

Deselerasyon: Atletik Performans İçin Fiziki Yönü: Geleneksel Derleme

Deceleration: Physical Aspect for Athletic Performance: Traditional Review

^{1b} Mert İSKİPCİ^a, ^{1b} Kaan Gürbey AKTÜRE^a, ^{1b} Doğukan YILMAZ^b, ^{1b} Doruk ARKIŞ^c, ^{1b} Eren TOP^d

^aİstanbul Galata Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, İstanbul, Türkiye

^bİstanbul Sağlık Bilimleri Üniversitesi Yaşam Bilimleri Fakültesi, Egzersiz ve Spor Bilimleri Bölümü, İstanbul, Türkiye

^cDeakin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Egzersiz Fizyolojisi Bölümü, Melbourne, Avustralya

^dSüleyman Demirel Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Isparta, Türkiye

ÖZET Yüksek şiddetli akselerasyon ve deselerasyonlar, takım sporlarında ve bireysel sporlarda eylemlerin verimli bir şekilde gerçekleştirilmesi için temel bileşenler arasında yer almaktadır. Deselerasyonlar, genellikle ani ve kademeli bir durma gerektiren veya yön değişikliğinden önce vücudun hızını azaltmak için birçok spor dalında kullanılmaktadır. Doğaları gereği yüksek şiddette gerçekleştirilen akselerasyon ve deselerasyon eylemleri, bireysel ve takım sporlarının belki de en fazla tekrarlanan eylemleri arasında yer almaktadır. Özellikle ani deselerasyon ve akselerasyonu içerisinde barındıran, yön değişimi temelli spor branşları içerisinde bu eylemlerin verimlilik seviyesi sportif başarıyı büyük oranda belirleyebilmektedir. Bir sporunun deselerasyon gerçekleştirebilmesi için kütle merkezinin yerle temas noktasının arkasında olması, eklem sertliğinde azalmanın gerçekleşmesi, uçuş süresinin en aza indirilmesi ve iniş mesafesinin en üst düzeye çıkarılması gerekmektedir. Akselerasyonlarla karşılaştırıldığında, yüksek şiddetli yavaşlamalar daha büyük bir hız değişimi oranı sergilemektedir ve takım sporlarında çok daha sık görülmektedir. Yavaşlamanın sportif performans içerisindeki önemi, sporcuların yön değiştirme ve çarpışmalardan kaçınabilme yeteneklerinin optimum düzeyde gerçekleşmesi için önemli görünmektedir. Ayrıca, deselerasyon, performans ve toparlanma için önemli bir husus olan kas yorgunluğuna ve hasarına önemli bir katkıda bulunabilir. Bu önemi nedeniyle akselerasyon ve deselerasyon, monitörize edilmesi gereken önemli değişkenler olarak kabul edilir. Bu nedenle antrenman ve müsabakalar sırasında deselerasyonun mekanik yükünün belirlenmesinin önemli olduğu düşünülmektedir. Sonuç olarak yatay deselerasyonun dikkatli bir biçimde değerlendirilmesi, antrene edilmesi, buna göre monitörize edilmesinin takım ve bireysel spor dallarında önemli bir bileşen olarak görülmelidir. Tüm bu aktarımlar doğrultusunda derlemenin amacı, deselerasyonun atletik performans üzerindeki etkisini ve fiziksel yönlerini anlamaktır.

ABSTRACT High-intensity accelerations and decelerations are fundamental components of powerful movement actions in team sports and are integral to successful performance outcomes. Deceleration is often employed in sports that require an immediate or gradual stop or to decrease the body's velocity before a change in direction. Acceleration and deceleration actions, which are performed at high intensity by their nature, are perhaps among the most repeated actions of individual and team sports. Especially in sports branches based on change of direction, which include rapid deceleration and acceleration, the efficiency level of these actions can largely determine the sportive success. For a player to decelerate, the individual's center of mass needs to be posterior to their point of contact with the ground, the stiffness of joints is decreased, the flight time is minimized and the landing distance is maximized. When compared to accelerations, high-intensity decelerations exhibit a greater rate of velocity change and subsequently occur more frequently in many team sports. Deceleration is important because it affords players the ability to change direction and avoid collisions. Furthermore, deceleration may be a significant contributor to muscle fatigue and damage, which is an important consideration for performance and recovery. Due to this importance, acceleration and deceleration are considered important variables that should be monitored. For this reason, it is necessary to determine the mechanical load of deceleration in training and competitions. Consequently, horizontal deceleration may need to be seen as an important component in team sports high-performance environments that need to be carefully assessed, trained, and monitored accordingly. The aim of this review is to understand the effect and physical aspects of deceleration on athletic performance.

Anahtar Kelimeler: Deselerasyon; atletik performans; antrenman yükü

Keywords: Deceleration; athletic performance; training load

Sportif performanstaki başarı oranı oldukça fazla değişkenden etkilenmektedir. Bu başarıyı etkileyen faktörlerin neler olduğu branş özelinde değişmekle bir-

likte, bazı gerçekleştirilen eylemler çoğu spor branşında benzer miktarda öneme sahiptir. Birçok spor branşında benzer önem seviyesine sahip olan eylemler-

Correspondence: Kaan Gürbey AKTÜRE

İstanbul Galata Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, İstanbul, Türkiye

E-mail: akture.kaan@gmail.com



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

Received: 15 Mar 2022

Received in revised form: 19 May 2022

Accepted: 02 Jun 2022

Available online: 20 Jun 2022

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

rin başında deselerasyon (yavaşlama) ve akselerasyon (hızlanma) eylemleri gelmektedir. Doğaları gereği yüksek şiddette gerçekleştirilen akselerasyon ve deselerasyon eylemleri, bireysel ve takım sporlarının belki de en fazla tekrarlanan eylemleri arasında yer almaktadır.^{1,2} Özellikle ani deselerasyon ve akselerasyonu içerisinde barındıran, yön değişimi temelli spor branşları içerisinde bu eylemlerin verimlilik seviyesi sportif başarıyı büyük oranda belirleyebilmektedir.³ Sportif başarıyı önemli miktarda etkileyen bu eylemlerin branşa özgü analizi ise oldukça önemli görünmektedir.

