



Kuvvet Antrenmanlarına Hız Temelli Yaklaşım: Geleneksel Derleme

Velocity- Based Approach to Strength Training: A Traditional Review

¹Eda BAYTAŞ, ²Mesut TÜKENMEZ, ^{3*}Ezgi AYZAZ

¹İstanbul Nişantaşı Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Egzersiz ve Spor Bilimleri Bölümü, İstanbul, Türkiye.

²Ege Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Spor Bilimleri Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye.

³İstanbul Nişantaşı Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, İstanbul, Türkiye.

* Corresponding author / Sorumlu Yazar: Ezgi AYZAZ , E-posta: ezgi.ayaz@nisantasi.edu.tr

Araştırma Makalesi / Research Article

Gönderi Tarihi / Received :25.11.2024

Kabul Tarihi / Accepted :16.12.2024

Online Yayın Tarihi / Published : 31.12.2024

Özet

Hız temelli kuvvet antrenmanları, kuvvet kondisyonerleri tarafından sporcuların kuvvet yüklerini anlık olarak değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır. Geleneksel kuvvet antrenmanlarında karşılaşılan başlıca problemler, sporcuların günlük 1 TM (bir tekrar maksimum) kuvvetlerinin değişkenlik göstermesi ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte klasik antrenman yöntemlerinin geçerliliğinin azalmasıdır. Bu durum, araştırmacıları farklı yeni metotlar geliştirmeye yöneltmiştir. Geleneksel kuvvet antrenmanlarında uygulanan yüklerin, sporcuların günlük 1 TM kuvvetindeki dalgalanmalar nedeniyle, alternatif bir yöntem olarak hız temelli kuvvet antrenmanı (HTKA) geliştirilmiştir. HTKA, direnç antrenmanlarında veri olarak kullanılmasına olanak tanımaktadır. Bu derleme, hız temelli yaklaşımların nöromusküler ve fizyolojik yanıtlarını incelemek; avantajlı ve dezavantajlı yönlerini ele alarak hız temelli antrenman sistemlerini kılavuz niteliğinde sunmayı amaçlamıştır. Hareket hızının izlenmesi için kullanılan sistemler, günümüzde yük takibi yerine hız temelli yaklaşımı ön plana çıkarmaktadır. Kullanılan sistemlerin özellikleri, avantajları ve dezavantajları detaylı bir şekilde ele alınmıştır

Anahtar Kelimeler: Kuvvet antrenmanı, hız temelli antrenman, hız temelli performans analizi, antrenman optimizasyonu

Abstract

Velocity-based strength training (VBT) is used by strength conditioners to assess athletes' strength loads instantaneously. The main problems encountered in traditional strength training are the variability of athletes' daily 1 TM (one repetition maximum) strength and the decreasing validity of classical training methods with the development of technology. This situation has led researchers to develop different new methods. Due to the fluctuations in the daily 1 TM strength of athletes caused by the loads applied in traditional strength training, VBT has been developed as an alternative method. VBT allows it to be used as data in resistance training. This review aimed to examine the neuromuscular and, physiological responses of speed-based approaches and, to present velocity-based training systems as a guideline by addressing their advantages and disadvantages. The systems used to monitor movement speed nowadays emphasize the velocity-based approach instead of load monitoring. The features, advantages, and, disadvantages of the systems used are discussed in detail..

Keywords: Strength training, velocity-based training, velocity-based performance analysis, training optimization.

GİRİŞ

Kuvvet antrenmanları hız (Rønnestad ve diğerleri, 2008), çeviklik (Spiteri ve diğerleri, 2013), patlayıcı güç (Andersen ve diğerleri, 2010) ve motor beceriler (Suchomel, Nimphius, Stone, 2016) dahil olmak üzere atletik performansı geliştirilmesinde oldukça önemlidir. Kuvvet özelliği sporda başarı için kritik bir faktördür ve kuvvet seviyesi yüksek sporcuların daha başarılı olduğu görülmektedir (Zhang ve diğerleri, 2022; Aydos, Pepe ve Karakuş, 2004).

Kuvvet antrenmanları, kas boyutunda, kuvvetinde ve gücünde önemli artışlara yol açan etkili bir uyarıcı olarak kabul edilmekle beraber, kuvvet antrenman programlarının etkinliğinin artırılmasında yoğunluk, yük, tekrar sayıları, set sayıları, egzersiz türü, egzersiz sırası ve setler arası dinlenme süreleri gibi çeşitli akut antrenman yükü değişkenleri dikkate alınmaktadır. Bu unsurların doğru bir şekilde bir araya

getirilmesi, sporcuların kuvvet ve performans gelişimini optimize etmek için kritik öneme sahiptir. Dolayısıyla, kuvvet antrenman programlarının bilimsel temellere dayanarak yapılandırılması, sporcuların hedeflerine ulaşmalarında belirleyici bir rol oynamaktadır (González-Badillo ve Sánchez-Medina, 2010).

Geleneksel kuvvet antrenmanı planlamalarında genellikle bir tekrar maksimuma denk gelen yüklerle göre antrenman tasarlanmaktadır (Mann, Ivey ve Sayers, 2015). Sporcuların antrenman durumu, performansları, biyolojik faktörler, yorgunluk, beslenme programı ve uyku gibi çok sayıda faktör 1 TM'de %36'ya kadar dalgalanmalara neden olabilmektedir (Orser ve diğerleri, 2020).

González-Badillo ve Sánchez-Medina (2010) çalışmalarında rölatif yük ile hız arasında yüksek ilişki tespit ederek, 1 TM testi yapılmadan bir ağırlığın kaldırış hızına bağlı olarak 1 TM'nin % kaçına denk gelebileceği hesaplayarak hız temelli kuvvet çalışmalarının hız kazanmasına öncülük etmiştir.

Hız Temelli Antrenman (HTA)

Hız temelli antrenman (HTA), İngilizcesi Velocity Based Training (VBT) olarak ifade edilen antrenör ve/veya sporcuları bilgilendirmek ve kuvveti geliştirmek için hızı baz alarak kullanılan bir yöntem olarak ifade edilmektedir (Weakley ve diğerleri, 2021b).

Maksimum kuvvet, istemli kasılma sonucu kas-sinir sisteminin ortaya çıkardığı en büyük kuvvettir (Bompa, 2007). Bu nedenle, sporcuların bir defada üretebildikleri kuvvete 1 tekrar maksimum (1 TM) denir. Geleneksel kuvvet antrenmanları, 1 TM'nin belirlenmesi ve belirlenen yük üzerinden hesaplanan şiddet ve kapsamların tekrar sayıları ile entegre edilmesiyle sürdürülürken (Mann ve diğerleri, 2015), hız temelli antrenmanlar (HTA), kuvvetin geliştirilmesinde kullanılan bir antrenman yöntemidir.

