



# Sivas Cumhuriyet University Journal of Sport Sciences

cuspor.cumhuriyet.edu.tr

Founded: 2020

Available online, ISSN: 2717-8919

Publisher: Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

## Power Development and Training Principles in Athletes

Selcen Korkmaz Eryılmaz<sup>1,a</sup><sup>1</sup>Faculty of Sport Sciences, Çukurova University, Adana, Türkiye

### Review Article

#### History

Received: 15/11/2022

Accepted: 30/12/2022

### ABSTRACT

One of the issues that sports scientists or coaches attach importance to is the development of effective and efficient training programs that increase maximal power production in dynamic multi-joint movements. This review examines the factors underlying maximal power production and the scientific literature on the development of training programs that most effectively enhance muscle power. The ability to exhibit high muscle power is one of the main components that determine the sportive performance in physical activities such as sprinting, jumping, throwing, hopping, hitting, changing direction. In training planning to increase muscle power, the development of muscle strength, contraction velocity and the rate of force development should be considered. In order for the athlete to have a high level of maximal power, both muscle strength and contraction velocity must be high. The high rate of force development means the athlete can produce higher force in a shorter time. The most effective method for developing muscle power is mixed resistance training, which includes resistance exercises performed with high load at low velocity and plyometric, ballistic or explosive resistance exercises performed with low load at high velocity.

**Keywords:** Rate of force development, Explosive resistance exercises, Contraction velocity, Combined training

## Sporcularda Güç Gelişimi ve Antrenman Prensipleri

#### Süreç

Geliş: 15/11/2022

Kabul: 30/12/2022

#### Copyright



This work is licensed under  
Creative Commons Attribution 4.0  
International License

### Öz

Spor bilimcilerin veya antrenörlerin önem verdiği konulardan bir tanesi, dinamik çok eklemlili hareketlerde maksimal güç üretimini artıran etkili ve verimli antrenman programlarının geliştirilmesidir. Bu derleme maksimal güç üretiminin altında yatan faktörleri ve kas gücünü en etkili şekilde artıran antrenman programlarının geliştirilmesiyle ilgili bilimsel literatürü incelemektedir. Yüksek kas gücünü sergileyebilme yeteneği sprint, sıçrama, atma, atlama, vurma, yön değiştirme gibi fiziksel aktivitelerde sportif performans belirleyen ana bileşenlerden birisidir. Kas gücünü artırmaya yönelik antrenman planlamasında kas kuvveti, kasılma hızı ve kuvvet geliştirme hızı olmak üzere üç temel unsurun geliştirilmesine dikkate edilmelidir. Sporçunun maksimal gücünün üst düzeyde olması için, hem kas kuvvetinin hem de kasılma hızının yüksek olması gerekir. Kuvvet geliştirme hızının yüksek olması ise, sporçunun daha kısa sürede daha yüksek kuvvet üretebileceği anlamına gelir. Kas gücünün geliştirilmesinde en etkili yöntem, yüksek ağırlıkla düşük hızda yapılan direnç egzersizleri ile hafif ağırlıklarla yüksek hızda yapılan plyometrik, balistik veya patlayıcı direnç egzersizlerini içeren karma antrenman uygulamalarıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Kuvvet geliştirme hızı, Patlayıcı direnç egzersizleri, Kasılma hızı, Kombine antrenman

<sup>a</sup> skorkmaz@cu.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-3680-3580>

**How to Cite:** Korkmaz Eryılmaz, S. (2022). Sporcularda Güç Gelişimi ve Antrenman Prensipleri. *Sivas Cumhuriyet University Journal of Sport Sciences*, 3(3): 99-106

## Giriş

Kas gücü birçok spor branşında sportif performansı belirleyen ana bileşenlerden bir tanesidir. Kas gücünün artırılması sportif hareket becerilerin geliştirilmesinde büyük önem taşımaktadır. Güç çıktılarının sprint (Weyand ve ark. 2010), sıçrama (McLellan ve ark. 2011), yön değiştirme (Nimphius ve ark. 2010), fırlatma (Marques ve ark. 2011), ağırlık kaldırma (Beckham ve ark. 2013) gibi sportif hareketlerde performans gelişimi ile yüksek düzeyde ilişkisi olduğu gösterilmiştir. Kas gücü hem kuvvet hem de hareket hızının bir fonksiyonudur. Birim zamanda yapılan iş olarak tanımlanan güç, kuvvetle ile hızın çarpımına eşittir (Haff ve Nimphius, 2012; Newton ve Kraemer, 1994).

$Güç = İş / Zaman = Kuvvet \times Mesafe / Zaman = Kuvvet \times Hız$

Bu matematiksel denkleme göre sporcunun yüksek güç üretme yeteneğini etkileyen, kas kuvveti ve kasılma hızı olmak üzere iki merkezi bileşenin olduğu görülmektedir (Kawamori ve Haff, 2004; Newton ve Kraemer, 1994). Bir kasın üretebileceği kuvvet ile kasılma hızı arasında ters ilişki vardır. Bu ilişki, konsantrik bir kas hareketinde hareket hızı arttıkça üretebilecek kuvvet miktarının azaldığı karakteristik bir eğri ile gösterilir (Şekil 1) (Haff ve Nimphius, 2012; Taber ve ark. 2016).

