egzersizlerinin tekrar döngüsündeki konsantrik fazında hız takibini temel alarak, egzersiz şiddetini düzenlemeyi amaçlamaktadır.¹⁴ HTA’nın 1TM’yi submaksimal yükler kullanılarak tahmin etmeye olanak sağlaması, hareket hızının takibiyle birlikte sporcuya performansı, motivasyonu ve yorgunluk düzeyi hakkında eş zamanlı geri bildirim sağlaması bu yöntemi öne çıkaran diğer avantajlarıdır.¹⁵⁻¹⁷ Dahası egzersizler esnasında, hareket ve bar hızını hassasiyetle ölçebilen ticari amaçlı ekipmanların (dikey pozisyon transdüserleri, akselerometre tabanlı inersiyal ölçüm üniteleri, 3 boyutlu ve 2 boyutlu hareket analiz sistemleri, mobil uygulamalar) artan popüleritesi HTA yönteminin araştırmacılar, egzersiz uzmanları ve uygulayıcılar tarafından kullanımını daha kolay hâle getirmektedir.^{2,18}

Bu derlemede, araştırmacılar ve uygulayıcılar tarafından kullanımı gün geçtikçe artan ve direnç antrenmanlarında güncel bir yaklaşım olan HTA yöntemi bütünsel bir bakış açısıyla tanımlanmış, kullanımındaki terimler açıklanmış ve uygulama basamakları hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca HTA yöntemi hakkında oldukça kısıtlı olan ulusal literatüre katkı sağlamak amaçlanmıştır.

DİRENÇ ANTRENMANLARINDA HIZIN KULLANIM GEREKÇELERİ

Direnç antrenmanlarında yük-hız ilişkisi, antrenmanın yoğunluğunu objektif olarak izlemek ve analiz etmek amacıyla ortaya çıkan bir yöntemdir.¹⁹ Direnç antrenmanları sırasında, hem nöromusküler taleplerin hem de antrenman etkisinin büyük ölçüde yüklerin kaldırıldığı hıza bağlı olmasından dolayı tekrar

hızının izlenmesi önem kazanmaktadır. Belirli bir (mutlak) yüke karşı elde edilen hız ne kadar yüksekse, yoğunluk o kadar büyük olur ve bu durum antrenman kalitesini etkilemektedir.²⁰ Bununla birlikte, çoğu olimpiik spor branşında bir sporcunun ne kadar hızlı kuvvet geliştirebileceğinin bir ölçüsü olan kuvvet geliştirme hızını (KGH) artırmak önemlidir. KGH'nin patlayıcı kuvvet antrenmanlarından sonra arttığı görülmüştür ve bu nedenle bir antrenman programının ana unsurlarından biri olarak kullanılmaktadır.²¹

Direnç antrenmanlarında hızın kullanım nedenlerini incelediğimizde, 3 ana sebep karşımıza çıkmaktadır. Birincisi, yük arttıkça, kaldırma hızında düşüş meydana gelmektedir. Bu hız kaybı, minimum hız eşiğine karşılık gelen bir 1TM yük elde edilmeye kadar devam eder.²² İkincisi, maksimal kuvvetin yüzdelik şiddeti ile hız arasında neredeyse mükemmel bir doğrusal ilişki vardır. Bu durum, araştırmalarda bir dizi egzersiz ve submaksimal yüklerde tutarlı bir şekilde gösterilmiştir.^{19,23} Üçüncüsü, yorgunluk arttıkça kas lifi kısalma-gevşeme hızlarında ve istemli egzersiz hızında azalmalara neden olan kuvvet üretme kapasitesinde geçici bir düşüş olmasıdır.^{20,24}

Yük-hız ilişkisinin incelendiği araştırmalar, 1970'li yıllara kadar dayanmaktadır. Bu dönemlerde, lineer dönüştürücüler kullanan Alman haltercilerin incelendiği araştırmalara rastlanmaktadır.²⁵ Yakın tarihte ise González-Badillo ve Sánchez-Medina'nın yapmış oldukları araştırma, bu konu üzerine güncel yaklaşımların dönüm noktası olmuştur.² Bu araştırmada, rölatif yük ile hız arasında yüksek ilişki doğrulanmış olup, bu ilişki sayesinde 1TM testine gerek duymadan submaksimal yüklerle 1TM'nin tahmin edilebileceği, herhangi bir yükün kaldırış hızına bağlı olarak 1TM'nin yüzde kaçına denk geldiğinin belirlenebileceği ve antrenman yükünün hıza göre dizayn ve takip edilebileceği rapor edilmiştir.²

Kuvvet antrenmanlarının, sporcuların güç ve hız gibi kinematik çıktılar üretmesinden dolayı yüksek nitelikte olması gerekmektedir.²⁶ Fakat sporcular, nöromusküler yorgunluk ve düşük motivasyon gibi nedenlerden dolayı bu çıktıları üst düzeye çıkaran antrenmanları uygulayamayabilirler.^{27,28} Teknolojik gelişmeler HTA ekipmanları ile her bir antrenmanı takip edebilmeye, spesifik ve bireyselleştirilmiş geri

bildirim kullanmaya olanak sağlamıştır.¹⁶ Direnç antrenmanları esnasında görsel ve sözel geri bildirim kullanımı, performans gelişimi ve adaptasyon için güçlü bir araçtır.²⁹ Geri bildirim kullanımı üzerine yapılan araştırmaların çoğu HTA esnasında, görsel ve işitsel geri bildirim kullanımının sporcularda performansı artırdığını rapor etmektedir.^{16,30-34}

HTA'DA KULLANILAN HIZ DEĞİŞKENLERİ VE MUTLAK HIZ BÖLGELERİ

HTA yönteminde hız, kullanılan yöntem ve parametrelere bağlı olarak çeşitli şekillerde ölçülebilir. Hız-yük ilişkisi belirlenirken en sık kullanılan ölçümler ortalama hız (OH), ortalama itici hız (OİH) ve zirve hızdır (ZH). Bu hız ölçümlerinin açıklamaları aşağıda verilmiştir.

Ortalama hız: Bir egzersizin konsantrik fazı boyunca kaydedilen tüm hızlardan alınan OH olarak tanımlanır.

Ortalama itici hız: Egzersiz esnasında ölçülen ivmelenmenin, yer çekimi hızına bağlı ivmelenmeden daha büyük olduğu noktadan ($\geq 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$) daha düşük olduğu noktaya ($\leq 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$) kadar olan konsantrik fazda kaydedilen OH'dir. Bu ölçümde, itici fazın izole edilmesi ile hareket aralığının sonuna doğru olan negatif ivmelenmeyi elemine etmek amaçlanır. Bu yüzden hız değerleri OH'den daha yüksek olmaktadır.