HTA'ları sporcuların hangi hızlarda antrenman yapılması gerektiğini belirleyen ve her tekrar sonucu eş zamanlı olarak anlık geri bildirim verilmesi ile fiziksel özellikler ve günlük performans değişimlerini gösteren kuvvet antrenman yöntemidir (Mann, ve diğerleri, 2015). Bu yöntem ayrıca kuvvet antrenmanlarında hız kaybı eşiklerinin gözlemlenmesine olanak sağlamaktadır (Padulo ve diğerleri, 2012). Yapılan egzersizin hareket hızını takip etmek için bazı teknolojik cihazlar kullanılır (Atabaş, 2022). Hız temelli antrenmanlar, kuvvet antrenmanlarının tüm bölümlerine uygulanmaktadır ve set sayısı, tekrar sayısı, gibi kuvvet antrenman değişkenlerini desteklemektedir (Weakley ve diğerleri, 2020). HTKA, modelinden, anlık geri bildirim alınabilmesi sporcuların günlük performanslarının izlenerek ve sporcuların gelişimleri takip edilmesini kolaylaştırmaktadır (McBurnie ve diğerleri, 2019). HTKA modeliyle sporcuların sakatlanma riski minimuma indirgenir ve sporcuların yorgunluk düzeyi ve motivasyonları hakkında da anlık bildirim alınmaktadır (Sanchez-Medina ve González-Badillo, 2011). Farklı kuvvet antrenmanlarının yazım ve uygulamalarındaki değişimler ve teknolojinin antrenman bilimlerinde kuvvet üzerine olan etkisi ve yenilikleri düşünüldüğünde sistemin sürdürülebilmesi ve minimum hata maksimum verim üzerinden kurgulanabilmesi, antrenman bilimlerinin önemle üzerinde durduğu ve incelediği konular arasında yer almaktadır. Genel olarak hız temelli kuvvet antrenmanı, sportif performansın geliştirilmesinde, temel kuvvet egzersizlerinin tekrar döngüsünde konsantrik fazda, hız takibini esas alarak egzersiz şiddetini düzeyini belirlenmesini hedeflemektedir (Çetin ve diğerleri, 2022).

Hız Temelli Kuvvet Antrenmanlarının Fizyolojik ve Nöromüsküler Yanıtları

Hız temelli kuvvet antrenmanı (HTKA) uygulamaları sırasında, kasların enerji üretiminde hem anaerobik hem de aerobik sistemlerin etkinliği belirgin şekilde artmaktadır. HTKA, kas liflerinin daha etkili bir şekilde aktive edilmesine olanak tanıyarak enerji üretimini optimize eder (Gonzalez-Badillo ve Sanchez-Medina, 2010). Lahti ve diğerleri (2020), hız temelli antrenmanların tip-2a lif tipinde hızlı liflere doğru kayma olabileceğini ve sporcuların patlayıcı güçlerini artırdığını gözlemlemiştir.

Değişen yoğunluktaki egzersizler sırasında, mekanik stres, metabolik zorlanma ve uzun süreli, yoğun kas eforu gibi birden fazla faktör nedeniyle kas hasarı oluşmaktadır. Kas hasarı sırasında sarkomer, sitoskeletal elemanlar ve sarkolemma bozulur (Kim ve Lee, 2015). Kreatin kinaz veya miyogloblin gibi enzimlerin konsantrasyonlarının artması sonucunda kas hasarı oluşur (Clarkson ve Hubal, 2002; Peake ve diğerleri, 2005). Yoğun egzersizi takiben toplam kreatin kinaz değerindeki artış, sarkomer ve Z-disk seviyelerindeki iskelet kası yapılarına verilen hasar nedeniyle meydana gelir (Clarkson ve Hubal, 2002; Devaney ve diğerleri, 2007; Hubal ve diğerleri, 2010). Hız temelli kuvvet antrenmanı, kas hasarını artıran mekanizmaları harekete geçirir. Mekanik stres, metabolik zorlanma ve yoğun kas eforu, kas yapılarında hasara yol açarak kreatin kinaz ve miyogloblin gibi enzimlerin seviyelerini yükseltir. Bu durum, antrenman sonrası iyileşme süreçlerinin yönetilmesi açısından önemlidir. Antrenman programlarının bu faktörler göz önünde bulundurularak dizayn edilmesi hem performans artışı hem de yaralanma riskinin azaltılması açısından kritik öneme sahiptir.

Bununla birlikte, HTKA uygulamaları yoğun egzersiz esnasında laktat seviyelerinin artışına yol açabilir; bu durum, kasların yüksek yoğunluklu antrenmanlara karşı gösterdiği adaptif tepkileri yansıtmaktadır (Gonzalez-Badillo ve Yanez-Garcia, 2017). Bu nedenle, HTKA'nın enerji metabolizması üzerindeki etkileri, sporcuların performansını artırmak ve antrenman programlarını optimize etmek açısından oldukça önemlidir.

Hız temelli kuvvet antrenmanın nöromüsküler yanıtları da dikkate değerdir. HTKA uygulamaları, kas liflerinin daha etkili bir şekilde aktive olmasını sağlayarak, antrenman sırasında sinir sisteminin yanıtını optimize edebilmektedir. Bu durum, kasların daha fazla kuvvet üretmesini ve daha yüksek sıçrama performansları sergilemesini mümkün kılar. Rossi ve ark. (2024), HTKA'nın uygulandığı grupta, geleneksel yüzde tabanlı antrenman yöntemlerine kıyasla daha belirgin gelişmeler gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, kas hasarı göstergeleri açısından gruplar arasında önemli bir fark bulunmaması, HTKA'nın kas hasarını minimize ederek daha etkili bir antrenman yöntemi sunduğunu göstermektedir. Genel olarak, HTKA'nın nöromüsküler yanıtları geliştirme potansiyeli, güç ve kondisyon uzmanlarının bu yöntemi uygulamalarında dikkate almaları gereken önemli bir faktördür.

HTKA yanıtları incelendiğinde, bu antrenmanın kas liflerinin daha etkili bir şekilde aktive edilmesini sağladığı görülmektedir. Motor ünitelerin daha fazla sayıda ve daha yüksek bir hızda aktive olmasına yol açar (Gonzalez-Badillo ve Sanchez-Medina, 2010). Ayrıca, HTKA'nın hem kronik hem de akut etkileri mevcut olduğu gözlemlenmektedir.

Akut yanıtlar açısından, hız kaybının azalması durumunda metabolik tepkilerde, antrenman kapsamında, algılanan zorluk düzeyinde ve nöromüsküler tükenme seviyelerinde bir azalma gözlemlenmektedir. Ancak, hız kaybının artması halinde bu yanıtların daha fazla arttığı saptanmıştır. Kronik adaptasyonlar değerlendirildiğinde, yüksek hızlarda kas hacminde sınırlı değişiklikler meydana gelirken, Tip II miyozin ağır zincirlerinde bir artış ve Tip I miyozin ağır zincirlerinde bir azalma görülmektedir. Bu durum, kas dayanıklılığında daha az gelişim ile güçte belirgin bir artışa yol açmaktadır. Diğer yandan, daha düşük hızlarda kas hacminde daha belirgin değişimler yaşanmakta; Tip II miyozin ağır zincirlerinde bir azalma, Tip I miyozin ağır zincirlerinde ise bir artış meydana gelmektedir. Bu bağlamda, kas dayanıklılığında daha fazla gelişim sağlanırken, güçte daha az bir artış gözlemlenmektedir (Weakley ve diğerleri, 2020).

Ayrıca, HTKA sinir sisteminin kaslara olan iletişimini geliştirerek kasların daha hızlı ve etkili bir şekilde yanıt vermesini sağlar; bu durum, sinir iletim hızındaki artışla birlikte sporcuların performansını artırır (Aagaard, 2003). HTKA, kas gücünü ve patlayıcılığı artırmaya yönelik etkili bir yöntemdir; yüksek hızda yapılan egzersizler, kasların güç üretme kapasitesini artırarak genel atletik performansı iyileştirir (Cormie, McGuigan ve Newton, 2010). Bunun yanı sıra, hız temelli antrenman motor kontrolün geliştirilmesine yardımcı olur, böylece sporcular hareketlerini daha iyi koordine edebilir ve

yaralanma riskini azaltabilir (Behm ve Sale, 1993). Son olarak, HTKA, nöromüsküler sistemin yeniden kayıt ve adaptasyon süreçlerini hızlandırarak sporcuların antrenman sonrası iyileşme süreçlerini optimize eder (Maffiuletti, 2010).