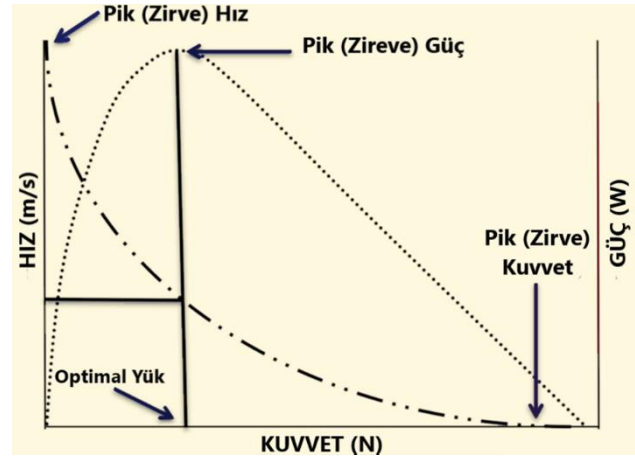
Çoğu büyük kas grubu için maksimal gücün, bir tekrarda (seferde) kaldırılan maksimal ağırlığın (1-TM) %30–45’inde sergilendiği görülmektedir (Newton ve ark. 1997). Bu aralıktan daha yüksek bir direnç kasılma hızını yavaşlatırken, daha yüksek hareket hızı çok daha düşük bir direnç gerektirir (Deschenes, ve Kraemer, 2002). Kuvvet-hız ilişkisinin ardındaki mantık, sarkomerlerin kısalma hızlarının yüksek olması, çapraz köprü eşleşmesinin de daha hızlı olmasını gerektirmesidir (Wilson ve Flanagan, 2008). Yüksek kasılma hızı daha az çapraz köprünün bağlanmasına neden olur. Yüksek hızlarda yapılan hareketlerde kasılmaya katılan çapraz köprü sayısı sınırlı olduğu için, kuvvet üretimi de düşüktür. Düşük hızlarda yapılan hareketlerde ise kasılmaya daha fazla çapraz köprü katıldığı için, kuvvet üretimi de yüksektir (Wilson ve Flanagan, 2008).

Güç çıktısını artırmaya yönelik antrenman planlanmasında, genel kas kuvveti, kasılma hızı ve kuvvet geliştirme hızı olmak üzere üç temel unsur dikkate alınmalıdır (Haff ve Nimphius, 2012). Bir sporcu sıçrama hareketi sırasında hızlanmaya çalıştıkça, kuvvet uygulama süresi kısalmış, bu da güç ifadesinde “kuvvet geliştirme hızının” önemini vurgulamaktadır (Newton ve Kraemer, 1994). Sporcu performansı açısından kuvvet geliştirme hızı olarak ifade edilen, çok kısa zaman dilimlerinde yüksek kuvvet üretebilme yeteneğini geliştirmek önemlidir.

Kuvvet, kas gücünün gelişimi için gerekli temel unsurlardan birisi olarak kabul edilmektedir (Kawamori ve Haff, 2004; Newton ve Kraemer, 1994). Daha kuvvetli sporcular daha yüksek güç çıktıları gösterirler (Baker, 2001; Stone ve ark. 2002). Genellikle genç sporcular, yüksek güç çıktıları sergilemek için gerekli kuvvet düzeyine sahip değildir. Genel kuvvet düzeyi zayıf sporcularda, ağır dirençlerle yapılan geleneksel direnç antrenmanları ile kuvvet düzeyi artırılarak, kas gücünde ve genel atletik

performans kapasitesinde artış sağlanabilir (Baker, 2001; Stone ve ark. 2002). Öte yandan genel kuvvet düzeyi yeterli sporcuların güç çıktıları arttırmak için, güç gelişimi için tasarlanmış antrenman uygulamalarının da programa dahil edilmesi gerekir (Haff ve Nimphius, 2012).

Ağır yüklerle yapılan direnç antrenmanları ile kuvvet üretimi artırılabilir, ancak kasılma hızda artış sağlanabilmesi için hareketin yüksek hızda çalışılması gerekir. Güç gelişimi için hareketin tekrarlanma hızı çok önemlidir. Aynı miktarda iş daha kısa sürede tamamlandığında veya aynı sürede daha fazla miktarda iş yapıldığında güç üretimi artar (Kraemer ve ark. 2002; Kraemer ve Ratamess, 2004). Bu nedenle hafif ila orta yüklerin patlayıcı tarzda maksimal veya maksimale yakın hızlarda gerçekleştirildiği “patlayıcı direnç egzersizlerinin” antrenman programına dahil edilmesi gerekmektedir (Kraemer ve Ratamess, 2004).



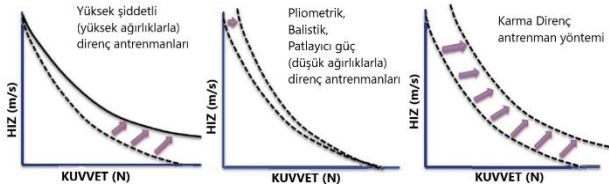
Şekil 1. Kuvvet-hız, kuvvet-güç ve optimal yük ilişkisi (Haff ve Nimphius, 2012).

Patlayıcı güç, belirli bir egzersiz yaparken harekete katılan kas gruplarının en kısa sürede maksimal kuvvet üretebilme yeteneği olarak ifade edilebilir (Newton ve Kraemer, 1994). Maksimal güç gelişimi için yapılan patlayıcı direnç egzersizlerinde, hareketin yavaşlama fazının en aza indirilmesi ve ağırlığın maksimal hızda kaldırılması kritik öneme sahiptir (Kraemer ve Ratamess, 2004). Patlayıcı direnç egzersizleri (örneğin jump squats, balistik jump squat, ballistic bench press), yapılan harekete bağlı olarak 1-TM’un %30–60 yüklenme aralığını kapsayabilir (Kraemer ve Ratamess, 2004). Örneğin güç gelişimi için yapılan direnç antrenmanları bench press hareketi 1-TM’un %40–60 aralığında, squat hareketi ise 1-TM’un %50–70 aralığında patlayıcı hızda gerçekleştirildiği zaman fayda sağlayabilir (Siegel ve ark. 2002). 1-TM’un %30’u ile yapılan jump squat antrenmanının, maksimal gücü artırmada 1-TM’un %80’inden daha etkili olduğunu göstermiştir (McBride ve ark. 2002; Wilson ve ark. 1993).

### Optimal Yük

Güç gelişiminin hedeflendiği direnç antrenmanlarında optimal yükün belirlenmesi tartışma yaratabilmektedir. Optimal yük, belirli bir hareket için maksimal güç çıktısını sağlayan yükü (ağırlığı) ifade eder (Şekil 1) (Cormie ve ark.