Zirve hız: Hareketin konsantrik fazında kaydedilen en yüksek hız değeridir.¹⁵

Araştırmacılar, 1TM tahmininde ve egzersiz yükü belirlemede hangi hız değişkeninin daha tutarlı ve güvenilir olduğuna dair egzersiz çeşitlerine ve egzersizlerin uygulanma şekline göre farklı sonuçlar rapor etmişlerdir.^{2,19,35} HTA uygulamalarında sık kullanılan dikey pozisyon transdüserlerin ve akselometre tabanlı ekipmanların kullanımında geçerli, güvenilir ve pratik bir ölçek olmasından dolayı OH değişkeninin kullanımı önerilmektedir.^{2,15,19} Fakat çeşitli egzersizlerde yük-hız ilişkisinin incelendiği araştırmalarda, OİH ile yük arasında yüksek ilişki olduğu da rapor edilmiştir.³⁵⁻³⁷ García-Ramos ve ark. HTA'da sık kullanılan 3 hız değişkenini (OH, OİH, ZH) karşılaştırdıkları araştırmalarında, "bench press"

egzersizinde OH'nin rölatif yüklerin takibinde en uygun hız değişkeni olduğunu belirtmişlerdir.¹⁹

HTA uygulamalarının önemli bir özelliği de uygulayıcıların antrenmanlarda geliştirmek istedikleri spesifik kuvvet çeşidini ilgili hız bölgelerinde takip edebilme imkânı vermesidir.³ Yüzde temelli geleneksel kuvvet antrenmanı programlamasında olduğu gibi 1TM'nin hedeflenen yüzdelerinde yapılan kuvvet antrenmanı uygulamaları, HTA'da hedeflenen antrenman türü ve şiddeti, rölatif kuvvet düzeyine denk gelen hız bölgelerinde yapılmaktadır. Aşağıda Mann ve ark. tarafından tanımlanan kuvvet antrenmanı çeşitleri ile HTA'da kullanılan mutlak hız bölgeleri-%1TM ilişkisini gösteren örnek uygulama aralıkları verilse de araştırmacılar OH ile %1TM ilişkisinin, egzersiz çeşidi, uygulama tekniği, cinsiyet veya ölçüm ekipmanına göre farklılık gösterebileceğini rapor etmişlerdir (Şekil 1).^{3,36-39} Dolayısıyla HTA yönteminin uygulanmasında, egzersiz türüne ve uygulanaşına göre bireysel hız-yük profili oluşturmak, optimal yüklenme yapabilmek adına oldukça önemlidir.

HTA'DA KULLANILAN CİHAZLAR

HTA, hareket hızını ölçen ve ticari olarak ulaşılabilir olan farklı cihazların yaygınlaşması nedeniyle geçmişten günümüze popülerlik kazanmıştır.³⁹⁻⁴¹ Dolayısıyla hareket hızını ölçmek için kullanılan ve işleyişlerinde çeşitli teknolojilerin kullanıldığı artan sayıda cihazlar mevcuttur.⁴² HTA'da kullanılan cihazları 4 başlık altında sınıflandırmak mümkündür.^{18,43}

a) Kamera tabanlı optoelektronik sistemler veya 3 boyutlu hareket analizi sistemleri,

b) Doğrusal hız dönüştürücü içeren izoinersiyal dinamometreler,

c) İnersiyal ölçüm üniteleri,

d) Akıllı telefon uygulamaları.

Hareketi izlemek için işaretleyicilerin kullanıldığı 3 boyutlu hareket analiz sistemleri bilimsel olarak "altın standart" olarak kabul edilse de pahalı ve pratikte kullanımı uzun zaman alan sistemlerdir.⁴⁴ Araştırmalarda ve uygulamalarda kullanılan bazı optoelektronik ve 3 boyutlu hareket analiz sistemi örnekleri: Velowin (Velowin, DeporTeC, Murcia, İspanya); Trio-OptiTrack (OptiTrack, NaturalPoint, Inc., ABD); 3DMOCAP (4 Kameralı, Vicon Sistem, İngiltere). Üç boyutlu analiz sistemlerinin pratik ve hesaplı olmaması gibi dezavantajlarından dolayı kuvvet ve kondisyon profesyonelleri, HTA yaklaşımında çoğunlukla aşağıda belirtilen diğer cihazları kullanmaktadırlar.⁴³

Doğrusal konum (hız) dönüştürücüler, tipik olarak bara bağlı bir kabloya sahip izoinersiyal bir dinamometreden oluşur ve hızı, ters dinamik yaklaşımı kullanarak kaydedilen yer değiştirme süresi verilerinden türetir.⁴⁵ Alanda sıklıkla kullanılan doğrusal hız dönüştürücü örnekleri: GymAware Power Tool (Kinetic Performance Technologies, Canberra, Avustralya); Vitruve (Eski adı Speed4Lift, Madrid, İspanya); T-Force (T-Force system; Ergotech, Murcia, İspanya); Chronojump (Chronojump Boscossystem, Barcelona, İspanya); Tendo Power (Tendo Power Analyzer Unit version 4.1.0, Tendo Sport Machines, Trecin, Slovakya).

İnersiyal ölçüm üniteleri hız, yön ve yer çekimi kuvveti hakkında bilgi sağlamak için ivme ölçerleri (genellikle 3 eksenli), bir jiroskobu (genellikle 3 eksenli) ve manyetik sensörleri bünyesinde birleştiren ünitelerdir.⁴⁶ Bu cihazların işleyişi kinematik ölçümler elde etmek için ham verilerin kablosuz iletimine

1TM YÜZDELERİ									
10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Başlangıç Kuvveti		Hız-Kuvvet		Kuvvet-Hız		İvmelenme Kuvveti		Mutlak Kuvvet	
HIZ BÖLGELERİ (m/s)									
>1.3		1-1.3		0.75-1		0.5-0.75		<0.5	

ŞEKİL 1: Kuvvet özelliklerine göre hız bölgeleri ve %1TM ilişkisi. 1TM: Bir tekrar maksimum.⁷

ve özel algoritmalarla dayanmaktadır.⁴⁷ HTA yaklaşımında sıklıkla kullanılan inersiyel ölçüm ünite örnekleri: PUSH band (PUSH, Inc., Toronto, Kanada); Beast Sensor (Beast sensor, Beast Technologies Srl., Brescia, İtalya), Barsensei (Assess2Perform, Montrose, ABD); Myotest (Myotest SA, Sion, İsviçre); Gyko Sport (Microgate, Bolzano, İtalya); Wimu RealTrack Systems (Almeria, İspanya).