Deselerasyon ve akselerasyonların sportif performans içerisindeki önemi beraberinde eylemler sırasında üretilen kuvvetlerin vücut içerisinde yaratmış olduğu etkilerin bilinmesini ve bu bilinen etkilere göre antrenman programlarının yapılmasını gerektirmiştir. Genel olarak literatür incelendiğinde, akselerasyonun vücut içerisindeki yarattığı fiziki ve morfolojik özellikleriyle ilgili yapılmış çalışmalara ulaşmak mümkün olsa da yüksek şiddette gerçekleştirildiğinde çoğu zaman akselerasyondan daha büyük miktarda mekanik yük oluşturan deselerasyonla ilgili literatür zayıf görünmektedir.^{1,2,4} Bu nedenle bu derlemenin amacı, literatürde akselerasyona göre daha az miktarda veri barındıran deselerasyon becerisinin atletik performanstaki önemiyle birlikte, bu becerinin vücut içerisinde yaratmış olduğu etkilerin neler olduğunun incelenmesidir.

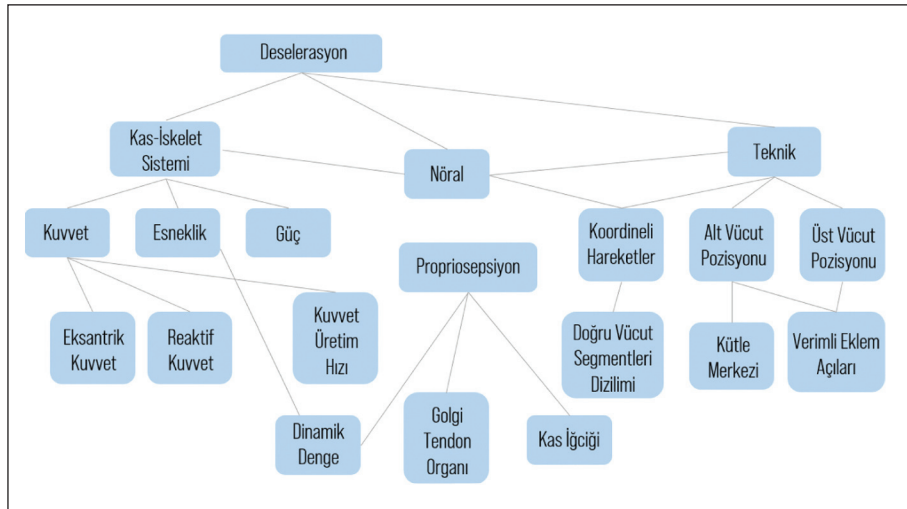
DESELERASYONUN ATLETİK PERFORMANSTAKİ YERİ VE ÖNEMİ

Atletik performans sırasında sporcuların başarılı bir çıktı ortaya koyabilmeleri için birçok özelliği optimal düzeyde bünyelerine barındırmaları gereklidir. Bu özellikler içerisinde önemli bir yere sahip olan deselerasyon becerisi ise hem takım hem de bireysel spor branşları için kritik bir beceri olarak ön plana çıkmaktadır.^{5,6} Deselerasyon becerisi kısaca; yön değiştirme, hareketler arası geçiş ve durma eylemlerinin en kısa sürede hızlı bir şekilde ortaya koyulmasını sağlayan bir atletik beceri olarak tanımlanmaktadır. Bu becerinin istenilen seviyede gerçekleştirilmesi atletik performans içerisinde ani deselerasyon ve akselerasyon içeren hareketlerin verimliliği için önemli görünmektedir.⁶ Özellikle müsabaka sırasında sporcuların anlık olarak yüksek hızlara çıkıyor olmaları,

deselerasyonun tanımında da bahsedildiği gibi yön değiştirme, hareketler arası geçiş ve anlık durma faaliyetlerinin de bir o kadar şiddetli bir şekilde gerçekleştirilmesine yol açmaktadır. Sporcuların artan hızla birlikte oluşturdukları yüksek momentumun vücutları tarafından kontrollü bir şekilde yönetilebilmesi ve durdurabilmesi için ise bu yetiyi gerçekleştiren kas gruplarının yeterli seviyede çarpma kuvvetlerini absorbe edebilmesi ve vücudun eylem sırasında doğru açılarda olmasını sağlayabilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda, deselerasyon sırasında gerçekleşen yüksek çarpma kuvvetlerinin organizma üzerinde yarattığı yüksek mekanik yükü kontrollü bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için optimal hareket yeterliliğine ihtiyaç duyulmaktadır. Birçok sebep nedeniyle **Şekil 1**'de görülen deselerasyon şemasında yer alan kas-iskelet sistemi, nöral ve teknik bileşenler arasındaki yüksek etkileşimin organize bir şekilde geliştirilebilmesi, performans için önemli bir unsur olan deselerasyonun gelişimi için temel zemini oluşturmaktadır.¹

DESELERASYON BECERİSİNİN GEREKTİRDİĞİ KAS AKTİVASYONLARI

Bir sporcunun akselerasyon ya da deselerasyon faaliyetlerine neden olan kas kasılma mekanizmasının anlaşılmasının sportif performans sırasındaki başarı için önemli olduğu düşünülmektedir. Deselerasyon eylemi sırasında ortaya çıkan momentumun yaratmış olduğu etkilerin öncelikli olarak tespiti bu mekanizmanın anlaşılması için ilk unsurdur. Sonrasında ise anlaşılması gereken alan bu mekanizmanın etkilediği hareket esnasında ortaya çıkan momentumdur. Momentumu kontrol etmenin anahtarı kasların kasılma sırasında uzaması olarak ifade edilen eksantrik kas kasılmalarıdır. Literatürde eksantrik kas kasılmalarıyla ilgili yapılan araştırmalarda da görüleceği gibi eksantrik kas kasılmaları konsantrik kas kasılmalarından %20-60 oranında daha fazla kuvvet üretebilmektedir.⁷ Eksantrik kas kasılmalarının yüksek kuvvet üretebilme becerisi, deselerasyon sırasında oluşan mekanik yükü konsantrik kas kasılmalarına göre absorbe etme yeteneğini artırıyor görünmektedir.⁸ Bu nedenle atletik gelişimi başarılı bir şekilde en üst düzeye çıkarmak için eksantrik kasılma odaklı kuvvet antrenmanlarının, sporcuların antrenman periyotlamaları içerisinde değerlendirilmesi önerilmektedir.