HTKA'nın hem akut hem de kronik fizyolojik etkileri gözlemlenmektedir. Uygulamalar sırasında kalp atış hızında belirgin bir artış meydana gelir. Bu durum, egzersiz yoğunluğunun artmasıyla birlikte kardiyovasküler sistemin vücuda daha fazla oksijen ve besin maddesi sağlamak amacıyla kalp debisini artırma gerekliliğini ortaya koyar. Dolayısıyla, kalp atış hızındaki bu artış, antrenmanın fizyolojik yükünü ve etkisini değerlendirmede önemli bir parametre olarak kabul edilmektedir (Gonzalez-Badillo ve Sanchez-Medina, 2010). Benzer şekilde, egzersiz sırasında solunum hızı da belirgin bir şekilde artar; bu artış, vücudun artan oksijen ihtiyacını karşılamak içindir. Böylece, solunum hızındaki bu yükseliş, fiziksel aktivitenin yoğunluğuna bağlı olarak metabolizmanın ve kardiyopulmoner sistemin etkinliğini değerlendirmek için önemli bir gösterge haline gelir (Buchheit ve Laursen, 2013).

HTKA uygulamaları sırasında vücut ısısında da artış gözlemlenir. Bu durum, kas aktiviteleri sırasında ısının birikmesi ve metabolik süreçlerin hızlanmasıyla ilişkilidir (Gonzalez-Badillo ve Yanez-Garcia, 2017). Ayrıca, egzersiz sırasında kan basıncında değişiklikler meydana gelir; özellikle sistolik kan basıncının artması beklenir. Bu, kalbin daha fazla kan pompalaması ve kasların daha fazla oksijen alması gerektiği anlamına gelir (McArdle, Katch ve Katch, 2010). Son olarak, HTKA uygulamaları sırasında kas hasarının göstergesi olan kreatin kinaz seviyeleri izlenebilir. Bu biyomarkerler, antrenmanın kas üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır (Häkkinen ve Komi, 1986).

Hız Temelli Kuvvet Antrenman Planlanması

Geleneksel kuvvet antrenmanları, sporcuların önceden belirledikleri tekrar sayılarına ulaşana kadar belirlenen yüklerde art arda tekrarlar yapmasını gerektirmektedir (Suchomel ve diğerleri, 2016). Geleneksel olarak uygulanan kuvvet antrenmanlarındaki yüklerin sporcularda günlük 1 tekrar maksimum kuvvetinin değişkenlik gösterdiği için alternatif olarak hız temelli kuvvet antrenmanı geliştirildiği ve direnç antrenmanlarında veri olarak kullanılmasına olanak sağlamıştır (Mann ve diğerleri, 2015). Kuvvet ve kondisyon antrenmanlarında hız temelli kuvvet antrenmanları aracılığıyla farklı antrenman yöntemlerini anlamak, etkili antrenman programları geliştirmek açısından büyük bir öneme sahiptir (Soslu ve Çuvalcıoğlu, 2021). Hız temelli kuvvet antrenmanlarının tasarımında dikkate alınması gereken birkaç kritik değişken bulunmaktadır. Bu değişkenler, optimal (yük belirleme), bireysel hız-yük profili oluşturma ve hız kaybının belirlenmesi gibi unsurları içermektedir. Bu unsurlar, antrenman programının etkinliğini artırmak ve sporcuların performansını optimize etmek amacıyla titizlikle değerlendirilmelidir.

Hız Temelli Kuvvet Antrenmanlarında Hız Değişkenleri ve Bölgeleri

Hız yük ilişkisini belirleyen, en sık kullanılan ölçümler; zirve hız (peak velocity), ortalama hız (mean velocity), (Perez-Castilla ve diğerleri, 2017; Tomasevicz vd, 2020) ve ortalama itici hız (mean velocity propulsive)'dir (Sanchez-Medina, Perez ve Gonzalez-Badillo, 2010). Ortalama hız ile ortalama itici hız arasındaki temel fark, ortalama hızın hareketin frenleme aşamasını hesaba katmamasıdır (Weakley ve diğerleri, 2021b). Ortalama hız, egzersizin tüm konsantrik dönemdeki ortalama hızı ifade ederken, zirve hız bu dönem içinde ulaşılan en yüksek hızı belirtir. Ortalama itici hız ise, ivmenin yer çekimine bağlı ivmeden daha fazla olduğu konsantrik fazın yavaşlama dönemini tanımlar ve bu durum sporcunun nöromüsküler yeteneğinin önemli bir göstergesi olarak kabul edilir (Dahlin, 2018).

Ortalama hız ve zirve hız ise hem test hem de eğitim amaçları için güç ve kondisyon uygulayıcılarına daha değerli bilgiler sağlamaktadır (Weakley ve diğerleri, 2021b). Dahlin (2018), temel kuvvet egzersizlerinde ortalama hızın kullanılmasını, güç temelli olimpik kaldırmalarda ise zirve hızın

kullanılmasını önermektedir. Kuvvet antrenmanlarında hız değişkenleri veya hız alanları her tekrar için belirlenebilmektedir. Hızı ölçmek, rekabetçiliği ve motivasyonu artırmak için etkili bir yöntemdir (Jovanović ve Flanagan, 2014).

Hız Temelli Kuvvet Antrenmanında Günlük 1 TM Belirleme

HTKA cihazı, giderek artan yoğunluklardaki hızları ölçerek maksimum kaldırma 1 TM tahmini yapabilir. Örneğin, %50 ve %80 yüklerdeki hız ölçülür ve ardından doğrusal regresyon kullanılarak tahmini 1 TM hesaplanır. Daha doğru bir hesaplama için bir egzersizin terminal hızını bilmek önerilir. Terminal hız, kaldırışı başarısız olmadan önce ölçülebilen minimum hızdır. Ancak, yapılan çalışmada (Bazuelo-Ruiz ve diğerleri, 2015), hem 2 hem de 4 noktalı denklemler kullanıldığında, tahmin edilen ve gerçek 1 TM değerleri arasında her iki egzersizde de önemli farklar olduğu bulunmuştur.

Yük ve Hız İlişkisi

Bireyin en fazla güç ürettiği yük olarak tanımlanan maksimum yükü belirlemek, yük-hız profili analiziyle mümkündür (Dahlin, 2018). Bireysel yük-hız profili; yaş, cinsiyet, sporcuların antrenman durumlarına ve sporcuların antropometrik özelliklere bağlı olarak farklı efor seviyelerini gösterebilir. Bu yüzden her sporcu için ayrı yük-hız profilleri oluşturmak çok önemlidir (Balsalobre-Fernández ve Torres-Ronda, 2021). Sporcuların güç çıktısını en etkili şekilde artırabilmesi için mümkün olan en yüksek dirençle antrenman yapmaları gerekmektedir. Teorik olarak, maksimum yükler, yüksek güç çıkışları elde etmek için ideal bir kuvvet ve hız kombinasyonu sunar (Dahlin, 2018). Özellikle hıza yönelik adaptasyonlarla ilgilenen ve yalnızca maksimum güç geliştirmeye odaklanmayan antrenörler için bu durum son derece önemlidir.