Akıllı telefon uygulamaları, bu telefonlarda bulunan yüksek hızlı kamera sayesinde kaldırışların ağır çekim video kaydını alarak bar hızını ölçmek için tasarlanmıştır. Bu uygulamalar kaldırışın konsantrik fazındaki süreyi ölçmek için hareketin başlangıcını ve sonunu manuel olarak seçmeye ve videonun kare kare incelenmesine imkân vermektedir. Son olarak ortalama dikey bar hızı (m/s cinsinden), egzersizin konsantrik fazındaki hareket aralığının kaldırma süresine bölünmesiyle hesaplanmaktadır.³⁹ HTA’da Android ve IOS cihazlarda kullanılabilen mobil aplikasyon örnekleri: My Lift App (v.9.1.3; IOS) (ABD), Barsense App (Barsense Weight Lifting Log, Martin Drashkov, Android App) (ABD).⁴⁸

HTA yaklaşımını kullanan uygulayıcılar, çeşitli teknolojilerin kullanıldığı birçok farklı ölçüm cihazı içerisinde hareket hızını doğru ve hassas ölçebilen aletleri kullanmalıdırlar.¹⁸ Bu nedenle kuvvet antrenmanı esnasında, kinematik parametreleri değerlendirmek için geçerliliği ve güvenilirliği belirlenmiş cihazları kullanmak önemlidir.⁴⁹ Literatürde farklı teknolojilerin kullanıldığı HTA cihazlarının geçerliliğinin ve güvenirliliğinin incelendiği ve bu cihazların karşılaştırıldığı özgün araştırmalar veya bu cihazların kıyaslamaları üzerine sistematik derlemeler mevcuttur.^{18,41,43,48,50-54} HTA yaklaşımında kullanılacak cihaz seçiminde; cihazların geçerlilik ve güvenilirliği, maliyeti (yıllık yazılım ücretleri de dâhil olmak üzere), HTA’nın farklı işlevlerinin (örneğin yük-hız profili oluşturma, 1TM’yi tahmin etme, eş zamanlı geri bildirim ve farklı hız değişkenleri ile ölçüm yapabilmek) yer aldığı yazılımlara sahip olma gibi kriterler göz önünde bulundurulmalıdır.

BİREYSEL YÜK-HIZ PROFİLİ OLUŞTURMA

HTA’da kullanılan ve belirli bir mutlak hızı temsil eden yükler, egzersizden egzersize değişiklik göstermektedir.^{23,55} Bu durum, HTA programlamasında mutlak “hız bölgeleri” kullanımını tartışılır hâle getirmektedir. Direnç antrenmanlarının şiddetinin optimize edilmesi, nöromusküler yorgunluğun etkileri ve hız aralıklarının kontrolü bireysel yük-hız profili oluşturularak düzenlenebilmektedir.⁵ Yük-hız profili oluşturma, belirli bir egzersizde hız ile eşleşen mutlak veya bağıl farklı yüklerin kullanıldığı ve Microsoft Excel (ABD) uygulamaları gerektiren bir yöntemdir.

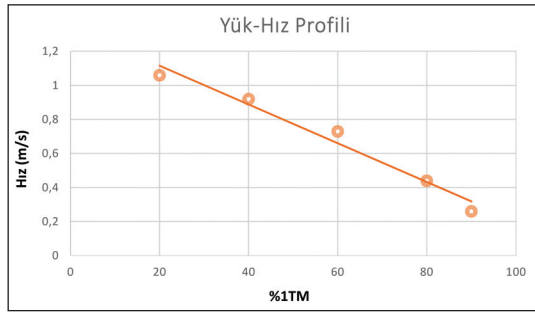
Bir dizi tekrar sayılarının kullanıldığı bu yöntemde fazla sayıda yükün değerlendirilmesi, profilin doğruluğunu da artırmaktadır.^{56,57} Bir antrenör için yük-hız profili ile antrenman yapmanın önemli yönü, antrenman uygulamaları arasındaki ve antrenman adaptasyonundan kaynaklı hız değişimlerinin ayırt edilebilmesidir.²⁹

Belirli bir egzersiz için bireysel yük-hız profili oluşturulurken, antrenör ve sporcuların uygulaması gereken bir dizi ölçüm ve analiz işlemi bulunmaktadır. İlk olarak ilgili egzersizde sporcunun maksimum kuvvetini belirlemek ve zaman içerisinde 1TM’nin yüzdelere denk gelen hızların izlenebilmesi için 1TM ölçümü yapılmalıdır. Yirmi dört saat dinlenme aralığının ardından güncel 1TM üzerinden kademeli bir yükleme testi uygulanmalıdır. İkişer dk dinlenme aralıkları ile 1TM’nin %20, %40 ve %60 ile 3 tekrar, %80’i ve %90’ı ile birer tekrar yapılarak, bu tekrarlar esnasındaki en yüksek hız değeri kaydedilir (Tablo 1). Bu kademeli yükleme testinin daha pratik olması adına 2-nokta yöntemi (örneğin %40-90 1TM) de kullanılabilir. Eğer yük-hız profili manuel olarak oluşturuluyorsa, bu aşamadan sonra bir dizi Excel işlemi yapılmalıdır. 1TM’nin yüzdelere denk gelen tekrarlardan elde edilen en yüksek hız verileri ile şid-

TABLO 1: Deadlift egzersizinde bir sporcunun yük-hız profilinden elde edilen ortalama hız değerleri ve 1TM ölçüm değeri.

Ortalama hız (m/s)	%1TM	Yük (kg)	Gerçek 1TM
1,06	20	40	200 kg
0,92	40	80	
0,73	60	120	
0,44	80	160	
0,26	90	180	

1TM: Bir tekrar maksimum.



ŞEKİL 2: Sporcunun deadlift egzersizinde elde edilen yük-hız profili. 1TM: Bir tekrar maksimum.

det (%1TM) eşleştirilerek bir doğru tablosu oluşturulur (Şekil 2).

Böylelikle yük-hız profili oluşturulmuş olur. Daha sonrasında antrenman seansı esnasında veya seanslar arasında antrenman yüklerini düzenlemek adına doğrusal bir regresyon denklemi kullanılabilir. Elde edilen bu tablo, yüzde temelli geleneksel yöntemde olduğu gibi 1TM'nin yüzdelere denk gelen hızlarda antrenman yapılmasına olanak sağlar.^{29,35,56,58} Manuel olarak yapılan bu işlemlere alternatif olarak HTA'da kullanılan ekipmanların çoğunun yazılımlarında yük-hız profili oluşturma veya 1TM'yi submaksimal yüklerle tahmin etme özellikleri bulunmaktadır.