2011; Kawamori ve Haff, 2004). Belirli bir hareket için pik (zirve) güç, genellikle pik izometrik kuvvetin %30-40'ına karşılık gelen yüklerde gerçekleşir (Stone ve ark. 1998). Çok iyi sporcularda bu oran biraz daha yüksek olabilir (Stone ve ark. 1998). Güç gelişimi için optimal yükte yapılan antrenmanların etkili bir uyarıcı olduğu ileri sürülmektedir (Moss ve ark. 1997; Toji ve Kaneko, 2004; Wilson ve ark. 1993). Ancak bu her spor dalı için geçerli olmayabilir. Örneğin güreş, basketbol, rugby gibi sporlarda, temas ön planda olduğu için bir dış dirence karşı güç üretimi söz konusudur. Dolayısıyla bu tarz sporlarda güç gelişimi için antrenmanlarda daha ağır yüklerinde kullanılması gerekmektedir. Optimal yükten daha yüksek yüklerin kullanılması, sporcunun yüklü koşullar altında yüksek güç çıktılarını sergileme yeteneğini artırır (Moss ve ark. 1997). Güç üretim kapasitesini arttırmak için, karma veya kombine (karma) antrenman yöntemlerinin kullanılması daha etkili sonuçlar sağlar (Cormie ve ark. 2011; Moss ve ark. 1997). Teorik olarak düşük direnç yüksek hızda yapılan egzersizlerin antrenman programında kullanılması, kuvvet hız ilişkisinin yüksek hızlı alanını geliştirirken, daha ağır dirençler bu ilişkinin yüksek kuvvet alanını geliştirir (Şekil 2) (Haff ve Nimphius, 2012). Bu nedenle hem yüksek hem de düşük dirençlerle yapılan kombine antrenman yöntemlerinin kullanılması, tüm kuvvet-hız eğrisi boyunca gelişimi sağlayacak adaptasyonların gerçekleşmesine imkan tanır (Cormie ve ark. 2011; Haff ve Nimphius, 2012; Newton ve Kraemer, 1994; Toji ve Kaneko, 2004).



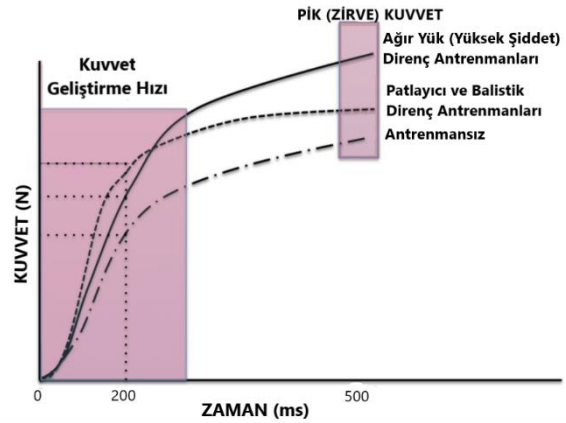
Şekil 2. Kuvvet-hız eğrisini etkileyen antrenman uygulamaları (Haff ve Nimphius, 2012).

### Kuvvet Geliştirme Hızı

Kuvvet geliştirme hızı, patlayıcı kas kuvvetinin bir ölçüsüdür ve bir sporcunun ne kadar hızlı kuvvet üretebileceğini gösterir (Rodríguez-Rosell ve ark. 2018). Belirli bir sürede üretilen en yüksek kuvvet miktarı olarak da tanımlanabilir. Nöromüsküler sistemin kasılma kuvvetini istirahat düzeyinden artırma yeteneğini ifade eder (Rodríguez-Rosell ve ark. 2018). Bir sportif hareket sırasında kuvvetin sergilenme hızı olarak değerlendirilen kuvvet geliştirme hızı, izometrik, konsantrik ve eksantrik kas kasılmaları için ayrı ayrı hesaplanabilir (Haff ve ark. 2015; Rodríguez-Rosell ve ark. 2018). Kuvvet geliştirme hızı, kuvvet zaman eğrisinin eğiminden belirlenir (Şekil 3), pik kuvvetin veya belirli bir zaman birimindeki kuvvetin, bu kuvvete ulaşmak için geçen zamana bölünmesiyle hesaplanır (Haff ve ark. 2015; Haff ve Nimphius, 2012; Penailillo ve ark. 2015; Rodríguez-Rosell ve ark. 2018).

Kuvvet geliştirme hızı (Newton/saniye) = Kuvvet / Kuvvete Ulaşma Zamanı

Kuvvet geliştirme hızı, sprint, yüksek atlama, uzun atlama, gülle, cirit atma gibi patlayıcı güç gerektiren ve özellikle 300 milisaniyeden daha kısa sürelerde yapılan maksimal egzersizlerde sporcu performansı için önemli bir kas kuvveti parametresi olarak kabul edilir (Haff ve Nimphius, 2012). Güç gelişimini hedefleyen antrenman programlarında, antrenmanın etkisini değerlendirmek için önemli bir performans belirleyicisidir (Rodríguez-Rosell ve ark. 2018). Aslında kuvvet geliştirme hızı, kasın maksimal kas kuvvetine ulaşılmasına imkan vermeyen çok kısa kasılma sürelerinde gerçekleştirilen hızlı hareketlerde önem kazanır (Aagaard ve ark. 2002). Yüksek kuvvet geliştirme hızı hem antrenmanlı sporcularda hem de sakatlık sonrası rehabilitasyon döneminde olan sporcular için hızlı ve güçlü hareket yeteneğinde önemli bir rol oynar (Rodríguez-Rosell ve ark. 2018). Bunun yanı sıra kuvvet geliştirme hızı, egzersize bağlı kas hasarı ve egzersize bağlı nöromüsküler yorgunluğun dolaylı belirteci olarak da değerlendirilmektedir (Penailillo ve ark. 2015; Thorlund ve ark. 2008).