ŞEKİL 1: Deselerasyonun ihtiyaç piramidi.¹

DESELERASYONUN KİNETİK VE KİNEMATİK TALEPLERİ

Deselerasyonun ana amacı, eylem hâlindeyken tam bir durma veya yeni bir yönde hareketin oluşmasına izin vermek için minimum sürede mümkün olduğunca fazla kuvvet uygulayarak vücudun momentumunu (kütle×hız) azaltmaktır.⁹ Deselerasyonun bu amacı, akselerasyon sırasında görünen kinematik özelliklerle benzer olmakla birlikte, ekstremitele ilgili farklı kütle merkezi ile ilişkili olarak konumlanıyor olması, 2 hareket arasındaki farkı ortaya koymaktadır (Tablo 1).³ Momentuma direnmek ya da karşı koymak için zemin temasından önce uygun eklem açıları ve gereken kas kasılma mekanizmaları şart görünmektedir. Uygun eklem açıları ve gereken kas kasılma mekanizmaları sırasında bacak kinematığı, deselerasyon sırasında gerçekleşen ilk reaksiyon kuvvetlerini absorbe etme rolünü üstlenmektedir. Bu üstlenilen rol sırasında bacak, deselerasyon sırasında kısa adımlarla oluşan yürüyüş döngüsü gerçekleştirerek zemin temas süresini artırmaktadır.³ Ayağın uzun sürelerde zeminle olan temasını sağlamak için ayağın başlangıçta yere topukla temas etmesi ve daha sonra pençeye doğru yuvarlanarak tam bir ayak-zemin temasının sağlanmasıyla horizontal bir frenleme etkisi oluşturması gerekmektedir.⁶ Bu frenleme sonucu oluşan zemin reaksiyon kuvveti, ayak bileğinin dorsifleksiyonu ve diz kalça eklemlerinin fleksiyonuyla dağıtılmakta ve böylece oluşan stres

minimuma indirilmektedir.^{10,11} Bununla birlikte, kuvvet ancak zeminle temas hâlindeyken etkili bir şekilde üretilebileceğinden ötürü, deselerasyon sırasında havadaki bacağın uçuş süresi zeminde daha uzun temas süresine sahip olabilmesi için sınırlandırılır ve bacakların hareketine karşı koymak için kolların abdüksiyonu ve dirseklerin ekstansiyonuyla birlikte momentumun yavaşlamasına yardımcı olur. Akselerasyon eyleminin aksine, deselerasyon sırasında zemine ilk olarak temas edecek bacağın teması kütle merkezinin önünde konumlanarak gerçekleşir.

TABLO 1: Sprint sırasında gerçekleşen akselerasyon ve deselerasyon fazlarının zemin temasları arasındaki kinematik farklılıklar.^{12,13}

Kinematik Karakterler	Akselerasyon Fazı	
	(0-10 m)	Deselerasyon Fazı (0-5 m)
Kütle merkezinin temas noktasıyla ilişkisi	Anterior	Posterior
Adım uzunluğu	Kısa	Kısa
Adım genişliği	Geniş	Geniş
Adım sıklığı	Yüksek	Yüksek
Yer reaksiyon kuvveti	Minimal	Maksimal
İtici faz	Maksimum	Minimum
Eklem sertliği	Yüksek	Düşük
Destek Fazı	Uzun	Uzun
Ayağın zemin temas mesafesi	Minimal	Maksimal
Ayağın zemin temas süresi	Uzun	Uzun
İlk dominant olan kas aktivasyonu	Konsantrik	Eksantrik
Uçuş fazı	Minimum	Maksimum

Bu eylem diz ekstansiyonu, kalça fleksiyonu ve ayak plantar fleksiyonunu gerektirir.¹² Deselerasyon fazı sırasında gövdenin konumu ise eksantrik kuvvetleri eylem boyunca absorbe etmesine ve dağıtılmasını sağlayacak şekilde, akselerasyon fazındaki gövde konumunun aksine daha dik bir gövde postürüne ihtiyaç duymaktadır.

DESELERASYONUN KUVVET VE GÜÇ YÖNÜNDEKİ TALEPLERİ

Her sportif eylemde olduğu gibi deselerasyon eylemi de kendi özelinde basit görünmekle birlikte detaylarında önemli ayrıntılar gizlemektedir. Bu gizlenen detayların başında, daha önceki başlıklarda bahsedildiği gibi momentum gelmektedir.⁹ Bilindiği gibi momentum, hareket eden bir nesnenin kütlesi ile doğrusal hızının ürünüdür. Herhangi bir sportif eylem sırasında kişinin hızı artmasıyla momentumunda da artış görülmesi bunun en basit örneğidir. Bu artış sonrasında kişi eylemini yavaşlatmak veya durdurmak istediğinde hızlandığından çok daha fazla kuvvet üretimine ihtiyaç duymaktadır. Bu kuvvet üretimi hareketin şiddeti ve yapılması istenen eylemin bizzat kendisi tarafından farklı kuvvet talepleri doğurmaktadır. Özellikle ani bir akselerasyon sonrası gerçekleştirilen deselerasyon, kesme (cutting) veya yön değiştirmek istenildiğinde bu eylemlerin gerçekleştirilmesi için her alt ekstremite kasının 3 hareket düzleminde de eksantrik yüke maruz bırakır.^{1,3} Bu maruziyet, eylemler sırasındaki talep edilen kuvvet özelliklerinin ne oranda farklılaşabileceğine basit bir örnektir. Hızın deselerasyon becerisinin ana değişkeni olması, eylem bazında hız değişimi yaşandıkça deselerasyon sırasındaki talep edilen kuvvetlerin farklı bir şekilde ele alınarak değerlendirilmesi zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır.⁷ Bu nedenle deselerasyon sırasındaki hareket şiddeti, teknik, hareketin verimliliği gibi ana konu başlıklarının tam anlamıyla anlaşılması için eylem sırasında talep edilen kuvvetlerin bilinmesi gereklidir.

