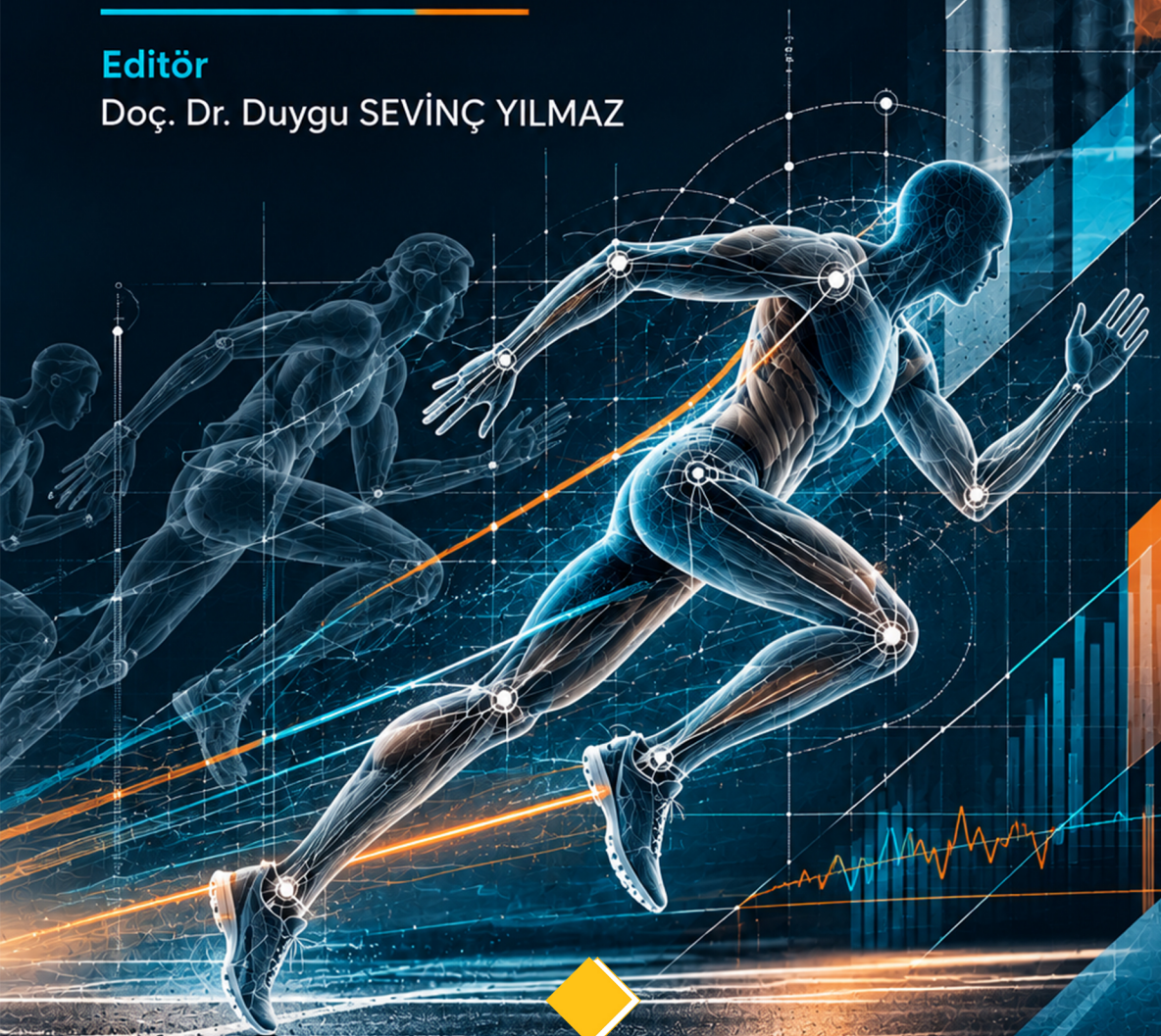


HAREKET VE ANTRENMAN BİLİMLERİNDE YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR VE BİLİMSEL ÇALIŞMALAR

Editör

Doç. Dr. Duygu SEVİNÇ YILMAZ



DUYU

**HAREKET VE
ANTRENMAN BİLİMLERİNDE
YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR VE
BİLİMSEL ÇALIŞMALAR**

Editör

Doç. Dr. Duygu SEVİNÇ YILMAZ



***Hareket ve Antrenman Bilimlerinde
Yenilikçi Yaklaşımlar ve Bilimsel Çalışmalar***

Editör

Doç. Dr. Duygu SEVİNÇ YILMAZ

Genel Yayın Yönetmeni: Berkan Balpetek

Kapak ve Sayfa Tasarımı: Duvar DESIGN

Basım Tarihi: Ekim 2026

Yayıncı Sertifika No: 49837

E-ISBN: 978-625-5471-25-3

© Duvar Yayınları

853 Sokak No:13 P.10 Kemeraltı-Konak/İzmir

Tel: 0 232 484 88 68

www.duvar yayinlari.com

duvarkitabevi@gmail.com

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir. Yayınevi ve editörler sorumlu tutulamaz."

İÇİNDEKİLER

1. Bölüm	1
Egzersiz, Oksidatif Stres ve Toparlanma:Redoks Dengesinin	
Sportif Performans ve Fizyolojik Adaptasyonlardaki Rolü	
Büşra ÖZDEK	
2. Bölüm	19
Egzersiz Sonrası Toparlanma: Kalp Atım Hızı Değişkenliği,	
Laktat Kinetiği ve Redoks Yanıtlarına Çok Boyutlu Bir Yaklaşım	
Hamza BUDAK	
3. Bölüm	40
Maksimal Kuvvet: Fizyolojik Temelleri, Değerlendirilmesi ve	
Atletik Performanstaki Rolü	
Mehmet TAŞKIN	
4. Bölüm	67
Sporcularda Hidrasyon Yönetimi: Dehidrasyonun Performansa Etkileri ve	
Sporcu İçecekleri	
Oğuzhan TUNCEL	
5. Bölüm	90
Sporda Yetenek Belirleme ve Yönlendirme ile Sporcu Gelişimi	
Yalçın DALAY	

1. Bölüm

Egzersiz, Oksidatif Stres ve Toparlanma: Redoks Dengesinin Sportif Performans ve Fizyolojik Adaptasyonlardaki Rolü

Büşra ÖZDEK¹

GİRİŞ