Şekil 3. Kuvvet geliştirme hızını, belirli bir zamandaki pik veya maksimal kuvvet üretme kapasitesini gösteren izometrik kuvvet-zaman eğrisi (Haff ve Nimphius, 2012).

"Kuvvet geliştirme hızı", "patlayıcı güç", "hızlı kas kasılması", "hızlı kuvvet kapasitesi", "patlayıcı kuvvet üretimi" ve "balistik kasılma" terimleri sıklıkla aynı kavram olarak kullanılmıştır. Patlayıcı kuvvet, nöromüsküler sistemin yüksek hızlı kas hareketlerini gerçekleştirme yeteneği olarak tanımlanır ve yüksek hızda yapılan dinamik hareketlerle ilişkilidir (Mirkov ve ark. 2004; Rodríguez-Rosell ve ark. 2018). Kuvvet geliştirme hızı ise patlayıcı kuvvet üretiminin test edilmesini ifade eder ve hem statik (izometrik kasılma) hem de dinamik kasılmalarda ölçülebilmektedir. Bu nedenle kuvvet geliştirme hızı terimi patlayıcı kuvvetten ziyade "hızlı kuvvet üretimine" atıfta bulunmak için kullanılmaktadır (Winter ve ark. 2016).

Kuvvet geliştirme hızı kuvvet üretiminin başlangıcından maksimal istemli kasılmanın farklı yüzdelerine (%25, %50 ve %75) ulaşana kadar geçen süre olarak hesaplanabilir (Mirkov ve ark. 2004; Newton ve ark. 2002). Ya da kasılmanın başlangıcından itibaren kuvveti belirli bir düzeye (örneğin 100, 250, 500, 750, 1000, 1500 ve 2000 Newton) çıkarmak için geçen süre olarak da hesaplanabilir. Kasılma başlangıcından sonra farklı zaman aralıklarında hesaplanan kuvvet geliştirme hızı (örneğin 0-30, 0-50, 0-90, 0-100, 0-

150, 0- 200 ve 0-250 milisaniye), maksimal kuvvet geliştirme hızına ulaşana kadar geçen süre veya maksimal istemli kasılma kuvvetinin altıda birine, yarisına ve üçte ikisine ulaşmak için gereken süre dahil olmak üzere diğer değişkenler, hızlı kuvvet üretimini değerlendirmek için hesaplanabilmektedir (Aagaard ve ark. 2002; Haff ve ark. 2015; Mirkov ve ark. 2004; Thorlund ve ark. 2008).

Maksimal kuvvet geliştirme hızı, izometrik veya dinamik kasılmaların gerçekleştirildiği bir test sırasında genel olarak kuvvet-zaman eğrisinin tepe eğimi olarak ölçülür (Şekil 3) (Haff ve ark. 2015; Haff ve Nimphius, 2012; Penailillo ve ark. 2015; Rodríguez-Rosell ve ark. 2018). İzometrik egzersiz sırasında, maksimal kuvvet geliştirme hızına ulaşıldığı anda elde edilen kuvvet veya tork (Newton/saniye) seviyesi, maksimal kuvvet üretiminin yaklaşık %30'una karşılık gelir (Rodríguez-Rosell ve ark. 2018). Konsantrik bench press egzersizi gibi dinamik kasılmalar sırasında maksimal kuvvet geliştirme hızı, kullanılan göreceli şiddete bağlı olarak üretilen en yüksek kuvvetin %40 ila %60'ı arasında kaydedilebilir (Rodríguez-Rosell ve ark. 2018).

Dinamik kuvvet geliştirme hızı, dikey sıçrama testleri ile değerlendirilebilmektedir. Kuvvet geliştirme hızı, sıçraması sırasında kuvvet-zaman eğrisi üzerinden elde edilen maksimal yer reaksiyon kuvvetin (ground reaction force), bu maksimal kuvveti elde etmek için geçen süreye bölünmesi ile hesaplanabilir (Thorlund ve ark. 2008; McLellan ve ark. 2011). 50-250 milisaniyelik kasılma süreleri, genellikle atlama, sıçrama, sprint veya yön değiştirme gibi hızlı hareketlerle ilişkilendirilir. Maksimal kuvvetin üretilmesi 300 milisaniyeden daha fazla sürelerde gerçekleştirilebileceği için (Şekil 3), kısa kasılma sürelerinde yapılan egzersizlerde maksimal kuvvetlere ulaşılma olasılığı azalacaktır (Aagaard ve ark. 2002; Haff ve Nimphius, 2012). Bu nedenle, kuvvet geliştirme oranını ve toplam güç çıktısını geliştirmek için hafif yüklerle balistik tarzda direnç egzersizlerinin yapılması tavsiye edilmektedir (Cormie ve ark. 2011; Haff ve Nimphius, 2012; Kraemer ve ark. 2002; Newton ve Kraemer, 1994).

### Balistik Direnç Egzersizleri

Maksimal güç, yüksek hız üreterek bir nesnenin fırlatılması ya da nesneye vurulması gibi tek bir hareket dizisi gerektiren aktivitelerde performansın temel belirleyicisidir (Young ve Bilby, 1993). Atletizmde cirit, gülle, çekiç atma, futbolda şut çekme, basketbolda ve hentbolda şut atma, teniste ve voleybolda smaç yapma, servis atma gibi farklı spor branşlarında performans patlayıcı güç gerektiren hareketlerle belirlenmektedir (Kraemer ve ark. 2002). Sporunun bir nesneyi maksimum hızda hareket ettirebilmesi için, hem kas kuvvetinin fazla hem de kasın kasılma hızının yüksek olması gerekir.