YÜK-HIZ İLİŞKİSİNİN KULLANILDIĞI 1TM TAHMİN YÖNTEMLERİ

Sporcuların, kuvvet düzeyini ölçmek ve antrenman şiddetini belirlemek için çeşitli egzersizlerde 1TM testi uygulanmaktadır. Geleneksel 1TM testinin uygulanması özellikle takım sporlarında uzun zaman almakta, test esnasında sporcu tam performansını gösteremeyecek düzeyde yorgunluk seviyesine ulaşabilmekte ve yanlış hareket tekniği sakatlık riskini artırmaktadır. Ayrıca kuvvet antrenmanlarıyla birlikte 1TM kuvvet düzeyi kısa periyotlar içinde gelişebileceğinden dolayı sık sık ölçüm almak gerekebilmektedir.^{20,59} Tüm bu kısıtlayıcı etmenlerden dolayı spor bilimciler ve antrenörler doğrudan yapılan geleneksel 1TM testine alternatif olarak dolaylı yöntemlerle 1TM skorunu tahmin etmek üzerine çalışmalar yapmaktadırlar.⁶⁰ Geçmiş yıllarda bar hızını ölçmek için yeterli teknoloji bulunmasa da son dönemde kullanımı artan doğrusal pozisyon transdü-

sörleri ve akselerometreler sayesinde bar hızını görüntülemek mümkün olmuş ve yük-hız profili oluşturularak, dolaylı 1TM tahmini yapılmaya başlanmıştır.^{2,35}

Yük-hız ilişkisini kullanarak, 1TM tahmini yapmak için çeşitli rölatif yüzdelerin hızı ve yükü kaydedilip regresyon analizi yapılmaktadır. Doğrusal regresyon analizinin yanı sıra polinomal regresyon analizi kullanmış olsa da literatür incelendiğinde, doğrusal regresyon analizinin kullanımının oldukça yaygın olduğu görülmektedir.^{40,61-64} Ek olarak yük-hız profilinin doğruluğunu artırmak için polinomal analiz yerine doğrusal regresyon analizinin daha uygun olacağı da rapor edilmiştir.⁶⁵ Araştırmacılar, genel yük-hız profili üzerinden 1TM tahmini yapmış ve bu profil çeşidi kullanılarak, 1TM'nin doğru tahmin edilebileceğini ortaya koymuşlardır. Ancak daha az zaman harcayan bir yöntem olmasından ve daha az yorgunluğa neden olmasından dolayı bireysel hız-yük profili oluşturma daha uygun olacağını belirtmişlerdir.⁶¹

Bireysel hız-yük profili üzerinden dolaylı 1TM tahmini yapılan standart yöntemle “çoklu nokta yöntemi” denilmektedir.³² Çoklu nokta yönteminde, bireysel hız-yük profili oluşturulmakta ve 2'den fazla rölatif yükle (örneğin %20, %40, %60, %80 ve %90) doğrusal regresyon analizi kullanılarak 1TM tahmini yapılmaktadır.⁶¹ Çoklu nokta yöntemi üzerine yapılan araştırmalarda, bazı araştırmacılar bu yöntemin çeşitli egzersizlerde güvenilir bir yöntem olduğunu rapor ederken; bazı araştırmacılar ise bu yöntemin orta derecede güvenilir veya 1TM değerini doğru tahmin edemediğini belirtmişlerdir.^{40,59,61,62,66} Bireysel hız-yük profili oluşturularak, uygulanan çoklu nokta yönteminin uygulanmasının uzun sürmesinden ve yorgunluğa yol açmasından dolayı antrenman bilimciler yalnızca 2 yük ile 1TM tahmini yapılan “iki nokta yöntemi” ile ilgili çalışmalar ortaya koymuşlardır.⁶⁷ İki nokta yönteminde hangi 2 rölatif yüzdedeki hız ve yükün 1TM tahmini için en uygun noktalar olacağı tartışma konusu olmuş ve en uzak 2 noktanın yüksek geçerliliğe sahip olduğu, diğer noktaların güvenilirliğinin düşük olduğu belirtilmiştir.^{67,68} “Lat pull down” ve “seated row” egzersizlerinde 1TM tahmini için yapılan bir çalışmada, birbirine en uzak 2 noktanın (%40-85) kullanımı önerilmiştir.⁶⁸ Bir başka çalışmada, “bench press” egzersizinde

1TM tahmini için 2 nokta yönteminin yüksek geçerliliğe sahip olduğu vurgulanmıştır.¹⁹

Hız üzerinden 1TM tahmini için bireysel hız-yük profili oluşturma yöntemlerinin yanı sıra egzersizlerin standart şekilde uygulanması da bir başka önemli noktadır. Serbest ağırlıkların kullanıldığı dikey egzersizlerde, yatay değişimler meydana gelmesinden dolayı bu egzersizlerde uygun egzersiz formu ve tekniği sağlanmalıdır.^{56,69} Bu konu üzerine yapılan araştırmaların yöntem kısımlarında, egzersiz standardizasyonu vurgulanmaktadır. Örneğin squat egzersizinin standart bir şekilde yapılması için açı-ölçer, tripot ile açı kısıtlaması ve hareket analiz sistemleri gibi yöntemler kullanılırken yine squat egzersizi ve “bench press” egzersizi için hareket düzlemini sabit tutmak adına “smith machine” kullanılmıştır.^{40,65,67,70,71} Bunun yanı sıra “deadlift” egzersizinde, sırtın ve kalçanın tam ekstansiyon pozisyonuna gelmesi gözetilmiştir.⁶² Ayrıca hız verisi konsantirik fazda kaydedildiği için konsantirik faz olabildiğince yüksek hızda gerçekleştirilmeli, kas uzama kısalma döngüsü devreye sokulmadan sporcular, hareketin konsantrik bölümünden önce ortalama 1,30 sn kadar beklemelidir.^{65,72}

Sonuç olarak hız-yük profili üzerinden 1TM'nin tahmininde kullanılan hız temelli yöntemler konusunda, antrenman bilimciler arasında bir fikir birliği bulunmamaktadır. Bunun yanı sıra egzersiz programlarında uygulanmak üzere egzersiz özgüllüğünü, sporcu kuvvet seviyelerini ve cinsiyeti hesaba katan daha bireysel denklemler geliştirilmelidir.¹⁵