Geleneksel kuvvet antrenmanlarında mutlak yük, set, tekrar sayısı yerine egzersiz programlarında HTKA kullanılması, hem set hem de setler için antrenman hacmi ve yükünü otomatik olarak düzenlemeye, yorgunluk seviyelerinin belirlenmesine, günlük antrenman hazırlıklarının hesaplanmasına ve kişisel antrenman programına olanak sağlarken, sporcular arasında hem hız hem de güç çıktılarında yüksek oranda tutarlılık sağlamaktadır (Randell ve diğerleri, 2011). Bu yüzden, yüklerin doğru bir şekilde ayarlanması için, yük-hız ilişkisinin düzenli olarak değerlendirilmesi gerekmektedir (Weakley ve diğerleri, 2020).

Yük- Hız profili, antrenman seansları sırasında hızın ölçülmesi, antrenman programlarının etkinliğini ve sporcunun antrenman seviyesini değerlendirmeye yardımcı olacak 1 TM değerlerinin belirlenmesinde faydalı olmaktadır (Jovanovic ve Flanagan, 2014). HTKA programları, geleneksel kuvvet antrenman yöntemlerine göre, set sayılarında ve tekrar sayılarında esneklik tanıyarak, sporcuların fizyolojik özelliklerindeki farklılıkları azaltmaktadır (Weakley ve diğerleri, 2017).

Maksimal kuvvetin yüzdesi ile ilişkili olan hız, antrenman süresince tutarlı bir şekilde gözlemlenmektedir. Ancak, %1 TM'ye karşılık gelen hız, yorgunluk veya kısa süreli güç antrenmanları sonrasında değişebilmekte ve bu durum hız kaybına yol açabilmektedir (Weakley ve diğerleri 2021a). Bireysel olarak yük- hız profilleri hesaplandığında her 1 TM kuvvet yüzdesindeki hız sabittir. Bu nedenle sabit bir yük ile uygulama hızı, efor ve gerçek performansın iyi bir göstergesidir (Balsalobre-Fernández ve Torres-Ronda, 2021).

HTKA modellerinde kuvvette dayanıklılık için başlangıç seviye antrenmanlar, %30 hız kaybı eşiği, ilerleyen aşamalarda gelişen vücut kompozisyonu ile birlikte bu yüzde kayıplar azaltılarak kullanılması önerilmektedir (Soslu ve Çuvalcıoğlu, 2021). Hızdaki azalmalar, yorgunluk, aşırı antrenman veya antrenmansızlık gibi durumların göstergesi olabilir. Diğer yandan, daha yüksek hızlar, nöromüsküler kapasitedeki iyileşmeleri veya akut potansiyel artışlarını işaret edebilir (Cunanan ve diğerleri, 2018). Sporcuların hız temelli antrenman verileri yorumlanırken sporcuların anlık kondisyon ve yorgunluk durumlarının belirlenmesinde kullanılabilir.

Hız Kaybı Eşikleri

Hız kaybı eşikleri, antrenmanın ilk tekrarında belirlenen ve antrenman sırasında ulaşılabilen maksimum hızların tespit edilmesiyle elde edilmektedir. Bu süreç, antrenörler ve sporcular için antrenmanın ne zaman sonlandırılması gerektiğine dair karar verme konusunda yardımcı olmaktadır (Padulo ve diğerleri, 2012). Kuvvet antrenmanı sırasında hız kaybı eşikleri uygulandığında, tekrarlar sırasında önceden tanımlanmış ortalama hıza düşüldüğünde egzersiz sonlandırılmaktadır. 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 sonlandırılmaktadır (Weakley ve diğerleri, 2020).

Hız kaybı eşikleri üzerine yapılan araştırmalarda, farklı yüzdelerdeki hız kaybı eşiklerinin (%0, %10, %15, %20, %30 ve %40) etkileri incelenmiştir (González-Badillo ve diğerleri, 2017; Weakley ve diğerleri, 2020). Bu çalışmalarda, sporcuların bireysel hazır durumlarına (antrenman geçmişi, antrenman durumu ve farklı kasların dayanıklılık seviyeleri) bağlı olarak aynı hız kaybı eşiğinde farklı sporcuların farklı sayılarda tekrarlar yapması gerektiği tespit edilmiştir. Örneğin, %10 hız düşüşünde 2-11 tekrar, %30 hız düşüşünde ise 3-24 tekrar yapılması gerektiği belirlenmiştir. Ancak tekrar sayıları için ortalama değerler alındığında, hız kaybı eşikleri azaldıkça tekrar sayılarının da azaldığı gözlemlenmiştir (González-Badillo ve diğerleri, 2017; Weakley ve diğerleri, 2020). Hız temelli kuvvet antrenman modellerinde kuvvet dayanıklılığı için başlangıç seviye antrenmanlar için %30 hız kaybı eşiği önerilmektedir. İlerleyen aşamalarda kuvvet gelişimi ile birlikte yüzdeli kayıplar azaltılabilmektedir (Soslu ve Çuvalcıoğlu, 2021).

Hız kaybı eşiklerinin kullanımı, kinetik ve kinematik çıktıları kontrol etme yeteneği ve nöromüsküler adaptasyonları etkileyebilmesi nedeniyle giderek artan bir ilgi görmektedir (Weakley ve diğerleri, 2020). Literatürde farklı hız eşiklerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde, Sekulović ve diğerleri (2024) squat egzersizi için %30 hız kaybı ile çalışılmasını önermektedir. Rojas-Jaramillo ve diğerleri (2024), antrenmansız futbol sporcularında dikey sıçrama, güç ve süratin iyileştirilmesinde %10 hız antrenmanının %30 hız antrenmanından daha etkili olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, Pareja-Blanco ve diğerleri (2017), %15 hız ile yapılan antrenmanların %30 ile yapılan hız antrenmanlarından 1 tekrar maksimum (TM) ve dikey sıçrama performansında daha fazla gelişmeye neden olduğunu bulmuştur. Held ve diğerleri (2022) ise düşük hız kayıplarında yapılan çalışmaların, geleneksel kuvvet antrenmanlarına göre güç, sürat ve sıçrama performansını olumlu etkilediğini göstermektedir.

Sonuç olarak, hız kaybı eşiklerinin belirlenmesi ve uygulanması, sporcuların performansını optimize etmek, antrenman süreçlerini daha etkili hale getirmek ve yaralanma riskini azaltmak için önemli bir strateji sunmaktadır. Bu alandaki araştırmalar, antrenman programlarının bireysel ihtiyaçlara göre özelleştirilmesine olanak tanıyarak, sporcuların gelişiminde kritik bir rol oynamaktadır.

Neden Hız Temelli Kuvvet Antrenmanları Tercih Edilmelidir?