Fiziksel egzersiz, organizmada enerji dönüşüm hızını ve oksijen kullanımını belirgin biçimde artıran, aynı anda çok sayıda hücrel sinyal yolunu harekete geçiren güçlü bir fizyolojik uyarandır. Bu süreç sırasında reaktif oksijen türleri (ROS) ve reaktif nitrojen türleri (RNS) olarak adlandırılan reaktif moleküllerin üretimi artabilir. Egzersiz fizyolojisinin erken dönemlerinde bu moleküller çoğunlukla hücrel hasarın istenmeyen ürünleri olarak değerlendirilmiş ve egzersize bağlı oksidatif stresin azaltılması temel hedeflerden biri kabul edilmiştir. Günümüzde ise bu yaklaşım önemli ölçüde değişmiştir. Modern redoks biyolojisi, egzersiz sırasında oluşan reaktif türlerin yalnızca hasar oluşturmadağını; uygun miktar, zaman ve hücrel bölgede üretildiklerinde kas kontraksiyonu, glikoz taşınması, mitokondriyal biyogenez, damar yanıtları ve endojen antioksidan savunmanın düzenlenmesi gibi süreçlerde sinyal molekülü olarak görev yaptığını göstermektedir (Margaritelis et al., 2020; Powers et al., 2020). Bu nedenle egzersiz ve oksidatif stres arasındaki ilişki doğrusal bir “zarar” modeliyle açıklanamaz.

Düşük düzeylerdeki reaktif türlerin redoks sinyalleme ve hücrel adaptasyon süreçlerinde fizyolojik roller üstlenebildiği, buna karşılık suprfizyolojik düzeylerdeki oksidatif yükün redoks sinyallemesini bozarak biyomoleküllerde oksidatif hasara yol açabildiği kabul edilmektedir. Bu iki durum, sırasıyla oksidatif eustress ve oksidatif distress kavramlarıyla açıklanmaktadır (Sies, 2017; Sies, Berndt & Jones 2007). Egzersizin yararlı etkilerinin önemli bir bölümü, kontrollü bir redoks uyarısının oluşturduğu hormetik yanıtla ilişkilidir. Başka bir ifadeyle egzersiz, geçici bir hücrel stres yaratırken aynı zamanda organizmayı sonraki streslere karşı daha dayanıklı hale getiren savunma ve adaptasyon mekanizmalarını da güçlendirmektedir.