HTA'DA ANTRENMAN HACMİNİN BELİRLENMESİ

Geleneksel direnç egzersiz setleri, sporcuların önceden belirlenmiş tekrar sayısına ulaşana kadar belirli bir yükte art arda tekrarlar yapmasını gerektirmektedir.⁷³ Fakat direnç egzersiz yönergelerinde hız kaybı eşiklerinin kullanımı, kinetik ve kinematik çıktıların kontrol edilebilmesinden ve nöromusküler adaptasyonları etkileyebilmesinden dolayı artan bir ilgi görmektedir.⁷⁴ Araştırmacılar, kas lifi kasılma hızındaki düşüşlerin egzersize bağlı yorgunluk ve dahası egzersiz hızındaki istemli düşüşler ile ilişkili olduğunu rapor etmişlerdir.^{17,24} Böylelikle hız kaybının, hacim

ve rölatif şiddet yönergelerinin bir göstergesi olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.²⁹ Bu egzersiz yönergesi yöntemi, uygulayıcının bireysel kuvvet-dayanıklılık özelliklerindeki farklılıkları ve sporcuların egzersiz yaparken kuvvet üretme kapasitesindeki değişiklikleri kontrol edilmesine olanak sağlayabilir.⁷⁵ Özetle hız eşikleri tekli veya çoklu egzersiz setleri sırasında yorgunluğu takip edebilmek için kullanılabilir. Bu da standart set-tekrar şemaları yerine egzersiz şiddetinin objektif bir ölçüsü olan bar hızının kullanıldığı “esnek” tekrar şemalarının kullanımına imkân vermektedir.^{73,74}

Hız kaybı eşikleri, bir antrenman seansı sırasında ilk setin ilk tekrarında belirlenen maksimum ulaşılabilir hız çıkışından hesaplanır ve bir antrenman setinin ne zaman sonlandırması gerektiği konusunda uygulayıcıya rehberlik edebilmektedir. Bu yöntemde direnç antrenmanı sırasında hız kaybı eşikleri uygulandığında, tekrarlar esnasında önceden tanımlanmış bir OH'ye düşüldüğünde egzersiz seti sonlandırılır. Örneğin başlangıç tekrar hızı 0,70 m/s olan bir egzersizde, %10'luk bir hız kaybı eşiği uygulanırsa, bar hızı 0,63 m/s'ye ulaştığında set sonlandırılır.⁷⁵ Hız düşüş eşikleri üzerine yapılan araştırmalarda, farklı yüzdelerdeki hız düşüş eşiklerinin (%0, %10, %15, %20, %30 ve %40) etkileri incelenmiştir ve sporcuların bireysel hazır bulunuşluk (antrenman geçmişi ve farklı kassal dayanıklılık seviyeleri) durumuna göre aynı hız düşüş eşiğinde farklı sporcuların farklı sayılarda tekrarlar (örneğin %10 hız düşüşünde 2-11 tekrar, %30 hız düşüşünde 3-24 tekrar) yapması gerektiği tespit edilmiştir. Fakat tekrar sayıları için ortalama değerler alındığında, hız düşüş eşikleri azaldıkça tekrar sayıları da azalmaktadır.^{24,26,75,76} Daha da önemlisi antrenmanlarda farklı hız eşiklerinin kullanılmasının; kuvvet, güç ve hipertrofik adaptasyon üzerine farklı metabolik etkiler yaratmasıdır.⁷⁶ Farklı hız düşüş eşiklerinin, fiziksel performans ve morfolojik adaptasyon üzerine akut etkilerinin karşılaştırıldığı araştırmalarda, düşük hız düşüş eşikleri daha az antrenman hacmine, yorgunluğa ve düşük metabolik etkilere neden olurken bu parametreler hız düşüş eşiği büyüdükçe artmaktadır.^{17,74} Hız düşüş eşiklerinin kronik adaptasyonlar üzerine etkileri incelendiğinde ise düşük hız eşikleri güç seviyesi üzerinde daha fazla gelişim sağlarken,

kassal dayanıklılık üzerine daha az bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.^{29,75} Ayrıca hız düşüş eşiklerinin kas hacmi üzerine (hipertrofik adaptasyonlar) etkileri de farklı olmaktadır.²⁶ Düşük hız eşiklerinde Tip IIx miyozin ağır zincir [myosin heavy chain (MHC)] değişim oranı artarken; hız düşüş eşiği arttıkça Tip I MHC değişim oranı yükselmektedir.⁷⁶

Sonuç olarak direnç antrenmanı esnasında hız düşüş eşiklerinin kullanımı; doğru antrenman yükleri ve yönergeleri oluşturmak, çoklu antrenman setlerinde önceden belirlenmiş nöromusküler yorgunluk seviyesine ulaşmak ve setler arası birikmiş yorgunluk oluşmadan tekrarların optimal seviyede tamamlanmasını sağlamak adına önemli bir metodolojik yaklaşımdır.⁷⁵

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu derleme makalesi, HTA yaklaşımının daha iyi anlaşılması ve uygulanması adına yardımcı bir rehber sağlamayı amaçlamıştır. HTA'nın direnç antrenmanlarında kullanılan geleneksel yaklaşımların kısıtlılıklarına alternatif çözümler getirdiği görülmektedir. Direnç antrenmanlarında hareket hızının takibi, antrenmanların şiddetinin ve hacminin düzenlenmesinde bireysel ilkesine güçlü katkılar sağlamaktadır. Ayrıca eş zamanlı geri bildirim ve maksimal kuvvet düzeyinin submaksimal yüklerle tahmini HTA yaklaşımının önemli artılarıdır. Bu makeden yola çıkarak araştırmacılara, egzersiz profesyonellerine ve sporculara aşağıdaki uygulamalar önerilebilir.

■ HTA'da kullanılacak ekipman seçiminde ekipmanın maliyetinin yanı sıra geçerli, güvenilir ve hassas olmasına; antrenman yükünün takip edilmesinde kullanılan elzem verilerin ve analizlerin bu ekipmanların yazılım içeriğinde bulunmasına dikkat edilmelidir.

■ OH, doğrusal hız dönüştürücüler ve akselerometre temelli ekipmanların kullanımında geçerli, güvenilir ve pratik olmasından dolayı tercih edilebilecek ölçü olarak görünmektedir.

■ Yapılan araştırmaların çoğu HTA sırasında uygulanan geri bildirimlerin performansı artırdığını

göstermektedir. Dolayısıyla HTA uygulamalarında, tekrarlar esnasında görsel ve sözel geri bildirim verilmesi oldukça önemlidir.

■ HTA uygulamalarında, rölatif yük ve hız ilişkileri kullanılırken, mutlak hız bölgeleri verileri yerine bireyselleştirilmiş yük-hız profilinden elde edilmiş hız verileri tercih edilmelidir.

■ Araştırmalardan elde edilen sonuçlar yük-hız ilişkisi ile geçerli ve güvenilir 1TM tahmini yapmayı zorlaştırmaktadır. Bu yüzden submaksimal yüklerle 1TM tahmininde ilgili egzersizler ile ilişkili, geçerliliği ve güvenilirliği ispatlanmış yöntemlerin kullanılması gerekmektedir.