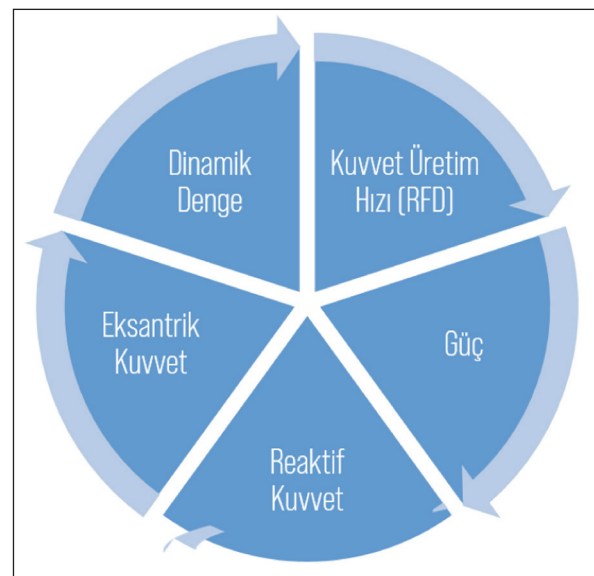
DESELERASYON BECERİSİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Konuyla ilgili daha önceki çalışmalar incelendiğinde, deselerasyon becerisinin farklı fiziki özelliklerden etkilendiği görülmektedir; dinamik denge, eksantrik

kuvvet, güç, kuvvet üretim hızı (rate of force development) ve reaktif güç (Şekil 2).^{1,3,12} Bu başlıkta deselerasyon becerisinin etkilendiği temel fiziksel özellikler incelenecektir.

Dinamik Denge

Dinamik dengenin deselerasyon becerisindeki ana rolü, ani uygulanan deselerasyon sırasında vücut konumunu korumak veya hedeflenen eylemi herhangi bir kompanzasyon olmadan gerçekleştirebilmektir. Genel tanımıyla, stabil bir pozisyonu korurken bir görevi yerine getirme yeteneği veya minimum dış hareketle dengesiz bir yüzeyde dengeyi koruma veya yeniden kazanma yeteneği olarak tanımlanan dinamik dengenin, deselerasyon becerisi için önemli fiziksel özelliklerden biri olduğu savunulmuştur.^{1,14-16} Bunun en temel örneği, ani deselerasyon uygulamak zorunluluğu nedeniyle gerçekleştireceği eylem öncesinde vücut konumunu rakibe, topa, farklı bir objeye göre hızlı bir biçimde konumlandırmak zorunda olan sporcunun, anlık gelişen eyleme karşı dinamik dengesini sürdürebilmesi veya koruyabilmesidir. Sporcunun bu ani gelişen taleplere karşı sergilemiş olduğu deselerasyon becerisinin verimliliği dinamik denge performansından önemli ölçüde etkilenme eğilimindedir. Bu temel sebeplerle deselerasyonun etkili ve verimli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için dinamik denge gelişimine önem verilmesi önerilmiştir.¹



ŞEKİL 2: Deselerasyon becerisi için temel fiziksel özellikler.

Eksantrik Kuvvet

Deselerasyon için bir diğer önemli olan fiziksel özellik eksantrik kuvvettir. Kas kasılması sırasında kasın uzayarak kasılması anlamı taşıyan eksantrik kas kasılmaları, ani deselerasyon ve ani akselerasyon içeren eylemlerde önemli rollere sahiptir. Özellikle büyük frenleme kuvvetlerinin üretilmesini gerektiren yön değişikliğini inceleyen çalışmalar, yüksek alt ekstremite eksantrik kuvvet üretiminin frenleme kuvvetlerini artırdığı ve tüm vücudun deselerasyonu için önemli bir gereklilik olduğunu tespit etmiştir.¹⁷⁻¹⁹ Fleksör kasların önderliğinde gerçekleşen eylemlerin bir sonucu olarak alt ekstremitede gerçekleşen deselerasyonun, ayak bileği, diz ve kalça eklemlerinde gerçekleşecek üçlü ekstansiyon (triple extension) sonrası bu kasların oluşan frenleme kuvvetlerinin üstesinden gelebilmeleri eksantrik kuvvetin verimli üretilmesine bağlı olduğu düşünülmektedir. Yüksek seviyelerde ortaya çıkan alt ekstremite eksantrik kuvvetinin, deselerasyona ihtiyaç duyulan yön değiştirme ve ani yavaşlama içeren aktivitelerde yüksek oranda ihtiyaç duyulan frenleme kapasitesini kolaylaştırdığına dair de net bir fikir birliği bulunmaktadır.^{17,20} Bu nedenle eksantrik kuvvet üretiminin, deselerasyonun görüldüğü en önemli sportif eylemlerden biri olan yön değiştirme hızının başarısını belirleyen önemli performans belirteçlerinden biri olduğu belirtilmiştir.²¹

Güç

Sportif performansın başarısı için yine oldukça önemli olan güç kapasitesi, deselerasyon becerisinin verimli gerçekleştirilmesi için önemli fiziki özelliklerden bir diğeridir. Güç üretiminin performans sırasında bir nesnenin (veya sporcunun vücudunu) yer değiştirmesini doğrudan etkiliyor oluşu, gücün deselerasyon verimliliğinde de önemli bir rol oynayabileceği düşündürmektedir. Bu becerideki başarı, sporcunun sadece bir nesne veya vücudunun üzerinde çok miktarda iş yapma becerisini değil, aynı zamanda bu işi kısa sürede yapabilmesini de geliştirebilmektedir. Güç bu yeteneği açıklayan mekanik kavramdır. Deselerasyon için gereken ana unsurun birim zaman oluşu da bu beceri sırasında yüksek oranda güç üretimine duyulan ihtiyacı göstermektedir.