¹ Arş. Gör. Dr., Aksaray Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Beden Eğitimi ve Spor Bölümü, busraozdek@aksaray.edu.tr, ORCID:0000-0001-8333-9971

Spor bilimleri açısından bu konu iki nedenle özellikle önemlidir. Birincisi, yüksek şiddetli, uzun süreli veya alışılmadık egzersizlerin oluşturduğu oksidatif yük; yorgunluk, kas hasarı, inflamasyon ve toparlanma süreciyle ilişkilendirilmektedir. İkincisi, sporcularda yaygın olarak kullanılan antioksidan içerikli besinler ve takviyeler, kısa vadede oksidatif hasarı azaltma potansiyeline sahip olmakla birlikte, bazı koşullarda egzersizin oluşturduğu adaptif redoks sinyallerini de zayıflatabilir. Bu durum, egzersiz sırasında oluşan ROS ve RNS'nin tamamen ortadan kaldırılmasının her zaman arzu edilen bir yaklaşım olmayabileceğini ve performans, toparlanma ve uzun dönemli adaptasyon arasındaki dengenin gözetilmesi gerektiğini göstermektedir (Clifford et al., 2020; Gonzalez et al., 2026). Bu bölümde oksidatif stresin temel mekanizmaları, egzersiz sırasında reaktif türlerin kaynakları, farklı egzersiz türlerinin redoks yanıtları, kas yorgunluğu ve hasarıyla ilişkiler, toparlanma kinetiği, antioksidan stratejiler ve sporcularda kullanılan başlıca biyobelirteçler güncel literatür doğrultusunda ele alınmaktadır.

Oksidatif Stres ve Redoks Homeostazının Temelleri

Redoks homeostazı, hücrede oksidasyon ve indirgenme reaksiyonlarının dinamik biçimde düzenlenmesini ifade eder. Aerobik yaşamın doğal sonucu olarak oksijenin kısmi indirgenmesi sırasında süperoksit anyonu, hidrojen peroksit ve hidroksil radikali gibi ROS oluşurken; nitrik oksit ve onun türevleri RNS grubunun önemli üyeleridir. Bu moleküllerin reaktivitesi, yarı ömrü, hücre içindeki üretim bölgesi ve hedef molekülleri birbirinden farklıdır. Özellikle hidrojen peroksit, görece daha uzun ömürlü olması ve belirli protein tiyollerini geri dönüşümlü olarak oksitleyebilmesi nedeniyle fizyolojik redoks sinyallemede merkezi bir molekül olarak kabul edilmektedir (Sies, 2017).

Oksidatif stres klasik olarak oksidan üretimi ile antioksidan savunma arasındaki dengenin oksidanlar lehine bozulması şeklinde tanımlanmıştır. Ancak güncel yaklaşım, yalnızca “oksidan miktarı” üzerinden yapılan bu tanımın yetersiz olduğunu vurgular. Hücresel redoks olayları bölgesel ve zamana duyarlıdır. Aynı reaktif tür, düşük konsantrasyonda ve doğru hücresel kompartımanda sinyal iletimini desteklerken yüksek konsantrasyonda veya uzun süreli üretildiğinde biyomoleküler hasara yol açabilir. Sies et al. (2017), oksidatif stresin bu iki yönünü fizyolojik oksidatif eustress ve patolojik düzeylere yaklaşan oksidatif distress çerçevesinde değerlendirmiştir.

Organizmanın redoks dengesini korumasında enzimatik ve enzimatik olmayan savunma sistemleri birlikte görev yapar. Süperoksit dismutaz (SOD), süperoksiti hidrojen peroksite dönüştürür; katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz (GPx) ve peroksiredoksinler hidrojen peroksinin uzaklaştırılmasına katkı sağlar.

Glutasyon sistemi, tiyoredoxin sistemi ve çeşitli redoks çiftleri ise hücre içi indirgenme kapasitesinin sürdürülmesinde önemlidir. C ve E vitaminleri, karotenoidler ve polifenoller gibi diyet kaynaklı bileşenler de redoks ortamını etkileyebilir. Bununla birlikte antioksidan savunma, yalnızca serbest radikalleri “temizleyen” pasif bir sistem değildir; redoks sinyalinin süresini ve şiddetini ayarlayan aktif bir düzenleyici ağıdır (Gomez-Cabrera et al., 2021).