Sporcuların güç ve hız gibi kinematik çıktılar üretebilmesi için yüksek kalitede kuvvet antrenmanlarının tasarlanması gerekmektedir (Pareja-Blanco ve diğerleri, 2020). Bu nedenle hız, kuvvet antrenmanlarında, diğer kinetik veya kinematik çıktılara (örneğin, güç) göre daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun nedenlerinden birincisi, ağırlık artırıldıkça kaldırma hızında düşüşlerin meydana gelmektedir (Weakley, ve diğerleri, 2020). İkinci olarak, hız ile maksimum kapasitenin yüzdesi (yani %1 TM) arasında bulunan doğrusal ilişki bulunmaktadır. Bu durum, çeşitli egzersizler ve alt maksimum yükler üzerinde tutarlı bir şekilde gösterilmektedir (García-Ramos ve diğerleri, 2018). Üçüncü olarak ise, egzersizle ilişkili yorgunluk tanımlarının birçoğunda yer alan yorgunluk arttıkça kas liflerinin kısılma hızlarında, gevşeme sürelerinde ve kuvvet üretme kapasitesinde geçici bir düşüş yaşanmasıdır. Bu durum, isteğe bağlı egzersiz hızında azalmaya neden olmaktadır (González-Badillo ve diğerleri, 2017). Bu üç ana nedenden dolayı, kuvvet antrenmanlarının tasarımında hızın dikkate

alınması, sporcuların performansını optimize etmek için kritik bir öneme sahiptir. Antrenman programları, maksimum kapasitenin yüzdesine göre hız hedefleri belirlenerek yapılandırıldığında, sporcuların kuvvet ve güç üretiminde daha etkili sonuçlar elde etmeleri sağlanabilir. Ayrıca, yorgunluk seviyeleri göz önünde bulundurularak, antrenman sırasında hızın izlenmesi, kas liflerinin performansını korumak ve geliştirmek için önemlidir. Bu nedenle, antrenörler ve spor bilimcileri, hızın antrenman süreçlerine entegre edilmesi gerektiğinin bilincinde olmalıdır.

Hız Ölçüm Yöntemleri

Hız temelli kuvvet antrenman ölçümlerinde doğru hareket hızlarını hesaplamak ve analiz etmek için çeşitli cihazlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu cihazlar arasında lineer pozisyon transdüserleri (LPT), video kameralar, üç boyutlu hareket yakalama sistemleri, maliyet açısından uygun akıllı telefon uygulamaları ve inersiyal ölçüm birimleri yer almaktadır (Balsalobre-Fernández ve Torres-Ronda, 2021). LPT'ler genellikle bir nesnenin konum verilerini kaydetmek için kullanılır. Bu cihazlar, ağırlık barı gibi bir nesneye monte edilebileceği gibi, bir sporcunun üzerine de takılarak performans analizi yapılmasına olanak tanır (Dahlin, 2018). Bu cihazların kullanımı, antrenmanların daha etkili bir şekilde değerlendirilmesini sağlar ve sporcuların performanslarını artırmalarına yardımcı olur.

Sporcu ya da hareket eden bir nesne, cihazda bulunan kablonun uzunluğundaki değişiklikler elektrik sinyaline dönüşerek bir bilgisayar sistemi ile ölçülür ve kaydedilir. Yer değiştirme, hareket hızı ve hızlanma ile ilgili tüm veriler sistemde toplanır ve kaydedilir (Soslu ve Çuvalcıoğlu, 2021). Yer değiştirme, hareket hızı ve hızlanma ile ilgili veriler toplanır. Hız, yer değiştirmedeki farklılık ve zaman aracılığı ile hesaplanır ($\text{hız} = \text{yer değiştirme} / \text{zaman}$) (Harris ve diğerleri, 2010). Bu cihazlar, bir görüntüleme ekranı veya ikinci bir cihaz yardımı ile hıza dayalı bildirimleri anlık sunar ve egzersiz sırasında birden fazla hız ölçüm değerlerini ölçmeye yardımcı olur (Dahlin, 2018).

Sporcu veya hareket eden bir nesne, cihazda bulunan kablonun uzunluğundaki değişiklikler elektrik sinyallerine dönüştürülerek bir bilgisayar sistemi aracılığıyla ölçülür ve kaydedilir. Bu süreçte, hızlanma, hareket hızı ve yer değiştirme ile ilgili tüm veriler sistemde toplanır ve kayıt altına alınır (Soslu ve Çuvalcıoğlu, 2021). Hız, yer değiştirmedeki değişim ile zaman arasındaki ilişkiye dayanarak hesaplanır ve formülü şu şekildedir: $\text{hız} = \text{yer değiştirme} / \text{zaman}$ (Harris ve diğerleri, 2010). Bu cihazlar, bir görüntüleme ekranı veya ek bir cihaz yardımıyla hız değişimlerini anlık olarak sunar ve egzersiz sırasında birden fazla hız ölçüm değerinin elde edilmesine yardımcı olur (Dahlin, 2018). Bu tür sistemler, sporcuların performanslarını daha iyi anlamalarına ve antrenmanlarını optimize etmelerine olanak tanır.

Anlık geri bildirim alınması hem sporcular açısından hem de antrenörler açısından önemli olabilir. Sporcular ve antrenörler belirledikleri hedeflere günlük analiz yaparak ulaşabilirler. Sporcuların kaldırdıkları ağırlığa bakılmaksızın eş zamanlı gerçek hareket hızlarını takip etmeleri sağlanarak, maksimum performans göstermelerine olanak tanınır. Bu durum, antrenman etkinliğini artırır. Doğrudan hız ölçümü, hız temelli antrenmanların etkili bir şekilde optimize edilmesini ve izlenmesini sağlar (Soslu ve Çuvalcıoğlu, 2021).

LPT cihazları kullanırken, en önemli husus hareketin doğru bir şekilde gerçekleştirilmesidir. Bu hataların önüne geçmek için iki ayrı ölçüm cihazının kullanılması faydalı olabilir (Cormie ve diğerleri, 2007). İki ayrı ölçüm cihazının kullanılması ölçümlerin doğruluğunu artırarak antrenman sonuçlarının güvenilirliğini sağlayacaktır.

Hız Ölçümünde Güncel Olarak Kullanılan Hız Ölçer Cihazlar

Hız temelli kuvvet antrenmanlarında, çeşitli teknolojik sistemler kullanılmaktadır. Bunlar arasında kamera i) tabanlı optoelektronik sistemler, ii) üç boyutlu hareket analiz sistemleri, iii) doğrusal

hız dönüştürücü içeren izoinersiyel dinamometreler, iv) inersiyel ölçüm üniteleri ve akıllı telefon uygulamaları gibi farklı sistemler kullanılabilir.

Kamera Tabanlı Optoelektronik Sistemler ve Üç Boyutlu Hareket Analiz Sistemleri: Bu sistemler, "altın standart" ölçüm cihazları olarak kabul edilmektedir (Özkaya ve diğerleri, 2018). Tablo 1'de kamera tabanlı optoelektronik sistemler ve üç boyutlu hareket analiz sistemleri gösterilmektedir.

Tablo 1. Kamera Tabanlı Optoelektronik Sistemler ve Üç Boyutlu Hareket Analiz Sistemleri

Cihaz (Üretici Şirket, Ülke)	Frekans (Hz)	Kullanım Alanları	Kullanılan Hareket Türleri	Avantajları	Dezavantajları	Kaynaklar
Trio-OptiTrack (OptiTrack, NaturalPoint, Inc., ABD)	120 Hz-240 Hz (standart), 360 Hz+	3D hareket analizi, spor performansı ölçümü	Atlama, koşu, ağırlık kaldırma, çeviklik	Yüksek doğruluk, 3D analiz	Yüksek maliyet, zaman alıcı	Özkaya ve diğerleri, 2018
Velowin (DeporTeC, Murcia, İspanya)	100 Hz-200 Hz	Bisiklet performansı analizi, hareket takibi	Pedal çevirme, bisiklet hareketleri	Spesifik performans analizi	Yüksek maliyet, sınırlı kullanım alanı	Perez-Castilla ve diğerleri, 2019
3DMOC AP (4 Kameralı, Vicon Sistem, İngiltere)	100 Hz- 1,000 Hz (standart), 2,000 Hz	3D hareket analizi, biyomekanik çalışmalar	Sprint, atlama, ağırlık kaldırma, çeviklik	Altın standart, çok yönlü kullanım	Yüksek maliyet, kurulum ve analiz süresi uzun	Özkaya ve diğerleri, 2018
Perch (Kamera Tabanlı İzleme Sistemi) (Perch Fitness, ABD)	30 Hz	Hız-temelli antrenman izleme, performans ölçümü	Hız, güç, hareket mesafesi	Ekipman a montaj, antrenman optimizasyonu	Düşük frekans, sınırlı hareket türleri	Weakley ve diğerleri, 2023