Kuvvet Üretim Hızı (Rate of Force Development)

Genellikle literatürde güç ile karıştırılan ancak temelde bazı farklara sahip olan kuvvet üretim hızı da deselerasyon için önemli fiziki özelliklerden biridir. Kuvvet üretim hızı, kuvvetin bir cisme uyguladığı oran olarak ölçülürken, güç, mekanik bir işin bir cisme uyguladığı kuvvet tarafından gerçekleştirilen hızı temsil etmektedir. Temel olarak sportif başarının önemli özelliklerinden biri olarak gösterilen kuvvet üretim hızı, hızlı ve kuvvetli kas kasılmasında fonksiyonel bir öneme sahiptir. Kuvvet üretim hızının deselerasyon için olan önemi bu beceriden talep edilen süreler nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Bilindiği gibi birçok spor dalında eylemler oldukça sınırlı süreler içerisinde gerçekleşmektedir (örneğin 50-250 ms sprint, boks, uzun atlama vb.). Kuvvet üretimi için mevcut olan sınırlı süre maksimum kas kuvvetine ulaşmayı engellemektedir.^{22,23} Bu nedenle oldukça kısa süreler içerisinde kuvvetin maksimum bir şekilde üretilme ihtiyacı, kısa sürelere ihtiyaç duyan eylemler için kuvvet üretim hızının gelişimini ön plana çıkarmıştır. Özellikle ani deselerasyon sonrası akselerasyona ihtiyaç duyan yön değiştirme gibi eylemler sırasında ihtiyaç duyulan bu becerinin gelişimine yönelik stratejilerin kurgulanmasının deselerasyon becerisinin gelişimi için önemli olduğu düşünülmektedir.

Reaktif Kuvvet

Deselerasyon becerisinde önemli olan son fiziksel faktör reaktif kuvvettir. Reaktif kuvvet, gerilme kısalma döngüsü sırasında eksantrik kasılmadan konantrik kasılmaya olan geçiş sırasındaki verimliliğin bir ölçüsüdür. Temel olarak, kasın elastik özelliklerinin geliştirilmesiyle verimli hâle getirilen reaktif kuvvet, deselerasyona ihtiyaç duyulan her spor dalı için geliştirilmesi gereken fiziki özelliklerden biri olarak belirtilmiştir.^{1,6} Bir deselerasyon sonrası eylemin devam etmesi (örneğin yön değiştirme) deselerasyon ile birlikte maruz kalınan dış kuvvetlerin mümkün olan en kısa zamanda yenmeyi gerektirmesi nedeniyle kas-tendon kompleksinin bu dış kuvvetlere hızlı bir şekilde reaksiyon vermesini zorunlu kılar. Kas, tendon, fasiya ve diğer birimler arasındaki bu karmaşık etkileşim, gücü yeniden kullanarak deselerasyon akabinde gerçekleştirilecek eyleme yardımcı

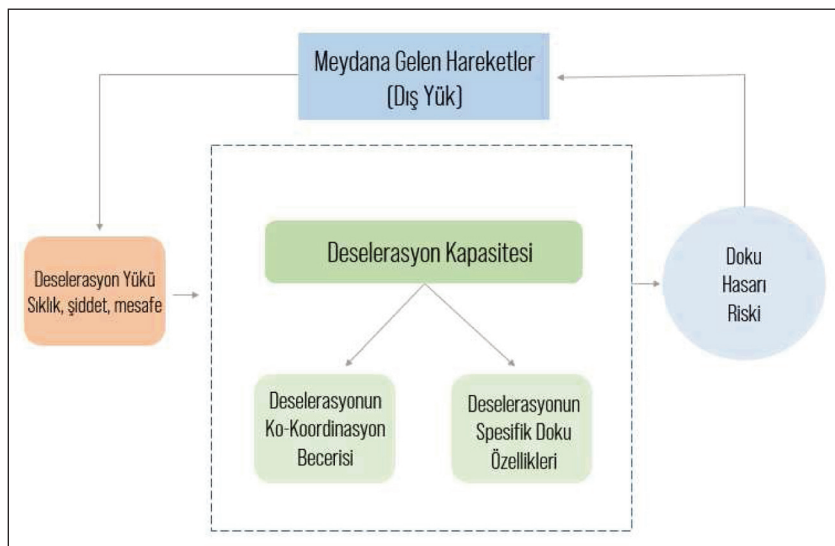
olabilir. Bu işlem literatürde gerilme-kısalma döngüsü olarak bilinir.^{24,25} Gerilme-kısalma döngüsü, hızlı bir eksantrik kasılmanın hemen ardından konantrik bir kasılma ile takip edildiğinde meydana gelmektedir.²⁶ Gerçekleştirilen bu gerilme-kısalma döngüsünün verimli ve istenildiği gibi gerçekleşebilmesi ise reaktif kuvvet yeteneği olarak açıklanmaktadır. Bu yeteneğin gelişimine yönelik stratejilerin de deselerasyon becerisinin gelişiminde önemli rol oynayabileceği düşünülmektedir.

DESELERASYONUN MONİTÖRİZASYONU VE VÜCUTTAKİ GERİ BİLDİRİMLERİ

Şiddetli akselerasyon ve deselerasyon eylemleri sahadaki hareket modellerini oluşturmakla birlikte, bu hareket modellerinin kendi içlerinde gereksinim ve talepleri farklılaşma eğilimindedir.²⁷ Örneğin içerisinde akselerasyon becerisini de barındıran yön değişimleri; yüksek laktat konsantrasyonu, kalp hızı ve oksijen tüketimiyle enerji talebini artırabilmektedir.^{28,29} Deselerasyon becerisi ise şiddetli yer reaksiyon kuvvetlerinin absorbe edilmesiyle birlikte, kas-iskelet sistemi üzerinde oluşan yüksek mekanik stresleri artırmaktadır.³⁰ Deselerasyon eylemleri sırasında ortaya çıkan mekanik stresörlerin üstesinden etkili bir şekilde gelineemediğinde, kümülatif bir etkiyle birlikte oluşan yumuşak doku deformasyonları nöro-

musküler yorgunluğa yol açabilmektedir.³¹ Bu nedenle artan stres ve deselerasyon hacminin şiddeti, sürekli artan yorgunluk oluşumunu, frenleme becerisini destekleyen koordinatif yeterliliğin azalmasını ve doku mikrotravmalarının artışı tetikleyebilmektedir (Şekil 3).