Sporcularda redoks homeostazının değerlendirilmesi bu nedenle tek bir belirteçle sınırlandırılmamalıdır. Bir lipit peroksidasyonu göstergesinin yükselmesi, tek başına bütün organizmanın oksidatif stres altında olduğunu kanıtlamaz. Örnekleme zamanı, egzersiz türü, antrenman düzeyi, beslenme, uyku, çevresel koşullar ve biyolojik materyal sonuçları etkileyebilir. Güncel redoks biyolojisi, mümkün olduğunda oksidatif hasar göstergelerinin antioksidan kapasite ve redoks sinyallemesine ilişkin göstergelerle birlikte değerlendirilmesini önermektedir (Gomez-Cabrera et al., 2021).

Bu güncel yaklaşım, redoks homeostazının statik bir denge değil, sürekli izlenen ve fizyolojik uyarılara göre yeniden ayarlanan dinamik bir süreç olduğunu vurgulamaktadır. Özellikle oksidatif eustress kavramı, düşük ve kontrollü oksidan sinyallerin hücrel uyum için gerekli olabileceğini; asıl sorunun sinyalin süresi ve şiddetinin fizyolojik sınırları aşmasıyla ortaya çıktığını ifade etmektedir (Sies, 2021).

Egzersiz Sırasında Reaktif Oksijen ve Nitrojen Türlerinin Oluşumu

İskelet kası kontraksiyonu sırasında enerji gereksinimi birkaç kat artabilir ve bu durum hücrel metabolizmayı hızlandırır. Uzun yıllar boyunca egzersize bağlı ROS üretiminin başlıca kaynağının mitokondriyal elektron taşıma zinciri olduğu düşünülmüştür. Mitokondriler önemli bir kaynak olmakla birlikte, güncel kanıtlar kontraksiyon sırasında ROS üretiminin çok daha karmaşık olduğunu göstermektedir. NADPH oksidazlar (özellikle NOX2 ve NOX4), ksantin oksidaz, fosfolipaz ilişkili mekanizmalar, nitrik oksit sentaz sistemleri ve mitokondriyal redoks reaksiyonları birlikte katkıda bulunabilir (Powers et al., 2020; Powers & Schrager, 2022).

Kas kasılmasıyla birlikte membran ve tübüler yapılarda aktive olan NOX enzimleri, redoks sinyallemesinin önemli kaynaklarından biridir. Süperoksit hızla SOD aracılığıyla hidrojen peroksite dönüştürülebilir. Hidrojen peroksit, belirli sistein kalıntılarında geri dönüşümlü oksidasyon oluşturarak proteinlerin aktivitesini değiştirebilir. Böylece kontraksiyonla oluşan mekanik ve metabolik sinyaller, redoks-duyarlı proteinler üzerinden hücrel adaptasyon yollarına bağlanır. Bu mekanizma, egzersizin yalnızca enerji tüketen mekanik bir olay

olmadığını; aynı zamanda moleküler bilgi üreten bir uyarıcı olduğunu göstermektedir.

RNS tarafında nitrik oksit özellikle damar genişlemesi, kan akımının düzenlenmesi ve kas metabolizması açısından önemlidir. Nitrik oksidin süperoksitle reaksiyonu peroksinitrit gibi daha reaktif ürünlerin oluşmasına yol açabilir. Bu nedenle ROS ve RNS üretiminin biyolojik etkisi, yalnızca toplam miktarlarına değil, birbirleriyle etkileşimlerine de bağlıdır. Egzersiz şiddeti arttıkça metabolik hız, katekolaminler, mekanik stres ve inflamatuvar yanıt gibi ek süreçler redoks ortamını değiştirebilir.

Egzersiz sırasında oluşan reaktif türlerin kaynağı egzersizin türüne göre değişebilir. Uzun süreli dayanıklılık egzersizinde yüksek toplam oksijen akışı ve uzun kontraksiyon süresi önem kazanırken; sprint ve yüksek şiddetli interval egzersizlerde hızlı enerji dönüşümü, iskemi-reperfüzyon benzeri lokal değişiklikler ve yüksek mekanik/metabolik stres etkili olabilir. Eksantrik kasılmaların yoğun olduğu direnç veya yokuş aşağı koşu gibi uygulamalarda ise yapısal kas hasarı ve bunu izleyen inflamatuvar hücre aktivasyonu, egzersiz sonrası dönemde reaktif tür üretiminin sürmesine katkıda bulunabilir.