■ Optimal antrenman hacminin belirlenmesinde hız düşüş eşiklerinin kullanılması, nöromusküler yorgunluk ile ilişkili olarak doğru antrenman yüklerinin oluşturulmasında önemli ve etkili bir yöntemdir.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Onat Çetin, Selman Kaya, Yılmaz Sungur; **Tasarım:** Onat Çetin; **Denetleme/Danışmanlık:** Selman Kaya, Yılmaz Sungur, Onat Çetin, Barbaros Demirtaş; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Selman Kaya, Onat Çetin; **Analiz ve/veya Yorum:** Onat Çetin, Selman Kaya; **Kaynak Taraması:** Barbaros Demirtaş, Yılmaz Sungur, Selman Kaya; **Makalenin Yazımı:** Onat Çetin, Selman Kaya, Yılmaz Sungur, Barbaros Demirtaş; **Eleştirel İnceleme:** Onat Çetin, Selman Kaya, Yılmaz Sungur.

KAYNAKLAR

- Crewther B, Cronin J, Keogh J. Possible stimuli for strength and power adaptation: acute mechanical responses. *Sports Med.* 2005; 35(11):967-89. [Crossref] [PubMed]
- González-Badillo JJ, Sánchez-Medina L. Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *Int J Sports Med.* 2010;31(5):347-52. [Crossref] [PubMed]
- Mann JB, Ivey PA, Sayers SP. Velocity-based training in football. *Strength & Conditioning Journal.* 2015;37(6):52-7. [Crossref]
- Jovanović M, Flanagan EP. Researched applications of velocity based strength training. *J Aust Strength Cond.* 2014;22(2):58-69. Erişim linki: [Link]
- Nevin J. Autoregulated resistance training: does velocity-based training represent the future? *Strength & Conditioning Journal.* 2019;41:34-9. [Crossref]
- Enoka RM, Duchateau J. Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *J Physiol.* 2008;586(1):11-23. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Mann JB, Bryant KR, Johnstone B, Ivey PA, Sayers SP. Effect of Physical and Academic Stress on Illness and Injury in Division 1 College Football Players. *J Strength Cond Res.* 2016;30(1):20-5. [Crossref] [PubMed]
- Schoffstall JE, Branch JD, Leutholtz BC, Swain DE. Effects of dehydration and rehydration on the one-repetition maximum bench press of weight-trained males. *J Strength Cond Res.* 2001;15(1):102-8. [Crossref] [PubMed]
- Zhang X, Li H, Bi S, Luo Y, Cao Y, Zhang G. Auto-regulation method vs. fixed-loading method in maximum strength training for athletes: A systematic review and meta-analysis. *Front Physiol.* 2021;12:651112. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Mann JB, Thyfault JP, Ivey PA, Sayers SP. The effect of autoregulatory progressive resistance exercise vs. linear periodization on strength improvement in college athletes. *J Strength Cond Res.* 2010;24(7):1718-23. [Crossref] [PubMed]
- Shattock K, Tee JC. Autoregulation in resistance training: A comparison of subjective versus objective methods. *J Strength Cond Res.* 2020. [Crossref] [PubMed]
- ProQuest [Internet]. © 2021 ProQuest LLC [Erişim tarihi: 15.05.2021]. A programming comparison: The APRE vs. linear periodization in short term periods. Erişim linki: [Link]
- Helms ER, Cronin J, Storey A, Zourdos MC. Application of the repetitions in reserve-based rating of perceived exertion scale for resistance training. *Strength Cond J.* 2016;38(4):42-9. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Guerriero A, Varalda C, Piacentini MF. The role of velocity based training in the strength periodization for modern athletes. *J Funct Morphol Kinesiol.* 2018;3(4):55. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Mc Burnie AJ, Allen KP, Garry M, Martin M, Jones PA, Comfort P, et al. The benefits and limitations of predicting one repetition maximum using the load-velocity relationship. *Strength & Conditioning Journal.* 2019;41(6): 28-40. [Crossref]
- Randell AD, Cronin JB, Keogh JW, Gill ND, Pedersen MC. Effect of instantaneous performance feedback during 6 weeks of velocity-based resistance training on sport-specific performance tests. *J Strength Cond Res.* 2011;25(1):87-93. [Crossref] [PubMed]
- Sánchez-Medina L, González-Badillo JJ. Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(9):1725-34. [Crossref] [PubMed]
- Clemente FM, Akyildiz Z, Pino-Ortega J, Rico-González M. Validity and reliability of the inertial measurement unit for barbell velocity assessments: A systematic review. *Sensors (Basel).* 2021;21(7):2511. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- García-Ramos A, Pesta-a-Melero FL, Pérez-Castilla A, Rojas FJ, Gregory Haff G. Mean velocity vs. mean propulsive velocity vs. peak velocity: which variable determines bench press relative load with higher reliability? *J Strength Cond Res.* 2018;32(5):1273-9. [Crossref] [PubMed]
- González-Badillo JJ, Marques MC, Sánchez-Medina L. The importance of movement velocity as a measure to control resistance training intensity. *J Hum Kinet.* 2011;29A:15-9. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Maffiuletti NA, Aagaard P, Blazevich AJ, Folland J, Tillin N, Duchateau J. Rate of force development: physiological and methodological considerations. *Eur J Appl Physiol.* 2016;116(6):1091-116. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Izquierdo M, González-Badillo JJ, Häkkinen K, Ibáñez J, Kraemer WJ, Atadill A, et al. Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetitions to failure during upper and lower extremity muscle actions. *Int J Sports Med.* 2006;27(9):718-24. [Crossref] [PubMed]
- Conceição F, Fernandes J, Lewis M, González-Badillo JJ, Jimenez-Reyes P. Movement velocity as a measure of exercise intensity in three lower limb exercises. *J Sports Sci.* 2016;34(12):1099-106. [Crossref] [PubMed]
- González-Badillo JJ, Ya-ez-García JM, Mora-Custodio R, Rodríguez-Rosell D. Velocity loss as a variable for monitoring resistance exercise. *Int J Sports Med.* 2017;38(3):217-25. [Crossref] [PubMed]
- Richter G. Ein trainergerät zur objektivierung der sportartspezifischen schnellkraftfähigkeit und zur trainingssteuerung im gewichtheben. Theorie und praxis des leistungssports 11. Beiheft 3 Doppelheft. 1973:241-63. [Link]
- Pareja-Blanco F, Alcazar J, Sánchez-Valdepe-as J, Comejo-Daza PJ, Piqueras-Sánchez F, Mora-Vela R, et al. Velocity loss as a critical variable determining the adaptations to strength training. *Med Sci Sports Exerc.* 2020;52(8):1752-62. [Crossref] [PubMed]
- Roe G, Till K, Darrall-Jones J, Pibbs P, Weakley J, Read D, et al. Changes in markers of fatigue following a competitive match in elite academy rugby union players. *South African Journal of Sports Medicine.* 2016;28(1):2-5. [Crossref]
- Weakley JJS, Wilson KM, Till K, Read DB, Darrall-Jones J, Roe GAB, et al. Visual feedback attenuates mean concentric barbell velocity loss and improves motivation, competitiveness, and perceived workload in male adolescent athletes. *J Strength Cond Res.* 2019;33(9):2420-5. [Crossref] [PubMed]
- Weakley J, Mann B, Banyard H, McLaren S, Scott T, Garcia-Ramos A. Velocity-based training: From theory to application. *Strength & Conditioning Journal.* 2021;43(2):31-49. [Crossref]
- Nagata A, Doma K, Yamashita D, Hasegawa H, Mori S. The effect of augmented feedback type and frequency on velocity-based training-induced adaptation and retention. *J Strength Cond Res.* 2020;34(11):3110-7. [Crossref] [PubMed]
- Argus CK, Gill ND, Keogh JW, Hopkins WG. Acute effects of verbal feedback on upper-body performance in elite athletes. *J Strength Cond Res.* 2011;25(12):3282-7. [Crossref] [PubMed]
- Weakley J, Wilson K, Till K, Banyard H, Dyson J, Pibbs P, et al. Show me, tell me, encourage me: The effect of different forms of feedback on resistance training performance. *J Strength Cond Res.* 2020;34(11):3157-63. [Crossref] [PubMed]