Tablo 1'deki yüksek frekanslı sistemler (120 Hz - 2,000 Hz), detaylı ve doğru hareket analizi sunarak spor performansı ölçümünde idealdir. Düşük frekanslı sistemler (örneğin, Perch - 30 Hz) belirli uygulamalar için yeterli olsa da, hızlı hareketlerin izlenmesinde sınırlıdır. Tüm sistemler, spor performansını artırmak ve antrenman süreçlerini optimize etmek amacıyla tasarlanmış olup, kullanım alanları farklılık göstermektedir. Örneğin, Velowin bisiklet performansına odaklanırken, diğer sistemler daha geniş hareket türlerini kapsar. Araştırmacıların kullanacakları sistemleri hareket profillerine uygun olan sistemleri seçmeleri önerilebilir.

Sistemlerin geçerlilikleri incelendiğinde 3D kameralı ve kuvvet platform sistemlerinin altın standartta olduğu belirtilmiştir. Farklı örnekleme hızı ve sinyal işleme farklılıklarından dolayı uzun süreli sporcu takibinde araştırmacıların aynı sistemlerin kullanılması önerilmektedir (Clemente ve diğerleri, 2021).

Doğrusal Hız Dönüştürücü İçeren İzoinersiyel Dinamometreler: Bu sistemler, bara bağlı bir kablo aracılığıyla izoinersiyel bir dinamometre kullanarak ters dinamik yaklaşımı ile yer değiştirme süresi verilerinden hızı hesaplar (Harris ve diğerleri, 2010). Tablo 2'de doğrusal hız dönüştürücü içeren izoinersiyel dinamometre sistemleri yer almaktadır (Tablo 2).

Tablo 2. Doğrusal Hız Dönüştürücü İçeren İzoinersiyel Dinamometre Sistemleri

Cihaz (Üretici Şirket,	Takılabileceği Bölgeler	Kullanım Alanları	Örnekleme Hızı
GymAware (Kinetic)	Barbell, vücut (kemer),	Barbell hareketleri, zıplama,	50 Hz
Tendo Unit (Tendo)	Barbell, makine veya	Ağırlık kaldırma performansı	100 Hz
Chronojump	Barbell, sabit nokta,	Performans analizi, izoinersiyel	1000 Hz
Tendo Power (Tendo)	Barbell, makine	Ağırlık kaldırma performansı	100 Hz
Vitruve (Vitruve,	Barbell, vücut (kemer),	Sprint, zıplama, barbell	80 Hz
T-Force (Ergotech,	Barbell, makine	Antrenman optimizasyonu,	1000 Hz



Tablo 2’de doğrusal hız dönüştürücü sistemler verilmektedir. Bu sistemler hız temelli kuvvet antrenmanlarında kullanılan sistemlerdir. Dinamik hareketler sırasında en geçerli tepe güç üretimi (peak power) temsilini elde etmek için kinetik (FP) ve kinematik (LPT) ekipmanın bir kombinasyonunun kullanılması gerektiği önerilmektedir (Cormie ve diğerleri, 2007). Tablo 2’de verilen doğrusal hız dönüştürücü sistemlerle ilgili bilgilere göre cihazların kullanım amacına göre tercih edilmesi önerilebilir.

İnersiyal/ Akselerometre Ölçüm Sistemleri: Bu sistemler, manyetik sensörler ve genellikle üç eksenli ivme ölçer ile bir jiroskop içerir. Yer çekimi kuvveti, hız ve yön hakkında bilgi sağlar (Ahmad ve diğerleri, 2013). LPT ile karşılaştırıldığında giyilebilir teknoloji içeren sistemler olduğu için kullanımları daha pratiktir. Doğrudan bara yerleştirilerek kullanılabilen ve akıllı telefon uygulamalarına bağlanarak kullanılabilirler (Tablo 4). İnersiyal/Akselerometre tabanlı ölçüm sistemleri Tablo 3’ de yer almaktadır.

Tablo 3. Hız Temelli Kuvvet Antrenmanlarında İnersiyal/ Akselerometre Ölçüm Sistemleri

Cihaz	Örnekleme Hızı	Ölçüm Yöntemi	Kullanım Alanları
Vmaxpro (Blaumann & Meyer, Sports Technology UG, Magdeburg, Germany)	200 Hz	İvme ölçer ve jiroskop	Kuvvet ve hız analizi
Myotest (Myotest SA, Sion, İsviçre).	50-100 Hz	İvme ölçer ve jiroskop	Performans değerlendirme
Push Band (PUSH, Inc., Toronto, Kanada)	100 Hz	İvme ölçer ve jiroskop	Taşınabilir hız ve kuvvet ölçümü
Beast Sensor (Beast Technologies Srl., Brescia, İtalya)	100 Hz	İvme ölçer ve jiroskop	Kuvvet ve hız analizi
Gyko Sport (Microgate, Bolzano, İtalya)	100 Hz	İvme ölçer ve jiroskop	Hız ve kuvvet analizi
Barsensei (Assess2Perform, Montrose, ABD)	100 Hz	İvme ölçer ve jiroskop	Antrenman izleme ve performans analizi
Wimu RealTrack (Almeria, İspanya)	100 Hz	İvme ölçer ve jiroskop	Spor performansı analizi

HTKA’nda kullanılan inersiyal/ akselerometre ölçüm sistemleri araştırmalarda sık tercih edilen sistemlerdir. Literatürde en geçerli ve güvenilir olarak gösterilen sistemler Gyko Sport (Microgate, Bolzano, İtalya), Beast Sensor (Beast Technologies Srl., Brescia, İtalya), Push Band (PUSH, Inc., Toronto, Kanada) olarak bildirilmiştir (Clemente ve diğerleri, 2021).

Akıllı Telefon Uygulamaları: Yüksek hızlı kameralar sayesinde, kaldırışların ağır çekim videoları alınarak bar hızını belirlemek için kullanılan uygulamalardır. Bu uygulamalar, hareketin başlangıcını ve bitişini manuel olarak seçerek videoyu kare kare izlemeye olanak tanır. Kaldırış sırasındaki konsantrik fazın süresi, hareket aralığının kaldırma süresine bölünmesiyle hesaplanarak ortalama bar hızı (m/s) elde edilir (Balsalobre-Fernández ve diğerleri, 2017). Sonuç olarak, çok düzlemli ölçüm hatalarının azaltılması için üç boyutlu hareket analiz sistemleriyle entegre kullanımları önerilmektedir. Hız temelli ölçüm cihazları, bench press, squat ve deadlift gibi hareketlerde 1 tekrar maksimumunu belirlemede faydalıdır; ancak olimpik kaldırışlarda daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu belirtilmektedir (McBurnie ve diğerleri, 2019). Bu uygulamalarda hareketin başlangıç ve bitiş fazları sisteme el le girilebilir. Hız temelli kuvvet antrenmanlarında kullanılan bazı akıllı telefon uygulamaları Tablo 4’te gösterilmektedir.