Egzersiz Şiddeti, Süresi ve Türünün Oksidatif Stres Üzerindeki Etkileri ***Dayanıklılık Egzersizi***

Dayanıklılık egzersizleri redoks biyolojisinin en çok araştırılan modellerindendir. Akut ve özellikle uzun süreli dayanıklılık egzersizleri, enerji tüketimini ve oksijen akışını artırarak geçici oksidatif değişiklikler oluşturabilir. Bununla birlikte düzenli dayanıklılık antrenmanı, aynı uyarana karşı daha kontrollü bir redoks yanıtı geliştirilmesini sağlar. Antrenmanla SOD, CAT, GPx ve diğer sitoprotektif proteinlerin aktivite veya ekspresyonunda artış görülebilir. Bu nedenle antrenmanlı sporcu ile sedanter bireyin aynı egzersize verdiği oksidatif yanıtın eşdeğer olması beklenmez (Powers et al., 2023).

Yüksek Şiddetli İnterval ve Sprint Egzersizi

Yüksek şiddetli egzersiz, kısa sürmesine rağmen belirgin metabolik ve mekanik stres oluşturabilir. Akut yüksek şiddetli yüklenmeler sonrasında bazı oksidatif hasar ve antioksidan savunma göstergelerinde geçici değişiklikler bildirilmektedir; ancak yanıtın büyüklüğü ve zaman seyri kullanılan egzersiz protokolüne, katılımcıların antrenman düzeyine, çevresel koşullar ve beslenme durumuna ve seçilen biyobelirtece göre farklılaşabilir. Bu nedenle yüksek şiddetli egzersizin redoks etkisi tek bir biyobelirteç veya sabit bir toparlanma süresi üzerinden genellenmemelidir (Baysal & Budak, 2025; Stachteas et al., 2025). Yüksek şiddetli interval egzersizlerde akut dönemde oksidatif hasar

belirteçlerinde geçici artışlar görülebilirken, düzenli uygulamalar PGC-1 α ve Nrf2 ile ilişkili adaptif mekanizmaları destekleyerek antioksidan savunma kapasitesinin gelişmesine katkı sağlayabilir (Baysal & Budak, 2025).

Direnç Egzersizi ve Eksantrik Yüklenme

Direnç egzersizinde redoks yanıtı; yük, set sayısı, tekrar sayısı, dinlenme aralığı, kas kütlesi ve özellikle eksantrik bileşen tarafından belirlenebilir. Alışılmadık eksantrik yüklenmeler, kas liflerinde yapısal bozulma ve inflamatuvar yanıt oluşturarak oksidatif modifikasyonların egzersiz bittikten saatler sonra da devam etmesine neden olabilir. Bu durum, akut egzersiz sonrası kan örneğinin yalnızca egzersiz biter bitmez alınmasının bazı süreçleri kaçırabileceğini göstermektedir. Kas hasarı oluşturan protokollerde protein oksidasyonuna ilişkin bazı belirteçlerin 48–72 saat sonra daha belirgin hale gelebildiği bildirilmiştir (Stachteas et al., 2025).

Egzersiz Şiddetinin Önemi

Oksidatif yanıt açısından “yüksek şiddet kötüdür, düşük şiddet iyidir” biçiminde basit bir sınıflandırma doğru değildir. Şiddet, süre ve toplam iş yükü birlikte değerlendirilmelidir. Ayrıca sporcunun antrenman durumu, enerji ve mikrobesein yeterliliği, uyku kalitesi, çevresel sıcaklık, hipoksi, yarışma stresi ve toparlanma düzeyi aynı egzersiz yükünün biyolojik etkisini değiştirebilir. Kronik olarak yetersiz toparlanan bir sporcuda normalde tolere edilebilir bir antrenman, daha yüksek fizyolojik stres oluşturabilir. Bu nedenle redoks yanıtı, antrenman yükünün organizma üzerindeki toplam etkisinin bir parçası olarak görülmelidir.

Tablo 1. Farklı egzersiz özellikleri ve beklenen redoks yanıtları.