Sporcuların müsabaka içerisinde göstermiş oldukları vücut dinamiklerinin gözlemlenmesi ve değerlendirilmesi sporcunun mevcut durumunu ve toparlanma kalitesini belirlemede yardımcı olabilmektedir. Özellikle dış antrenman yükünün belirlenmesinde önemli geri bildirimler sağlayabilen deselerasyonun monitörize edilmesinin kuvvet ve kondisyon antrenörlerine önemli veriler sunabileceği düşünülmektedir. Literatürde sporcuların monitörize edilmesindeki dış yük değişkenleri arasında incelenen akselerasyon ve deselerasyon verileri, küresel konumlandırma sistemleri [global positioning system (GPS)], lokal pozisyon ölçüm sistemleri, radyo frekansına dayalı sistemler vasıtasıyla farklı spor dalları içerisinde değerlendirilmektedir.³² Yüksek örneklem hızında sporcuların konum verilerine dayanarak ölçüm yapan bu araçlar, spor bilimcilerine ve antrenörlere kat edilen toplam mesafe, çeşitli bölgelerde geçirilen süre, sprint sayısı, yön değiştirme sayısı gibi veriler hakkında detaylı bilgiler sunmaktadır. Bu ekipmanlar yardımıyla deselerasyon miktarlarının ölçüldüğü branşlara örnek olan basketbol üzerine yapı-



ŞEKİL 3: Sporcunun doku hasarına katkı sağlayan deselerasyon kapasitesi.³¹

lan incelemelerde, müsabaka içerisinde toplam deselerasyon sayısının 24-95 arasında, yüksek şiddetli deselerasyonların ise 4-40 arasında olduğu görülmektedir.³³ Antrenmanlar içerisindeki toplam deselerasyon sayısı ise 16,4-93 arasında, yüksek şiddetli deselerasyon sayısı ise 1,6-12 arasında tespit edilmiştir.³⁴ Futbol özelindeki ölçümlerde ise savunma oyuncularının maç başına 40, bek oyuncularının 62, orta saha oyuncularının 49, kanat oyuncularının 60 ve forvet oyuncularının 59 deselerasyon yaptığı rapor edilmiştir.³⁵

Spor branşları içerisinde deselerasyon ölçümünde kullanılan GPS teknolojileri 3 temel ölçüyü baz almaktadır: Sıklık, mesafe ve süre. Sıklık, belirli bir zaman diliminde gerçekleştirilen deselerasyonların miktarını belirtir. Örneğin bir futbol karşılaşmasının son 15 dk'sında uygulanan deselerasyon miktarıyla müsabakanın ilk 15 dk'sında uygulanan deselerasyon miktarları farklılaşma gösterebilmektedir. Bu dk'larda gerçekleştirilen deselerasyon miktarları, müsabaka analizinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.³⁶ Ancak deselerasyon üzerindeki miktar ölçümleri, deselerasyonun şiddeti hakkında sınırlı bilgi sağlar. Bu nedenle deselerasyonun sadece miktarının ölçülmesi, monitörizasyon için yeterli çıkarımın yapılmasını engelleyebilmektedir. İkinci olarak, belirli bir şiddette gerçekleştirilen deselerasyonlardaki kat edilen mesafe, deselerasyon profilini oluşturmaya yardımcı olabilecek başka bir ölçüdür. Her bir deselerasyon eşliğinde kapsanan mesafenin bilinmesinin, yavaşlama şiddetindeki sıklığın nicelleştirilmesine kıyasla daha belirgindir. Son olarak ise yavaşlamak için harcanan süre, bir kişinin maç sırasındaki yavaşlama profilini ölçebilen başka bir ölçümdür. Eşiklerle belirlenmiş yavaşlama süreleri, sporcuların o eşiklerde ne kadar süreli bir deselerasyon yaptıklarının belirlenmesi için kullanılmaktadır. Literatürde antrenman yükü monitörizasyonu ile ilgili en fazla odaklanılan veri oyuncuların belirli hız bölgelerinde geçirdikleri süredir. Ancak bu veri, akselerasyon ve deselerasyon sırasında harcanan enerjiyi hesaba katmadığı için bu analiz yönteminin, özellikle düşük hızlarda iş yükünü hesaba katmadığı bilinmelidir. Bu nedenle yapılan analizlere, daha geçerli bir iş yükü ölçümü oluşturmak için akselerasyon ve deselerasyon sırasındaki süre, akselerasyon ve deselerasyon sayısı gibi iş yükü parametrelerini dâhil etmeye başlamıştır.³⁶

Konuyla ilgili tüm araştırmalar incelendiğinde, deselerasyonun sportif performans içerisinde monitörize edilmesinin gerekliliği literatür tarafından desteklenmektedir.^{33,34,36} Ancak deselerasyonun şiddetinin ölçümünde ilgili araştırmalar arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin yüksek şiddetli mekanik aktivitenin sınıflandırılması için literatür akselerasyon için >3 m/sn üzerindeki eylemleri, deselerasyon için ise >3 m/sn altındaki eylemleri değerlendirmektedir.³⁷ Ancak bu sınıflandırmaların farklı spor branşları ve farklı mevkiler içerisinde oldukça farklılaşabildiğini belirten araştırma örnekleri de bulunmaktadır.³⁸ Bu nedenle araştırmacılar bir sporcunun akselerasyon ve deselerasyon profilinin tanımlandığı, müsabaka ve antrenman içerisindeki dış yükü monitörize edebilmek için kullanabileceği bireyselleştirilmiş bir yaklaşımın kullanılmasını önermiştir.³⁹ Ayrıca spor teknolojilerindeki son gelişmeler neticesinde geliştirilen ve monitörizasyon teknolojilerindeki ilerlemelerle makine öğrenimi teknikleri birleştiğinde, segmental akselerasyon ölçümü veya işaretli hareket yakalama ekipmanlarının bu yüklerin daha iyi tanımlanmasını sağlayabileceği bildirilmiştir.³⁹ Araştırmacılara göre bu teknolojilerin kullanımı, doku seviyesindeki mekanik yükü daha kesin olarak tanımlayabileceği, yüksek şiddetli eylemler arasında ayırım yapabileceği, uzuvlar arasındaki asimmetrik yüklenme modellerini belirleyebileceği ve özellikle yorgunluk altında gerçekleştirilen hareket stratejilerinin göstergesi olan biyomekanik ve uzaysal parametreleri saptayabileceği belirtilmiştir.³⁹