**Tablo 4.** Hız Temelli Kuvvet Antrenmanlarında Kullanılan Akıllı Telefon Uygulamaları

Uygulama	Platform	Özellikler	Kullanım Alanları	Takılma Yeri
Myotest App (Myotest SA, İsviçre)	iOS, Android	Performans analizi, ivme ölçümü	Spor performansı değerlendirme	Kullanıcıya (bel veya vücut)
Push Band App (Push Band, Almanya)	iOS, Android	Hız ve kuvvet ölçümü, antrenman izleme	Taşınabilir performans analizi	Kullanıcıya (kol)
Gyko Sport App (Microgate, İtalya)	iOS, Android	Hız ve kuvvet analizi, antrenman kaydı	Spor performansı izleme	Kullanıcıya (bel veya kol)
Beast App (Beast Technologies, Kanada)	iOS, Android	Kuvvet ve hız analizi, veri raporlama	Antrenman izleme	Kullanıcıya (kol veya bel)
Wimu App (Wimu, İtalya)	iOS, Android	Spor performansı analizi, veri takibi	Takım sporları performans yönetimi	Kullanıcıya (bel)

Akıllı telefon uygulamaları HTKA'nda gerçek zamanlı performans verilerini hızlı toplayarak geri bildirim sağlarlar. Kolay taşınabilir özelliğe sahiptirler ve hız, kuvvet, ivme gibi analizleri sunarlar. Verilerin doğruluğu verilen cihazların kalitesine göre değişebilmektedir. Ara yüzler sayesinde kolay kullanıma sahiptirler. Bu uygulamaların kullanılabilmesi için belirli cihazlara ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu durum kullanıcıları sınırlayabilir. Uygulamaların etkin kullanılabilmesi için eğitim ve bilgiye ihtiyaç duyulabilir ayrıca yüksek maliyetli olmaları uygulamaların erişebilirliğini etkileyen özelliklerdir.

Sonuç ve Öneriler

Hız temelli kuvvet antrenmanları, sporcuların performansını artırmak için etkili bir yöntemdir. Gelişmiş cihaz sistemleri ve teknolojilerin entegrasyonu, antrenman süreçlerini daha verimli hale getirerek sporcuların fiziksel kapasitesini en üst düzeye çıkarmalarına yardımcı olur. Bu sistemler, sporcuların gerçek zamanlı performanslarını izleyerek anlık geri bildirim sağlar, motivasyonlarını artırır ve antrenman programlarını optimize etmelerine olanak tanır. Hız kaybı eşikleri, farklı kas dayanıklılığına sahip sporcuların yorgunluk tepkilerini hesaplayarak, kısa vadeli yorgunluk durumlarındaki farklılıkları azaltır. Ayrıca, geleneksel antrenman modellerine uyum sağlayan bir yaklaşımdır. Hız temelli kuvvet antrenmanlarında cihaz seçiminde araştırmacıların taşıma, kullanım kolaylığı, maliyet ve kullanım alanları doğrultusunda cihaz seçimine karar vermeleri önerilmektedir.

Yayın Etiği: Bu çalışmanın hazırlanma ve yazım sürecinde “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” çerçevesinde bilimsel, etik ve ahntı kurallarına uyulmuş olup; toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapılmamış ve bu çalışma herhangi başka bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiştir.

Çıkar Çatışması: Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yazar Katkı Oranı: Bu çalışmada, yazarların katkı oranı, eşit katkılı yazardır.

Kaynaklar

- Aagaard, P. (2003). Training-induced changes in neural function. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 31(2), 61-67.
- Ahmad, N., Ghazilla, R. A. R., Khairi, N. M., & Kasi, V. (2013). Reviews on various inertial measurement unit (IMU) sensor applications. *International Journal of Signal Processing Systems*, 1(2), 256-262.
- Andersen, L. L., Andersen, J. L., Zebis, M. K., & Aagaard, P. (2010). Early and late rate of force development: differential adaptive responses to resistance training?. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(1), e162-e169.
- Atabaş, E. G. (2022). *Hıza dayalı ve geleneksel kuvvet antrenmanlarının bazı fizyolojik ve motorik özellikler üzerine etkisinin karşılaştırılması*. Pamukkale Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, (Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ayşegül Yapıcı). Denizli.
- Aydos, L., Pepe, H. ve Karakuş, H. (2004). “Bazı Takım ve Ferdi Sporlarda Relatif Kuvvet Değerlerinin Araştırılması”. *Gazi Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 5(2), 305-315
- Balsobre-Fernández, C., & Torres-Ronda, L. (2021). The implementation of velocity-based training paradigm for team sports: framework, technologies, practical recommendations and challenges. *Sports*, 9(4), 47.