Egzersiz Özelliği	Başlıca Uyarı	Olası Redoks Yanıtı	Yorum
Uzun süreli dayanıklılık	Yüksek toplam enerji/oksijen akışı	Geçici ROS artışı; antioksidan yanıt	Antrenman düzeyi yanıtın büyüklüğünü değiştirir.
HIIT / sprint	Yüksek metabolik hız ve tekrar eden yoğun kasılmalar	Akut oksidatif uyarı ve redoks sinyalleme	Yanıt çoğu zaman geçicidir; adaptif sinyal oluşturabilir.
Direnç egzersizi	Yüksek kuvvet, mekanik gerilim	ROS üretimi ve redoks-duyarlı sinyal yolları	Hacim ve eksantrik yük önemlidir.
Kas hasarı oluşturan eksantrik egzersiz	Mikroyapısal hasar ve inflamasyon	Gecikmiş oksidatif modifikasyonlar	Bazı belirteçler 48–72 saatte belirginleşebilir.
Düzenli antrenman	Tekrarlayan kontrollü redoks uyarısı	Endojen antioksidan savunmada artış	Aynı mutlak yükte oksidatif dayanıklılık gelişebilir.

Oksidatif Stres, Kas Yorgunluğu ve Kas Hasarı

Kas yorgunluğu, tek bir mekanizmaya indirgenemeyen çok faktörlü bir süreçtir. Enerji substratlarının değişimi, metabolit birikimi, iyon dengesi, merkezi sinir sistemi katkısı ve kasın uyarılma-kasılma eşleşmesindeki değişiklikler birlikte rol oynar. Redoks durumu da bu mekanizmaların bir bölümünü etkiler. Fizyolojik düzeyde ROS, kas kuvvetinin normal düzenlenmesine katkıda bulunabilirken aşırı oksidan yük kontraktıl proteinleri, kalsiyum düzenleyici yapıları ve membran fonksiyonlarını etkileyerek kuvvet üretimini azaltabilir. Dolayısıyla kas fonksiyonu ile ROS arasında U-şekilli veya optimum aralık yaklaşımı daha uygundur: hem aşırı düşük hem de aşırı yüksek redoks uyarısı kontraktıl fonksiyon açısından elverişsiz olabilir (Powers et al., 2020).

Egzersize bağlı kas hasarında ise oksidatif stresin rolü özellikle egzersiz sonrası dönemde önem kazanır. Alışılmadık veya yüksek eksantrik yüklenmeler sarkomerik yapıda bozulmaya, membran geçirgenliğinde değişime ve inflamatuvar hücrelerin dokuya göçüne yol açabilir. Nötrofil ve makrofajlar hasarlı dokunun temizlenmesi ve onarım süreçlerinde görev yaparken reaktif türler de üretebilir. Bu yanıtın tamamı olumsuz değildir; inflamasyon ve redoks sinyali rejenerasyonun düzenlenmesinde gereklidir. Ancak yükün çok yüksek, toparlanmanın yetersiz veya tekrarlayan hasarın sık olması durumunda oksidatif hasar ve inflamasyon uzayabilir.

Kas hasarı değerlendirmesinde kreatin kinaz, miyoglobin, kas ağrısı ve performans kaybı gibi göstergeler sıklıkla kullanılır; ancak bunlar doğrudan oksidatif stres belirteçleri değildir. Oksidatif hasarın daha doğrudan değerlendirilmesi için F2-izoprostanlar, protein karbonilleri veya DNA oksidasyon ürünleri gibi göstergeler tercih edilebilir. Bu ayırım önemlidir çünkü kas hasarı, inflamasyon ve oksidatif stres birbirleriyle ilişkili olsa da aynı biyolojik olguyu temsil etmez. Spor araştırmalarında bu kavramların birbirinin yerine kullanılması sonuçların yorumunu zayıflatabilir (Gomez-Cabrera et al., 2021).

Egzersize Bağlı Oksidatif Stres: Zararlı Etki mi, Adaptif Sinyal mi?

Egzersiz redoks biyolojisindeki en önemli paradigma değişimi, ROS ve RNS'nin yalnızca toksik yan ürünler olmadığı gerçeğinin kabul edilmesidir. Kontraksiyon sırasında oluşan kontrollü redoks değişimleri, hücrenin egzersiz uyarısını algılamasına ve buna uygun gen ekspresyonu oluşturmaya katkı sağlar. AMPK, p38 MAPK, CaMKII, PGC-1 α ve Nrf2 gibi egzersiz adaptasyonlarında önemli yollar redoks durumundan etkilenebilir (Margaritelis et al., 2020; Bouviere et al., 2021).