Spor branşlarında ölçülen deselerasyonun yorgunluk monitörizasyonunda önemli bir yeri bulunmaktadır. Özellikle yüksek şiddette gerçekleşen deselerasyonların sayısının sporcuları yüksek seviyede mekanik strese maruz bırakıyor olması, güç çıkışını engelleyebilmektedir.²⁷ Ek olarak, müsabaka ve antrenmanlar içerisinde akselerasyonların daha yüksek bir metabolik maliyete, deselerasyonların ise daha yüksek mekanik taleplere sahip olduğu ve dolayısıyla daha büyük biyomekanik yüklemeye neden olduğu düşünüldüğünde bu konu biraz daha önem kazanmaktadır.⁴⁰ Ayrıca deselerasyonlar sırasında yaşanan artan mekanik yükler, deselerasyon eylemlerinden sonra maruz kalınan yorgunluk ve kümülatif doku mikrotravması, benzer şiddetteki akselerasyon eylemlerinden daha fazla olma eğilimindedir.^{41,42}

SONUÇ

Sportif performansın çok değişkenli yapısı, birçok farklı parametrenin kontrol altında tutulmasını gerektirmektedir. Bu değişkenlerin içerisinde performansın devamlılığını etkileyebilecek olanların başında deselerasyon miktarı ve şiddeti gelmektedir. Genel hatlarıyla organizma üzerindeki antrenman yükünün hesaplamalarında yer verilmesinin avantaj yaracağı düşünülen deselerasyon becerisinin hem eylem hem de fiziki bazda anlaşılmasının performansı olumlu yönde etkileyeceği belirtilmektedir. Deselerasyonun eylem ve fiziki bazla anlaşılması sonucunda görülen öneminin antrenman ve müsabaka şartlarında monitörize edilmesinin yorgunluk ve olası doku mikrotravmalarının azaltılması için önemli olacağı düşünülmektedir. Bu nedenle hem takım hem de bireysel sporlarda, sporcuların uygulamış oldukları deselerasyon miktarları ve şiddetlerinin özenle monitörize edilmesinin ve deselerasyonun performans içerisindeki yerinin anlaşılmasının optimum performans çıktısı için önemli olduğu düşünülmektedir.

Finansal Kaynak

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

Çıkar Çatışması

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

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Mert İskipci, Kaan Gürbey Aktüre, Doğukan Yılmaz; **Tasarım:** Kaan Gürbey Aktüre, Mert İskipci; **Denetleme/ Danışmanlık:** Kaan Gürbey Aktüre, Mert İskipci; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Mert İskipci, Kaan Gürbey Aktüre; **Analiz ve/veya Yorum:** Kaan Gürbey Aktüre, Eren Top, Doruk Arkaş; **Kaynak Taraması:** Mert İskipci, Kaan Gürbey Aktüre; **Makalenin Yazımı:** Kaan Gürbey Aktüre, Mert İskipci; **Eleştirel İnceleme:** Kaan Gürbey Aktüre, Mert İskipci, Eren Top; **Kaynaklar ve Fon Sağlama:** Mert İskipci, Kaan Gürbey Aktüre, Doruk Arkaş.

KAYNAKLAR

- Kovacs MS, Roetert EP, Ellenbecker TS. Efficient deceleration: the forgotten factor in tennis-specific training. *Strength & Conditioning Journal*. 2015;37(2):92-103. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Gómez-Carmona CD, Pino-Ortega J, Sánchez-Ure-a B, Ibáez SJ, Rojas-Valverde D. Accelerometry-Based External Load Indicators in Sport: Too Many Options, Same Practical Outcome? *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(24):5101. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Hewit J, Cronin J, Button C, Hume P. Understanding deceleration in sport. *Strength & Conditioning Journal*. 2011;33(1):47-52. [Crossref]
- Bishop C, Clarke R, Freitas TT, Arruda AFS, Guerriero A, Ramos MS, et al. Change-of-direction deficit vs. deceleration deficit: a comparison of limb dominance and inter-limb asymmetry between forwards and backs in elite male rugby union players. *J Sports Sci*. 2021;39(10):1088-95. [Crossref] [PubMed]
- Murtagh CF, Naughton RJ, McRobert AP, O'Boyle A, Morgans R, Drust B, et al. A coding system to quantify powerful actions in soccer match play: a pilot study. *Res Q Exerc Sport*. 2019;90(2):234-43. [Crossref] [PubMed]
- Harper DJ, Cohen DD, Carling C, Kiely J. Can countermovement jump neuromuscular performance qualities differentiate maximal horizontal deceleration ability in team sport athletes? *Sports (Basel)*. 2020;8(6):76. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Suchomel TJ, Wagle JP, Douglas J, Taber CB, Harden M, Haff GG, et al. Implementing eccentric resistance training-part 1: a brief review of existing methods. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2019;4(2):38. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Hollander DB, Kraemer RR, Kilpatrick MW, Ramadan ZG, Reeves GV, Francois M, et al. Maximal eccentric and concentric strength discrepancies between young men and women for dynamic resistance exercise. *J Strength Cond Res*. 2007;21(1):34-40. [Crossref] [PubMed]
- Kreighbaum E, Barthels K. Application of Biomechanics to Fitness Activities. A Qualitative Approach for Studying Human Movement. 4th ed. Needham Heights, MA: Allyn & Bacon; 1996. p.138-43.
- Kipp K, McLean SG, Palmieri-Smith RM. Patterns of hip flexion motion predict frontal and transverse plane knee torques during a single-leg land-and-cut maneuver. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2011;26(5):504-8. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- McLean SG, Huang X, van den Bogert AJ. Association between lower extremity posture at contact and peak knee valgus moment during side-stepping: implications for ACL injury. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2005;20(8):863-70. [Crossref] [PubMed]
- Andrews JR, McLeod WD, Ward T, Howard K. The cutting mechanism. *Am J Sports Med*. 1977;5(3):111-21. [Crossref] [PubMed]
- Dintiman G, Ward B. Starting and stopping. *Sports Speed*. 3rd ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2003. p.213-7.
- Winter DA, Patla AE, Frank JS. Assessment of balance control in humans. *Med Prog Technol*. 1990;16(1-2):31-51. [PubMed]