- Balsalobre-Fernández, C., Marchante, D., Baz-Valle, E., Alonso-Molero, I., Jiménez, S. L., & Muñoz-López, M. (2017). Analysis of wearable and smartphone-based technologies for the measurement of barbell velocity in different resistance training exercises. *Frontiers in Physiology*, 8, 649.
- Bazuelo-Ruiz, B., Padiál, P., García-Ramos, A., Morales-Artacho, A. J., Miranda, M. T., & Feriche, B. (2015). Predicting Maximal Dynamic Strength From the Load-Velocity Relationship in Squat Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(7), 1999-2005.
- Behm, D. G., & Sale, D. G. (1993). Velocity specificity of resistance training. *Sports Medicine*, 15(6), 374-388.
- Bompa, T. O. (2007). Antrenman kuramı ve yöntemi, Spor Yayınevi ve Kitabevi. Baskı, Ankara.
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-Intensity Interval Training, Solutions to the Programming Puzzle. *Sports Medicine*, 43(5), 313-338.
- Clarkson, P. M., & Hubal, M. J. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 81(11), S2-S69.
- Clemente, F. M., Akyildiz, Z., Pino-Ortega, J., & Rico-González, M. (2021). Validity and reliability of the inertial measurement unit for barbell velocity assessments: A systematic review. *Sensors*, 21(7), 2511
- Cormie, P., McBride, J. M., & McCaulley, G. O. (2007). Power-time, force-time, and velocity-time curve analysis of the countermovement jump: Impact of training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 763-769. <https://doi.org/10.1519/R-22436.1>
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2010). Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(8), 1582-1598.
- Cunanan, A. J., DeWeese, B. H., Wagle, J. P., Carroll, K. M., Sausaman, R., Hornsby, W. G., ... & Stone, M. H. (2018). The general adaptation syndrome: a foundation for the concept of periodization. *Sports Medicine*, 48, 787-797.
- Çetin, O., Kaya, S., Sungur, Y., & Demirtaş, B. (2022). Direnç Antrenmanlarına Güncel Yaklaşım: Hız Temelli Antrenman: Geleneksel Derleme. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, 14(1).
- Dahlin, M. (2018). The use of velocity-based training in strength and power training - A systematic review (Dissertation).
- Devaney, J. M., Hoffman, E. P., Gordish-Dressman, H., Kearns, A., Zambraski, E., & Clarkson, P. M. (2007). IGF-II gene region polymorphisms related to exertional muscle damage. *Journal of applied physiology*, 102(5), 1815-1823.
- Galiano, C., Pareja-Blanco, F., de Mora, J. H., & de Villarreal, E. S. (2022). Low-velocity loss induces similar strength gains to moderate-velocity loss during resistance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 36(2), 340-345.
- García-Ramos A, Pestan'a-Melero FL, Pe'rez-Castilla A, Rojas FJ, Gregory Haff G. (2018). Mean velocity vs. Mean propulsive velocity vs. Peak velocity: Which variable determines bench press relative load with higher reliability? *J Strength Cond Res* 32: 1273-1279.
- González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(05), 347-352.
- Gonzalez-Badillo, J. J., & Yanez-Garcia, J. M. (2017). Velocity loss as a variable for monitoring resistance exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 38(3), 217-225.
- Häkkinen, K., & Komi, P. V. (1986). Effects of explosive strength training on physical performance and muscle structure in male and female athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 7(3), 197-204.
- 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), 66-79.
- Held, S., Speer, K., Rappelt, L., Wicker, P., & Donath, L. (2022). The effectiveness of traditional vs. velocity-based strength training on explosive and maximal strength performance: A network meta-analysis. *Frontiers in physiology*, 13, 926972.
- Hubal, M. J., Devaney, J. M., Hoffman, E. P., Zambraski, E. J., Gordish-Dressman, H., Kearns, A. K., ... & Clarkson, P. M. (2010). CCL2 and CCR2 polymorphisms are associated with markers of exercise-induced skeletal muscle damage. *Journal of applied physiology*, 108(6), 1651-1658.
- Kim, J., & Lee, J. (2015). The relationship of creatine kinase variability with body composition and muscle damage markers following eccentric muscle contractions. *Journal of exercise nutrition & biochemistry*, 19(2), 123.
- Lahti, J., Jiménez-Reyes, P., Cross, M. R., Samozino, P., Chassaing, P., Simond-Cote, B., ... & Morin, J. B. (2020). Individual sprint force-velocity profile adaptations to in-season assisted and resisted velocity-based training in professional rugby. *Sports*, 8(5), 74.
- Maffiuletti, N. A. (2010). Physiological and methodological aspects of neuromuscular electrical stimulation. *European Journal of Applied Physiology*, 110(2), 223-234.
- Mann, J. Bryan, CSCS1,2; Ivey, Patrick A. Sayers, Stephen P. (2015). Velocity-Based Training in Football. *Strength and Conditioning Journal* 37(6), 52-57. DOI: 10.1519/SSC.000000000000177.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2010). Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance. *Lippincott Williams & Wilkins*.
- McBurnie, A. J., Allen, K. P., Garry, M., Martin, M., Jones, P. A., Comfort, P., & McMahon, J. J. (2019). The benefits and limitations of predicting one repetition maximum using the load-velocity relationship. *Strength & Conditioning Journal*, 41(6), 28-40.
- Orser, K., Agar-Newman, D. J., Tsai, M. C., & Klimstra, M. (2020). The validity of the Push Band 2.0 to determine speed and power during progressively loaded squat jumps. *Sports Biomechanics*, 23(1), 109-117. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1829691>
- Özkaya, G., Jung, H. R., Jeong, I. S., Choi, M. R., Shin, M. Y., Lin, X., ... & Lee, K. K. (2018). Three-dimensional motion capture data during repetitive overarm throwing practice. *Scientific data*, 5(1), 1-6.
- 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(05), 376-380.
- Pareja-Blanco, F., Sánchez-Medina, L., Suárez-Arrones, L., & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on performance in professional soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 12(4), 512-519.
- Pareja-Blanco f, Alcazar J, sánchez-Valdepe-as J, Comejo-Daza PJ, Piqueras-sanchiz f, Mora-Vela R, et al. (2020). Velocity loss as a critical variable determining the adaptations to strength training. *Med sci sports Exercise*. 52(8):1752-62.

- Peake, J. M., Suzuki, K., Wilson, G., Hordern, M., Nosaka, K., Mackinnon, L., & Coombes, J. S. (2005). Exercise-induced muscle damage, plasma cytokines, and markers of neutrophil activation. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(5), 737-745.
- Perez-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), 1258-1265.
- Randell, A. D., Cronin, J. B., Keogh, J. W., 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. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(1), 87-93.
- Rojas-Jaramillo, A., León-Sánchez, G., Calvo-Lluch, Á., González-Badillo, J. J., & Rodríguez-Rosell, D. (2024). Comparison of 10% vs. 30% Velocity Loss during Squat Training with Low Loads on Strength and Sport-Specific Performance in Young Soccer Players. *Sports*, 12(2), 43.
- Rønnestad, B. R., Kvamme, N. H., Sunde, A., & Raastad, T. (2008). Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 773-780.
- Rossi, C., Vasiljevic, I., Manojlovic, M., Trivic, T., Ranisavljev, M., Stajer, V., ... & Drid, P. (2024). Optimizing strength training protocols in young females: A comparative study of velocity-based and percentage-based training programs. *Heliyon*, 10(9).
- Sanchez-Medina, L., & González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(9), 1725-1734.
- Sekulović, V., Jezdimirović-Stojanović, T., Andrić, N., Elizondo-Donado, A., Martin, D., Mikić, M., & Stojanović, M. D. (2024). Effects of In-Season Velocity-Based vs. Traditional Resistance Training in Elite Youth Male Soccer Players. *Applied Sciences*, 14(20), 9192.
- Soslu R., Çuvalcıoğlu, İ. Hıza dayalı direnç antrenmanları: Kuvvet ve güç performansını etkiler mi? *INSAC Acad Stu on Health Sci* 2021, 24.
- Spiteri, T., Cochrane, J. L., Hart, N. H., Haff, G. G., & Nimphius, S. (2013). Effect of strength on plant foot kinetics and kinematics during a change of direction task. *European journal of sport science*, 13(6), 646-652.
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports medicine*, 46, 1419-1449.
- Tomasevicz, C. L., Hasenkamp, R. M., Ridenour, D. T., & Bach, C. W. (2020). Validity and reliability assessment of 3-D camera-based capture barbell velocity tracking device. *Journal of science and medicine in sport*, 23(1), 7-14.
- Weakley, J. J., Till, K., Read, D. B., Leduc, C., Roe, G. A., Phibbs, P. J., ... & Jones, B. (2021b). Jump training in rugby union players: barbell or hexagonal bar?. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(3), 754-761.
- Weakley, J. J., Till, K., Read, D. B., Roe, G. A., Darrall-Jones, J., Phibbs, P. J., & Jones, B. (2017). The effects of traditional, superset, and tri-set resistance training structures on perceived intensity and physiological responses. *European journal of applied physiology*, 117, 1877-1889.
- Weakley, J., Chalkley, D., Johnston, R., García-Ramos, A., Townshend, A., Dorrell, H., ... & Cole, M. (2020). Criterion validity, and interunit and between-day reliability of the FLEX for measuring barbell velocity during commonly used resistance training exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(6), 1519-1524.
- Weakley, J., Mann, B., Banyard, H., McLaren, S., Scott, T., & Garcia-Ramos, A. (2021a). Velocity-based training: From theory to application. *Strength & Conditioning Journal*, 43(2), 31-49.
- Weakley, J., McLaren, S., Ramirez-Lopez, C., García-Ramos, A., Dalton-Barron, N., Banyard, H., ... & Jones, B. (2020). 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., Munteanu, G., Cowley, N., Johnston, R., Morrison, M., Gardiner, C., ... & García-Ramos, A. (2023). The criterion validity and between-day reliability of the perch for measuring barbell velocity during commonly used resistance training exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 37(4), 787-792.
- Zhang, X., Feng, S., Peng, R., & Li, H. (2022). The role of velocity-based training (VBT) in enhancing athletic performance in trained individuals: A meta-analysis of controlled trials. *International journal of environmental research and public health*, 19(15), 9252.