PGC-1 α , mitokondriyal biyogenez ve oksidatif metabolizmanın düzenlenmesinde temel bir ko-aktivator olarak kabul edilir. Dayanıklılık ve interval egzersizlerinin oluşturduğu enerji stresi ve redoks sinyali, PGC-1 α ilişkili süreçleri destekleyebilir. Nrf2 ise hücrel antioksidan ve sitoprotektif savunmanın başlıca düzenleyicilerindendir. Normal koşullarda Keap1 tarafından kontrol edilen Nrf2, egzersizin oluşturduğu redoks değişiklikleriyle stabilize olabilir ve çekirdekte antioksidan yanıt elemanları üzerinden çok sayıda koruyucu genin ekspresyonunu artırabilir. Güncel çalışmalar, düzenli egzersizle iskelet kası antioksidan kapasitesinin artmasında Nrf2 sinyalinin önemli olduğunu göstermektedir (Powers et al., 2024).

Bu mekanizmalar hormesis kavramıyla uyumludur. Hormesis, düşük veya orta düzeydeki bir stresörün organizmada savunma mekanizmalarını uyarak daha sonraki streslere karşı direnç oluşturmalarını ifade eder. Egzersiz, metabolik, mekanik, termal ve redoks streslerini aynı anda oluşturan tipik bir hormetik uyarandır. Tek bir antrenman seansı geçici homeostatik bozulma oluştururken, uygun toparlanmayla tekrarlanan seanslar daha yüksek fonksiyonel kapasiteyle sonuçlanır. Bu nedenle antrenmanın hedefi tüm stresi ortadan kaldırmak değil, uyum sağlayabilecek büyüklükte ve zamanlamada stres oluşturmaktır.

Bu bakış açısı antioksidan uygulamalarının değerlendirilmesini de değiştirmiştir. Eğer egzersiz sırasında oluşan belirli ROS sinyalleri adaptasyon için gerekiyse, bu sinyallerin farmakolojik veya yüksek doz besinsel antioksidanlarla sürekli baskılanması teorik olarak bazı adaptasyonları azaltabilir. İnsan çalışmalarında sonuçlar tamamen tutarlı değildir. Bazı randomize çalışmalar yüksek doz C ve E vitaminlerinin mitokondriyal biyogenezle ilişkili hücrel göstergeleri baskılayabildiğini gösterirken, sistematik derleme ve meta-analizlerde VO₂max, dayanıklılık performansı, kas kütlesi veya kuvvet gibi fonksiyonel sonuçların her zaman anlamlı biçimde bozulmadığı bildirilmiştir (Paulsen et al., 2014; Clifford et al., 2020). Bu çelişki, hücrel sinyal ile nihai performans çıktısının aynı şey olmadığını ve doz, süre, başlangıç beslenme durumu ve antrenman modelinin sonucu değiştirdiğini göstermektedir.

Egzersize bağlı kas hasarının önlenmesi veya azaltılması amacıyla antioksidan vitaminlerin kullanımı uzun süredir araştırılmaktadır. Bununla birlikte sistematik derlemeler, özellikle C ve E vitaminlerinin egzersize bağlı kas hasarı göstergelerini tutarlı biçimde azalttığını gösteren kanıtların kesin olmadığını ve sonuçların egzersiz modeli, doz ve ölçüm zamanına göre değişebildiğini bildirmektedir (Martinez-Ferran et al., 2020).

Egzersiz Sonrası Toparlanma Sürecinde Oksidatif Stres

Toparlanma, egzersiz sona erdiğinde başlayan pasif bir bekleme dönemi değil; enerji depolarının yenilenmesi, iyon dengesinin düzeltilmesi, otonomik ve hormonal yanıtların normale yaklaşması, hasarlı yapıların onarılması ve antrenman adaptasyonlarının başlatılması gibi çok sayıda süreci içeren dinamik bir dönemdir. Redoks biyolojisi bu süreçlerin önemli bir bileşenidir. Egzersiz sırasında yükselen reaktif türlerin üretimi egzersiz bittiği anda tamamen sona ermez. Özellikle kas hasarı, inflamasyon veya yüksek metabolik stres söz konusu olduğunda redoks değişiklikleri saatler boyunca devam edebilir.