15. Paillard T, Noé F. Effect of expertise and visual contribution on postural control in soccer. *Scand J Med Sci Sports*. 2006;16(5):345-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
16. Hrysomallis C. Balance ability and athletic performance. *Sports Med*. 2011;41(3):221-32. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
17. Jones P, Bampouras TM, Marrin K. An investigation into the physical determinants of change of direction speed. *J Sports Med Phys Fitness*. 2009;49(1):97-104. [[PubMed](#)]
18. Jones PA, Thomas C, Dos'Santos T, McMahon JJ, Graham-Smith P. The role of eccentric strength in 180° turns in female soccer players. *Sports (Basel)*. 2017;5(2):42. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
19. Spiteri T, Nimphius S, Hart NH, Specos C, Sheppard JM, Newton RU. Contribution of strength characteristics to change of direction and agility performance in female basketball athletes. *J Strength Cond Res*. 2014;28(9):2415-23. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
20. Lockie RG, Schultz AB, Jeffriess MD, Callaghan SJ. The relationship between bilateral differences of knee flexor and extensor isokinetic strength and multi-directional speed. *Isokinetics and Exercise Science*. 2012;20(3):211-9. [[Crossref](#)]
21. Chaouachi A, Manzi V, Chaalali A, Wong del P, Chamari K, Castagna C. Determinants analysis of change-of-direction ability in elite soccer players. *J Strength Cond Res*. 2012;26(10):2667-76. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
22. Maffiuletti NA, Aagaard P, Blazevich AJ, Folland J, Tillin N, Duchateau J. Rate of force development: physiological and methodological considerations. *Eur J Appl Physiol*. 2016;116(6):1091-116. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
23. Zatsiorsky VM, Kraemer WJ, Fry AC. *Science and Practice of Strength Training [Velocity in the Weight Room]*. 3rd ed. Champaign IL: Human Kinetics; 2021. p.138-43.
24. Komi PV. *Stretch-shortening cycle. Strength and Power in Sport*. Vol. 3. 2nd ed. Malden, MA: Blackwell Science; 2003. p.184-202. [[Crossref](#)]
25. Satkunskiene D, Kamandulis S, Brazaitis M, Snieckus A, Skurvydas A. Effect of high volume stretch-shortening cycle exercise on vertical leg stiffness and jump performance. *Sports Biomech*. 2021;20(1):38-54. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
26. Galay VS, Poonia R, Singh M. Understanding the significance of plyometric training in enhancement of sports performance: a systematic review. *Vidyabharati International Interdisciplinary Research Journal*. 2021;11(2):141-8. [[Link](#)]
27. Vanrenterghem J, Nedergaard NJ, Robinson MA, Drust B. training load monitoring in team sports: a novel framework separating physiological and biomechanical load-adaptation pathways. *Sports Med*. 2017;47(11):2135-42. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
28. Buchheit M, Mendez-villanueva A, Simpson BM, Bourdon PC. Repeated-sprint sequences during youth soccer matches. *Int J Sports Med*. 2010;31(10):709-16. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
29. Dellal A, Keller D, Carling C, Chaouachi A, Wong del P, Chamari K. Physiologic effects of directional changes in intermittent exercise in soccer players. *J Strength Cond Res*. 2010;24(12):3219-26. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
30. Chesher SM, Netto KJ, Appleby BB, Jacques A, Wild CY. Deceleration characteristics of elite Australian male field hockey players during an Olympic tournament. *J Sci Med Sport*. 2019;22(5):611-5. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
31. Harper DJ, Kiely J. Damaging nature of decelerations: do we adequately prepare players? *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2018;4(1):e000379. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
32. Vazquez-Guerrero J, Reche X, Cos F, Casamichana D, Sampaio J. Changes in external load when modifying rules of 5-on-5 scrimmage situations in elite basketball. *J Strength Cond Res*. 2020;34(11):3217-24. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
33. Vázquez-Guerrero J, Suarez-Arrones L, Gómez DC, Rodas G. Comparing external total load, acceleration and deceleration outputs in elite basketball players across positions during match play. *Kinesiology*. 2018;50(2):228-34. [[Crossref](#)]
34. Svirar L, Castellano J, Jukić I. Load monitoring system in top-level basketball team: relationship between external and internal training load. *Kinesiology*. 2018;50(1):25-33. [[Crossref](#)]
35. Dalen T, Ingebrigtsen J, Etema G, Hjelde GH, Wisløff U. Player load, acceleration, and deceleration during forty-five competitive matches of elite soccer. *J Strength Cond Res*. 2016;30(2):351-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
36. Delaney JA, Cummins CJ, Thornton HR, Duthie GM. Importance, reliability, and usefulness of acceleration measures in team sports. *J Strength Cond Res*. 2018;32(12):3485-93. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
37. Harper DJ, Carling C, Kiely J. High-intensity acceleration and deceleration demands in elite team sports competitive match play: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Sports Med*. 2019;49(12):1923-47. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
38. Oliva-Lozano JM, Fortes V, Krstrup P, Muyor JM. Acceleration and sprint profiles of professional male football players in relation to playing position. *PLoS One*. 2020;15(8):e0236959. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
39. McBurnie AJ, Harper DJ, Jones PA, Dos'Santos T. Deceleration training in team sports: another potential 'vaccine' for sports-related injury? *Sports Med*. 2022;52(1):1-12. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
40. Hader K, Mendez-Villanueva A, Palazzi D, Ahmaidi S, Buchheit M. Metabolic power requirement of change of direction speed in young soccer players: not all is what it seems. *PLoS One*. 2016;11(3):e0149839. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
41. Jaspers A, Kuyvenhoven JP, Staes F, Frencken WGP, Helsen WF, Brink MS. Examination of the external and internal load indicators' association with overuse injuries in professional soccer players. *J Sci Med Sport*. 2018;21(6):579-85. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
42. de Hoyo M, Cohen DD, Sa-udo B, Carrasco L, Álvarez-Mesa A, Del Ojo JJ, et al. Influence of football match time-motion parameters on recovery time course of muscle damage and jump ability. *J Sports Sci*. 2016;34(14):1363-70. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]