Kasa uygulanan dış yük, kasın kasılma kuvvetine zıt yönde etki yapar. Dolayısıyla kasın bir dirence karşı oluşturması gereken kuvvet miktarı, kasılma hızını etkiler. Kasa uygulanan direncin artışı beraberinde kasılma hızında azalmaya neden olur. Bu nedenle kas kuvvetinin arttırılması, nesnenin (top, gülle, cirit, çekiç vb.) hızlanmasına büyük oranda katkı sağlar (Manolopoulos ve ark. 2006). Serbest ağırlıklarla çalışırken hareketin

yavaşlama fazı, hareketin yüksek hızlarda tekrarlanmasını sınırlar. Yavaşlama fazı, tekrarın tamamlanmasından önce bar hızının düştüğü konsantrik fazın sonuna yakın olan noktadır. Hareketin konsantrik fazındaki hız ya da yük arttıkça yavaşlama fazının süresi uzamaktadır. Bu da konsantrik fazın yaklaşık olarak % 24–40'lık bir bölümünde hareket hızının yavaşlamasına neden olur (Newton ve ark. 1996). Dolayısıyla hareketin geniş bir eklem hareket açıklığında istenilen hızda çalışılması mümkün olmaz. Hareketin tamamı boyunca güç üretimi sınırlı olduğu için, bu tarz antrenmanlarla güç gelişimi yalnızca hareket aralığının ilk bölümünde gerçekleşir (Kraemer ve Ratamess, 2004). Gücün nesneye aktarılmasını gerektiren spor branşlarında geleneksel direnç antrenmanları ile istenilen performans gelişimi sağlanamayabilir (Kraemer ve Ratamess, 2004).

Balistik direnç egzersizleri, vücut kütlesi veya bir ağırlık gibi hızlandırılan kütlelerin havaya fırlatılabileceği egzersizleri ifade eder ve tüm eklem hareket aralığı boyunca hızlanmayı sağlayan patlayıcı tarzda yapılan hareketleri içerir (McBride ve ark. 2002; Newton ve ark. 1996; Kraemer ve Ratamess, 2004). Direnç, vücut ağırlığı ile 1- TM'un %50'si arasında değişen yükleri kapsayabilir (Cormie ve ark. 2011). Ağırlıkla veya sadece vücut ağırlığıyla tam veya yarım squat pozisyonu olarak sıçrama (squat jump), sağlık topu fırlatma, bench throw (fırlatma) ve shoulder throw egzersizleri balistik direnç egzersizlerinden bazılarıdır (Kraemer ve Ratamess, 2004; Wilson ve ark. 1993). Clean pull (silme), snatch pull (koparma), olimpik kaldırışların diğer varyasyonları gibi güç tipi egzersizler, hareket sırasında ağırlığın hızlandırılmasını gerektirir ve direnç aslında havaya atılmasa da balistik bir bileşene sahiptir (Kraemer ve Ratamess, 2004). Bu tür egzersizlerde, hareket aralığının sonunda dirençte yavaşlama yoktur. Bu nedenle balistik direnç egzersizleri patlayıcı gücün geliştirilmesine yönelik en uygun antrenman yöntemidir (Deschenes ve Kraemer, 2002; Kraemer ve Ratamess, 2004).

### Pliometrik Egzersizler

Kas gücünü geliştirmeye yönelik bir başka antrenman yöntemi pliometrik egzersizlerdir (Newton ve Kraemer, 1994). Ağırlık antrenmanlarına göre pliometrik egzersizler antrenman veya müsabaka sahasında uygulanabilir olması nedeni ile daha pratiktir. Pliometrik antrenmanlar, harekete katılan kas ve bağ dokusunda elastik enerjinin depolanmasını ve depolanan bu enerjinin kullanabilme yeteneğini geliştirir (Cornu ve ark. 1997; Fleck ve Kraemer, 2014). Bu gelişim birçok spor branşının temelini oluşturan hızlanma, yavaşlama, sıçrama, yön değiştirme gibi çeviklik gerektiren hareketlerde performans olumlu yönde yansır (Markovic ve Mikulic, 2010). Balistik egzersizlerden farklı olarak pliometrik egzersizler, eksantrik kasılmaların konsantrik kasılmaları döngüsel olarak takip ettiği egzersizlerdir (Komi ve Gollhofer, 1997). Bu nedenle pliometrik egzersizler, "gerilme-kısalma döngüsü" egzersizler olarak da isimlendirilir (Markovic ve Mikulic, 2010; Komi ve Gollhofer, 1997). Balistik egzersizler ise tek bir gerilme-kısaltma döngüsünü içerir. Gerilme-kısalma döngüsü egzersizler sırasında hem refleks mekanizmaların

etkinliğindeki artış hem de elastik potansiyel enerjinin kullanılması sonucu üretilen kuvvet, konsantrik kasılmada kontraktıl proteinlerin ürettiği kuvvete eklenerek kas gücünün daha da yüksek olmasına imkan sağlar (Chu ve Meyer, 2013; de Villarreal ve ark. 2009; Wilson ve Flanagan, 2008). Pliometrik egzersizler, kas ve tendonun doğal elastik bileşenleri yanında gerim (miyotatik) refleksini kullanarak sonraki hareketin gücünün artırılmasına imkan tanıyacak hızda yapılmalıdır (Chu ve Meyer, 2013). Bu nedenle plyometrik egzersizler uygulanırken, eksantrikten konsantrik kasılmaya geçiş sürelerinin veya zeminle temas sürelerinin mümkün olduğu kadar kısa olmasına dikkat edilmelidir (Chu ve Meyer, 2013; Wilson ve Flanagan, 2008).

Pliometrik antrenmanların şiddetini, ilgili kaslar, bağ dokuları ve eklemler üzerine uygulanan stres miktarı belirler. Bir başka ifade ile pliometrik egzersizlerin eksantrik kasılma fazında, gerilme yükünün artırılması şiddeti artırır (Chu ve Meyer, 2013). Pliometrik egzersizlerin sıçrama veya kasa üzerinden düşme (drop) yüksekliğinin artırılması, ayak bileği ağırlıkları, ağırlık yeleği, ağırlık kemeri veya sırtta desteklenen halter gibi vücuda ekstra ağırlık eklenerek uygulanması şiddeti artırır. Drop jump (düşerek sıçrama) veya derinlik sıçramalarında, yükseklik arttıkça zemin tepki kuvveti artacağı için düşme yüksekliği önemlidir (Wallace ve ark. 2010). Pliometrik antrenmanlarda da kasa veya kutu yüksekliği kişinin kapasitesine göre seçilmelidir. Sıçrama performansının gelişimi için optimal bir düşme yüksekliğinin olmadığı ifade edilmektedir (de Villarreal ve ark. 2009). Bununla birlikte 40 cm'den daha yüksek yükseklikten atmaların, düşük yüksekliklere kıyasla mekanik verimliliği olamadığı için avantaj sağlamadığı düşünülmektedir (Peng, 2011).