33. Weakley J, Wilson K, Till K, Read D, Scantlebury S, Sawczuk T, et al. Visual kinematic feedback enhances velocity, power, motivation and competitiveness in adolescent female athletes. *Journal of Australian Strength and Conditioning*. 2019;27(3). [\[Link\]](#)
34. Wilson KM, de Joux NR, Head JR, Helton WS, Dang JS, Weakley JJS. Presenting objective visual performance feedback over multiple sets of resistance exercise improves motivation, competitiveness, and performance. *Proceedings Of The Human Factors And Ergonomics Society Annual Meeting*. 2018; 62(1):1306-10. [\[Crossref\]](#)
35. Jidovtseff B, Harris NK, Crielaard JM, Cronin JB. Using the load-velocity relationship for 1RM prediction. *J Strength Cond Res*. 2011;25(1):267-70. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
36. Helms ER, Storey A, Cross MR, Brown SR, Lenetsky S, Ramsay H, et al. RPE and velocity relationships for the back squat, bench press, and deadlift in powerlifters. *J Strength Cond Res*. 2017;31(2):292-7. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
37. García-Ramos A, Pesta-a-Melero FL, Pérez-Castilla A, Rojas FJ, Haff GG. Differences in the load-velocity profile between 4 bench-press variants. *Int J Sports Physiol Perform*. 2018;13(3):326-31. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
38. Torrejón A, Balsalobre-Fernández C, Haff GG, García-Ramos A. The load-velocity profile differs more between men and women than between individuals with different strength levels. *Sports Biomech*. 2019;18(3):245-55. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
39. Balsalobre-Fernández C, Marchante D, Baz-Valle E, Alonso-Molero I, Jiménez SL, Mu-óz-López M. Analysis of wearable and smartphone-based technologies for the measurement of barbell velocity in different resistance training exercises. *Front Physiol*. 2017;8:649. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
40. Banyard HG, Nosaka K, Haff GG. Reliability and validity of the load-velocity relationship to predict the 1RM back squat. *J Strength Cond Res*. 2017;31(7):1897-904. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
41. Pérez-Castilla A, Piepoli A, Garrido-Blanca G, Delgado-García G, Balsalobre-Fernández C, García-Ramos A. Precision of 7 commercially available devices for predicting bench-press 1-repetition maximum from the individual load-velocity relationship. *Int J Sports Physiol Perform*. 2019;14(10):1442-6. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
42. Martínez-Cava A, Hernández-Belmonte A, Courel-Ibáñez J, Morán-Navarro R, González-Badillo JJ, Pallarés JG. Reliability of technologies to measure the barbell velocity: Implications for monitoring resistance training. *PLoS One*. 2020;15(6):e0232465. Erratum in: *PLoS One*. 2020;15(7):e0236073. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
43. Pérez-Castilla A, Piepoli A, Delgado-García G, Garrido-Blanca G, García-Ramos A. Reliability and concurrent validity of seven commercially available devices for the assessment of movement velocity at different intensities during the bench press. *J Strength Cond Res*. 2019;33(5):1258-65. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
44. Ozkaya G, Jung HR, Jeong IS, Choi MR, Shin MY, Lin X, et al. Three-dimensional motion capture data during repetitive overarm throwing practice. *Sci Data*. 2018;5:180272. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
45. Harris NK, Cronin J, Taylor KL, Boris J, Sheppard J. Understanding position transducer technology for strength and conditioning practitioners. *Strength & Conditioning Journal*. 2010;32(4):66-79. [\[Crossref\]](#)
46. Ahmad N, Ghazilla RAR, Khairi NM, Kasi V. Reviews on various inertial measurement unit (IMU) sensor applications. *International Journal of Signal Processing Systems*. 2013;1(2): 256-62. [\[Crossref\]](#)
47. Abbott JC, Wagle JP, Sato K, Painter K, Light TJ, Stone MH. Validation of inertial sensor to measure barbell kinematics across a spectrum of loading conditions. *Sports (Basel)*. 2020;8(7): 93. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
48. Balsalobre-Fernández C, Kuzdub M, Poveda-Ortiz P, Campo-Vecino JD. Validity and reliability of the PUSH wearable device to measure movement velocity during the back squat exercise. *J Strength Cond Res*. 2016;30(7):1968-74. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
49. Sato K, Beckham GK, Carroll K, Bazylar C, Sha Z. Validity of wireless device measuring velocity of resistance exercises. *Journal of Trainology*. 2015;4(1):15-8. [\[Crossref\]](#)
50. Lorenzetti S, Lamparter T, Lüthy F. Validity and reliability of simple measurement device to assess the velocity of the barbell during squats. *BMC Res Notes*. 2017;10(1):707. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
51. McGrath G, Flanagan E, O'Donovan P, Collins D, Kenny I. Velocity based training: Validity of monitoring devices to assess mean concentric velocity in the bench press exercise. *J Aust Strength Cond*. 2018;26(1):23-30. [\[Link\]](#)
52. Jovanovic M, Jukic I. Within-unit reliability and between-units agreement of the commercially available linear position transducer and barbell-mounted inertial sensor to measure movement velocity. *J Strength Cond Res*. 2020. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
53. Beckham GK, Layne DK, Kim SB, Martin EA, Perez BG, Adams KJ. Reliability and criterion validity of the assess2perform bar sensei. *Sports (Basel)*. 2019;7(11):230. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
54. Grgic J, Scapec B, Pedisic Z, Mikulic P. Test-retest reliability of velocity and power in the deadlift and squat exercises assessed by the gymaware powertool system. *Front Physiol*. 2020;11:561682. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
55. Benavides-Ubric A, Díez-Fernández DM, Rodríguez-Pérez MA, Ortega-Becerra M, Pareja-Blanco F. Analysis of the load-velocity relationship in deadlift exercise. *J Sports Sci Med*. 2020;19(3):452-9. [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
56. Balsalobre-Fernández C, Torres-Ronda L. The implementation of velocity-based training paradigm for team sports: Framework, technologies, practical recommendations and challenges. *Sports (Basel)*. 2021;9(4):47. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
57. Science for sport [Internet]. © Copyright - Science for Sport Ltd 2016-2021 [Erişim tarihi: Nisan 2021]. Velocity based training. Erişim linki: [\[Link\]](#)
58. Complementary training [Internet]. ©2021 Complementary Training [Erişim tarihi: Nisan 2021]. How to create individualized exercise profile in strength training? Part 1: Testing. 2014. Erişim linki: [\[Link\]](#)
59. Picerno P, Iannetta D, Comotto S, Donati M, Pecoraro F, Zok M, et al. 1RM prediction: a novel methodology based on the force-velocity and load-velocity relationships. *Eur J Appl Physiol*. 2016;116(10):2035-43. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
60. Kravitz L, Akalan C, Nowicki K, Kinzey SJ. Prediction of 1 repetition maximum in high-school power lifters. *J Strength Cond Res*. 2003;17(1):167-72. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
61. García-Ramos A, Ulloa-Díaz D, Barboza-González P, Rodríguez-Perea Á, Martínez-García D, Quidel-Catrilalbún M, et al. Assessment of the load-velocity profile in the free-weight prone bench pull exercise through different velocity variables and regression models. *PLoS One*. 2019;14(2):e0212085. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
62. Ruf L, Chéry C, Taylor KL. Validity and reliability of the load-velocity relationship to predict the one-repetition maximum in deadlift. *J Strength Cond Res*. 2018;32(3):681-9. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
63. García-Ramos A, Barboza-González P, Ulloa-Díaz D, Rodríguez-Perea A, Martínez-García D, Guede-Rojas F, et al. Reliability and validity of different methods of estimating the one-repetition maximum during the free-weight prone bench pull exercise. *J Sports Sci*. 2019;37(19):2205-12. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
64. Pérez-Castilla A, Suzovic D, Domanovic A, Fernandes JFT, García-Ramos A. Validity of different velocity-based methods and repetitions-to-failure equations for predicting the 1 repetition maximum during 2 upper-body pulling exercises. *J Strength Cond Res*. 2021;35(7):1800-8. [\[PubMed\]](#)