### **Kompleks veya Kontrast Antrenman**

Kuvvet ve güç antrenman programlarının, sporcuların sportif yeteneklerini geliştirmede etkili olduğu bilinmektedir (Cormier ve ark. 2020). Yüksek ağırlıkla düşük hızda yapılan direnç egzersizleri ile hafif ağırlıklarla yüksek hızda yapılan patlayıcı direnç/pliometrik egzersizlerin birleştirildiği (kombine) antrenman metodolojilerinin, patlayıcı güç gerektiren hareketlerde performansın geliştirilmesinde en etkili yöntem olduğu düşünülmektedir (Cormier ve ark. 2020). Kombine antrenmanların amacı sprint, sıçrama, atma, vurma, ani yön değiştirme gibi patlayıcı güç gerektiren hareketlerde güç çıkışını daha etkili ve keskin bir şekilde geliştirmektir (Cormier ve ark. 2020). Kombine antrenman uygulamalarında, yüksek ağırlıklarla yapılan direnç egzersizleri ile güç denkleminin kuvvet bileşeninin geliştirilmesi hedeflenirken, hafif ağırlıklarla yüksek hızda yapılan egzersizlerle hız bileşeninin geliştirilmesi ve nöral mekanizmaların adaptasyonu sağlanmaya çalışılır (Cormie ve ark. 2011).

Bu bilgileri dikkate alarak "kompleks" ve "kontrast" olmak üzere iki kombine antrenman yönteminin uygulandığı görülmektedir. Her iki protokolde de kuvvet ve güç egzersizleri aynı antrenman seansında birleştirilmiştir. Kontrast antrenman, yüksek ağırlıklarda yapılan direnç egzersizlerinin antrenman seansının başında, hafif ağırlıklarda patlayıcı direnç veya pliometrik egzersizlerin ise

antrenman seansının sonunda yapıldığı, zıt ağır ve hafif yüklerin kullanımını içeren kombine antrenmanlar olarak tanımlanmaktadır (Cormier ve ark. 2020; Fathi ve ark. 2019). Kompleks antrenman ise, bir antrenman seansında yüksek ağırlıkta yapılan direnç egzersizlerini daha hafif ağırlıkta biyomekanik olarak benzer patlayıcı direnç veya pliometrik egzersizleri ardışık olarak izlediği kombine antrenmanlar olarak tanımlanır (Ebben, 2002). Kompleks antrenman sırasında yapılan direnç egzersizi ile güç egzersizi aynı kas gruplarını çalıştırmasına ve benzer hareket paterninde olmasına dikkate edilmelidir. Örneğin kompleks antrenman 1RM'in %80'inde veya daha yüksek dirençlerde bench press veya squat egzersizi, ardından 1RM'in %30-45'inde balistik tarzda bench press fırlatmaları veya dikey sıçramalar veya farklı türde pliometrik egzersiz setlerinden oluşabilir (Fleck ve Kraemer, 2014).

Kombine antrenmanlarda ön yüklenme olarak yapılan ağır direnç uyarısının, motor nöron uyarılabilirliğini artırarak ardından yapılan patlayıcı tipte egzersizler için en uygun antrenman koşullarını oluşturduğu öne sürülmektedir (Ebben, 2002). Post-aktivasyon potansiyasyon (aktivasyon sonrası güçlendirme), özellikle kompleks antrenman yönteminin faydalarını açıklayan bir mekanizma olarak görülmektedir (Docherty ve Hodgson, 2007). Post-aktivasyon potansiyasyon terimi, bir kuvvet egzersizi yaptıktan hemen sonra artan performansı veya güç çıktısını tanımlamak için kullanılır (Cormier ve ark. 2020; Fleck ve Kraemer, 2014). Teorik olarak bir kondüsyonel aktivitesinin ön yüklenme olarak kullanılması, daha yüksek ATP aktivitesi ve miyozin hafif zincirlerinin fosforilasyonu, daha yüksek motor ünite aktivasyonu gibi farklı fizyolojik faktörlerin etkisiyle, ardından yapılan mekanik olarak benzer güç tipi egzersizinde performansı artırır (Seitz ve Haff, 2016). Post-aktivasyon potansiyasyon, motor ünite aktivasyonun artması sonucu daha fazla kas fibrilinin göreve çağırılması veya golgi tendon organı gibi sakatlanmaya karşı nöral koruyucu mekanizmaların engelleyici (inhibisyon) etkisinin azalması ile sonuçlanan bir tür kısa süreli nöral uyumdan kaynaklanabilir (Docherty ve Hodgson, 2007). Kontraktıl proteinlerin kalsiyum duyarlılığının artması sonucu miyozin hafif zincir moleküllerinin artan fosforilasyonu post-aktivasyon potansiyasyonun bir başka açıklamasıdır (Tillin ve Bishop, 2009). Diğer bir ifade ile maksimal veya maksimale yakın dirençlerde yapılan bir kuvvet egzersizi sarkoplazmik retikulumdan kalsiyum salınımını ve dolayısıyla aktin-miyozin çapraz köprü etkileşiminin duyarlılığını arttıracaktır. Bu fizyolojik mekanizmanın bir ön yüklenmenin ardından yapılacak patlayıcı güç egzersizi sırasında performansı (güç çıktısını) arttıracığı düşünülmektedir (Cormier ve ark. 2020; Docherty ve Hodgson, 2007; Seitz ve Haff, 2016). Öte yandan post-aktivasyon potansiyasyonun nedeni hala net olarak açığa kavuşmuş değildir.