65. Banyard HG, Nosaka K, Vernon AD, Haff GG. The reliability of individualized load-velocity profiles. *Int J Sports Physiol Perform*. 2018;13(6):763-9. [[Crossref](#)] [[Pubmed](#)]
66. Hughes LJ, Banyard HG, Dempsey AR, Scott BR. Using a load-velocity relationship to predict one repetition maximum in free-weight exercise: A comparison of the different methods. *J Strength Cond Res*. 2019;33(9):2409-19. [[Crossref](#)] [[Pubmed](#)]
67. Garcia-Ramos A, Jaric S. Two-point method: A quick and fatigue-free procedure for assessment of muscle mechanical capacities and the 1 repetition maximum. *Strength and Conditioning Journal*. 2018;40(2):54-66. [[Crossref](#)]
68. Pérez-Castilla A, Jaric S, Feriche B, Padial P, García-Ramos A. Evaluation of muscle mechanical capacities through the two-load method: Optimization of the load selection. *J Strength Cond Res*. 2018;32(5):1245-53. [[Crossref](#)] [[Pubmed](#)]
69. Cormie P, McBride JM, McCaulley GO. Validation of power measurement techniques in dynamic lower body resistance exercises. *J Appl Biomech*. 2007;23(2):103-18. [[Crossref](#)] [[Pubmed](#)]
70. Bazuelo-Ruiz B, Padial P, García-Ramos A, Morales-Artacho AJ, Miranda MT, Feriche B. Predicting maximal dynamic strength from the load-velocity relationship in squat exercise. *J Strength Cond Res*. 2015;29(7):1999-2005. [[Crossref](#)] [[Pubmed](#)]
71. Sánchez-Medina L, González-Badillo JJ, Pérez CE, Pallarés JG. Velocity-and power-load relationships of the bench pull vs. bench press exercises. *Int J Sports Med*. 2014;35(3):209-16. [[Crossref](#)] [[Pubmed](#)]
72. Sanchez-Medina L, Perez CE, Gonzalez-Badillo JJ. Importance of the propulsive phase in strength assessment. *Int J Sports Med*. 2010;31(2):123-9. [[Crossref](#)] [[Pubmed](#)]
73. Suchomel TJ, Nimphius S, Bellon CR, Hornsby WG, Stone MH. Training for muscular strength: Methods for monitoring and adjusting training intensity. *Sports Med*. 2021;51(10):2051-66. [[Crossref](#)] [[Pubmed](#)]
74. Weakley J, McLaren S, Ramirez-Lopez C, García-Ramos A, Dalton-Barron N, Banyard H, et al. Application of velocity loss thresholds during free-weight resistance training: Responses and reproducibility of perceptual, metabolic, and neuromuscular outcomes. *J Sports Sci*. 2019;1-9. [[Crossref](#)] [[Pubmed](#)]
75. Weakley J, Ramirez-Lopez C, McLaren S, Dalton-Barron N, Weaving D, Jones B, et al. The effects of 10%, 20%, and 30% velocity loss thresholds on kinetic, kinematic, and repetition characteristics during the barbell back squat. *Int J Sports Physiol Perform*. 2020;15(2):180-8. [[Crossref](#)] [[Pubmed](#)]
76. Pareja-Blanco F, Rodríguez-Rosell D, Sánchez-Medina L, Sanchis-Moysi J, Dorado C, Mora-Custodio R, et al. Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scand J Med Sci Sports*. 2017;27(7):724-35. [[Crossref](#)] [[Pubmed](#)]