Post-aktivasyon potansiyasyon ile kuvvet veya güç artışı, dinamik hareketlere kıyasla izometrik kasılmalardan sonra daha belirgindir (Esformes ve ark. 2011). Ayrıca yavaş konsantrik kasılmalara kıyasla hızlı konsantrik kasılmalar sırasında ve eksantrik kasılmalara kıyasla konsantrik kasılmalar sırasında daha belirgindir (Rixon ve ark. 2007).

Bununla birlikte genel olarak post-aktivasyon potansiyasyonu ortaya çıkarmak için 3 - 5 TM'luk dirençlerde bir ön direnç egzersizi yapılabilir (Fleck ve Kraemer, 2014). Post-aktivasyon potansiyasyon cevabı daha kuvvetli bireylerde daha yüksektir ve hızlı kasılan fibril oranı yüksek olan kaslarda daha belirgindir (Tillin ve Bishop, 2009). Antrenmanlı sporcular, antrenmansız bireylere kıyasla daha yüksek post-aktivasyon potansiyasyon cevabı gösterirler (Rixon ve ark. 2007). Ayrıca güç gelişimini hedefleyen antrenmanlar yapan sporcular, dayanıklılık antrenmanları yapan sporculardan daha fazla cevap gösterirler (Pääsuke ve ark. 2007).

Kuvvet ve güç antrenmanını birleştiren kombine yöntemlerin, takım sporlarında nöromusküler adaptasyonları sağlamak için etkili olduğu bilinmektedir. Öte yandan etkili performans gelişimi için kuvvet ve güç egzersizlerinin aynı antrenman seansında nasıl bir sıralamada yapılması gerektiği sorusu akla gelmektedir. Bir meta-analiz çalışmasında kompleks ve kontrast antrenman olmak üzere her iki antrenman türünün de maksimal kuvvet, dikey sıçrama, yön değiştirme ve sprint performansı üzerinde değişen oranlarda olumlu etkilerinin olduğu gösterilmiştir (Cormier ve ark. 2020). Antrenman seansı sırasında kuvvet ve güç egzersizlerinin sırasının performans gelişimi ile ilgili sonuçları önemli ölçüde etkilemediği, ancak kompleks antrenmanların takım sporları sporcularında biraz daha etkili olabileceği sonucuna varılmıştır (Cormier ve ark. 2020).

## Sonuç

Maksimal kas gücü gerektiren dinamik hareketlerde performansı belirleyen değişkenler kas kuvveti, kasılma hızı ve kuvvet geliştirme hızıdır. Bu değişkenleri geliştirmeye yönelik yapılacak antrenman uygulamaları maksimal gücü de geliştirecektir. Yüksek ağırlıkların düşük hızlarda uygulandığı geleneksel direnç egzersizleri ile hafif ağırlıkların yüksek hızlarda gerçekleştirildiği pliometrik, balistik veya patlayıcı direnç egzersizlerini içeren karma antrenman programlarının, maksimal gücün geliştirilmesinde en etkili antrenman yöntemi olduğu sonucuna varılmıştır.

## Kaynaklar

Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of applied physiology*, 93(4), 1318-1326.

Baker, D. (2001). Comparison of upper-body strength and power between professional and college-aged rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 30-35.

Beckham, G., Mizuguchi, S., Carter, C., Sato, K., Ramsey, M., Lamont, H., Hornsby G., Haff G., & Stone, M. (2013). Relationships of isometric mid-thigh pull variables to weightlifting performance. *J Sports Med Phys Fitness*, 53(5), 573-581.

Chu, D. A., & Meyer, G. C. (2013). *Plyometrics*. Human kinetics.

Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. (2011). Developing maximal neuromuscular power: Part 2—Training considerations for improving maximal power production. *Sports Med*, 41(2), 125-46.

Cormier, P, Freitas, TT, Rubio-Arias, J'A, and Alcaraz, PE. (2020). Complex and contrast training: Does strength and power training sequence affect performance-based adaptations in team sports? A systematic review and meta-analysis. *J Strength Cond Res*, 34(5), 1461-1479,

Cornu, C., Silveira, M. I. A., & Goubel, F. (1997). Influence of plyometric training on the mechanical impedance of the human ankle joint. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 76(3), 282-288.

Deschenes, M. R., & Kraemer, W. J. (2002). Performance and physiologic adaptations to resistance training. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 81(11), S3-S16.

de Villarreal, E. S. S., Kellis, E., Kraemer, W. J., & Izquierdo, M. (2009). Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: a meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(2), 495-506.

Docherty, D., & Hodgson, M. J. (2007). The application of postactivation potentiation to elite sport. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 2(4): 439-444.

Ebben, W. P. (2002). Complex training: A brief review. *Journal of sports science & medicine*, 1(2), 42.

Esformes, J. I., Keenan, M., Moody, J., & Bampouras, T. M. (2011). Effect of different types of conditioning contraction on upper body postactivation potentiation. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(1), 143-148.

Fathi, A., Hammami, R., Moran, J., Borji, R., Sahli, S., & Rebai, H. (2019). Effect of a 16-week combined strength and plyometric training program followed by a detraining period on athletic performance in pubertal volleyball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(8), 2117-2127.

Fleck, S. J., & Kraemer, W. (2014). *Designing resistance training programs*, 4E. Human Kinetics.

Haff, G. G., & Nimphius, S. (2012). Training principles for power. *Strength & Conditioning Journal*, 34(6), 2-12.

Haff, G. G., Ruben, R. P., Lider, J., Twine, C., & Cormie, P. (2015). A comparison of methods for determining the rate of force development during isometric midhigh clean pulls. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(2), 386-395.

Kawamori, N., & Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 675-684.

Komi, P. V., & Gollhofer, A. (1997). Stretch reflexes can have an important role in force enhancement during SSC exercise. *Journal of applied biomechanics*, 13(4), 451-460.

- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(4), 674-688.
- Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., & French, D. N. (2002). Resistance training for health and performance. *Current sports medicine reports*, 1(3), 165-171.
- Manolopoulos, E., Papadopoulos, C., & Kellis, E. (2006). Effects of combined strength and kick coordination training on soccer kick biomechanics in amateur players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 16(2), 102-110.
- Markovic, G., & Mikulic, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports medicine*, 40(10), 859-895.
- Marques, M. C., Saavedra, F. J., Abrantes, C., & Aidar, F. J. (2011). Associations between rate of force development metrics and throwing velocity in elite team handball players: a short research report. *Journal of human kinetics*, 29, 53-57.
- McBride, J. M., Triplett-McBride, T., Davie, A., & Newton, R. U. (2002). The effect of heavy-vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 16(1), 75-82.
- McLellan, C. P., Lovell, D. I., & Gass, G. C. (2011). The role of rate of force development on vertical jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(2), 379-385.
- Mirkov, D. M., Nedeljkovic, A., Milanovic, S., & Jaric, S. (2004). Muscle strength testing: evaluation of tests of explosive force production. *European journal of applied physiology*, 91(2), 147-154.
- Moss, B. M., Refsnes, P. E., Abildgaard, A., Nicolaysen, K., & Jensen, J. (1997). Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 75(3), 193-199.
- Newton, R. U., Hakkinen, K., Hakkinen, A., McCormick, M., Volek, J., & Kraemer, W. J. (2002). Mixed-methods resistance training increases power and strength of young and older men. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(8), 1367-1375.
- Newton, R. U., & Kraemer, W. J. (1994). Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. *Strength & Conditioning Journal*, 16(5), 20-31.
- Newton, R. U., Kraemer, W. J., Häkkinen, K., Humphries, B. J., & Murphy, A. J. (1996). Kinematics, kinetics, and muscle activation during explosive upper body movements. *Journal of applied biomechanics*, 12(1), 31-43.
- Newton, R. U., Murphy, A. J., Humphries, B. J., Wilson, G. J., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (1997). Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 75(4), 333-342.
- Nimphius, S., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2010). Relationship between strength, power, speed, and change of direction performance of female softball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(4), 885-895.
- Pääsuke, M., Saapar, L., Ereline, J., Gapeyeva, H., Requena, B., & Ööpik, V. (2007). Postactivation potentiation of knee extensor muscles in power-and endurance-trained, and untrained women. *European journal of applied physiology*, 101(5), 577-585.
- Peñailillo, L., Blazeovich, A., Numazawa, H., & Nosaka, K. (2015). Rate of force development as a measure of muscle damage. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25(3), 417-427.
- Peng, H. T. (2011). Changes in biomechanical properties during drop jumps of incremental height. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(9), 2510-2518.
- Seitz, L. B., & Haff, G. G. (2016). Factors modulating post-activation potentiation of jump, sprint, throw, and upper-body ballistic performances: A systematic review with meta-analysis. *Sports medicine*, 46(2), 231-240.
- Siegel, J. A., Gilders, R. M., Staron, R. S., & Hagerman, F. C. (2002). Human muscle power output during upper-and lower-body exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 16(2), 173-178.
- Stone, M. H., Moir, G., Glaister, M., & Sanders, R. (2002). How much strength is necessary?. *Physical Therapy in Sport*, 3(2), 88-96.
- Stone, M. H., Plisk, S. S., Stone, M. E., Schilling, B. K., O'Bryant, H. S., & Pierce, K. C. (1998). Athletic performance development: volume load - 1 set vs. multiple sets, training velocity and training variation. *Strength & Conditioning Journal*, 20(6), 22-31.
- Taber, C., Bellon, C., Abbott, H., & Bingham, G. E. (2016). Roles of maximal strength and rate of force development in maximizing muscular power. *Strength & Conditioning Journal*, 38(1), 71-78.
- Thorlund, J. B., Michalsik, L. B., Madsen, K., & Aagaard, P. (2008). Acute fatigue-induced changes in muscle mechanical properties and neuromuscular activity in elite handball players following a handball match. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 18(4), 462-472.
- Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports medicine*, 39(2), 147-166.
- Toji, H., & Kaneko, M. (2004). Effect of multiple-load training on the force-velocity relationship. *Journal of strength and conditioning research*, 18(4), 792-795.
- Rixon, K. P., Lamont, H. S., & Bemben, M. G. (2007). Influence of type of muscle contraction, gender, and lifting experience on postactivation potentiation performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 500.

- Rodríguez-Rosell, D., Pareja-Blanco, F., Aagaard, P., & González-Badillo, J. J. (2018). Physiological and methodological aspects of rate of force development assessment in human skeletal muscle. *Clinical physiology and functional imaging*, 38(5), 743-762.
- Wallace, B. J., Kernozek, T. W., White, J. M., Kline, D. E., Wright, G. A., Peng, H. T., & Huang, C. F. (2010). Quantification of vertical ground reaction forces of popular bilateral plyometric exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(1), 207-212.
- Weyand, P. G., Sandell, R. F., Prime, D. N., & Bundle, M. W. (2010). The biological limits to running speed are imposed from the ground up. *Journal of applied physiology*, 108(4), 950-961.
- Wilson, J. M., & Flanagan, E. P. (2008). The role of elastic energy in activities with high force and power requirements: a brief review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(5), 1705-1715.
- Wilson, G. J., Newton, R. U., Murphy, A. J., & Humphries, B. J. (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 25(11), 1279-1286.
- Winter, E. M., Abt, G., Brookes, F. C., Challis, J. H., Fowler, N. E., Knudson, D. V., ... & Yeadon, M. R. (2016). Misuse of "power" and other mechanical terms in sport and exercise science research. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(1), 292-300.
- Young, W. B., & Bilby, G. E. (1993). The effect of voluntary effort to influence speed of contraction on strength, muscular power, and hypertrophy development. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 7(3), 172-8.