Bu nedenle oksidatif stres araştırmalarında örneklem zamanının seçimi kritik önemdedir. Stachteas et al. (2025) 103 çalışma ve 1418 katılımcıyı kapsayan sistematik derleme ve meta-analizi, farklı redoks belirteçlerinin farklı zaman profilleri gösterdiğini ortaya koymuştur. Glutasyon düzeylerindeki değişiklikler egzersizden hemen sonra ve ilk iki saat içinde belirgin olabilirken, F2-izoprostanlarda erken artışlar görülebilmektedir. Protein karbonilleri ise özellikle kas hasarı oluşturan egzersizlerden sonra 48–72 saatlik dönemde daha belirgin yükseliş gösterebilmektedir. Bu bulgular, tek bir egzersiz sonrası ölçümün toparlanma sürecinin tamamını temsil etmeyebileceğini açıkça göstermektedir. Toparlanma dönemindeki redoks yanıtlarının dinamik yapısı, sıklet sporcularında hızlı vücut ağırlığı değişimleri sırasında da gözlenmektedir. Özdek ve ark. (2026), erkek judo sporcularında beş günlük hızlı kilo kaybı ve bunu izleyen 15 saatlik hızlı kilo kazanımı sürecinde redoks homeostazı ve kas hasarı göstergelerinde belirgin zamana bağlı değişimler bildirmiştir. Hızlı kilo kaybı sonrasında toplam antioksidan kapasite artarken, hızlı kilo kazanımı döneminin ardından toplam oksidan kapasite ve oksidatif stres indeksinin yükseldiği; ayrıca miyogloblin düzeylerinin hızlı kilo kaybı sonrasında belirgin biçimde arttığı ve hızlı kilo kazanımından sonra azalmasına rağmen başlangıç düzeyinin üzerinde kaldığı gösterilmiştir. Bu bulgular, toparlanma sürecinin yalnızca kaybedilen vücut ağırlığının yeniden kazanılmasıyla değerlendirilmemesi gerektiğini ve redoks dengesi ile kas hasarı göstergelerinin toparlanma boyunca farklı zaman profilleri gösterebileceğini ortaya koymaktadır (Özdek ve ark., 2026).

Sporcu izlemi açısından bu durum önemlidir. Örneğin egzersizden 10 dakika sonra alınan bir kan örneğinde oksidatif hasar göstergelerinin değişmemesi, ilerleyen saatlerde veya günlerde değişiklik olmayacağı anlamına gelmez. Benzer şekilde egzersizden hemen sonra yüksek bulunan bir belirteç, uzun süreli bir bozukluğu göstermeyebilir; kısa süreli fizyolojik bir yanıt olabilir. Araştırma tasarımlarında egzersiz öncesi temel ölçümün yanı sıra hemen

sonrası, erken toparlanma ve gerektiğinde 24–72 saatlik takip noktalarının kullanılması daha kapsamlı bilgi sağlayabilir.

Toparlanmanın yeterliliği, antrenman sıklığıyla da yakından ilişkilidir. Yoğun antrenman dönemlerinde bir sonraki seans, önceki seansın fizyolojik etkileri tamamen başlangıç düzeyine dönmeden uygulanabilir. Bunun performans açısından anlamı sporcunun antrenman durumu, toplam yük ve toparlanma koşullarına göre değişir. Bu nedenle oksidatif stres belirteçlerinin tek başına “aşırı antrenman testi” gibi yorumlanması uygun değildir; redoks göstergeleri performans, algılanan yorgunluk, uyku ve diğer fizyolojik izlem verileriyle birlikte değerlendirilmelidir (Gomez-Cabrera et al., 2021).

Toparlanmanın değerlendirilmesinde biyokimyasal redoks göstergelerine ek olarak otonom sinir sistemi yanıtları da tamamlayıcı bilgi sağlayabilir. Kalp atım hızı değişkenliği (KHD), sempatik-parasempatik düzenleme ile ilişkili olması nedeniyle egzersiz yüküne verilen fizyolojik yanıtın ve toparlanma kapasitesinin izlenmesinde kullanılabilen non-invaziv göstergelerden biridir. Özellikle yüksek şiddetli egzersizlerden sonra vagal aktivitenin yeniden ortaya çıkışının ve KHD'nin zaman içindeki seyrinin takip edilmesi, toparlanma durumunun daha bütüncül değerlendirilmesine katkı sağlayabilir (Budak & Özdek, 2025).

Toparlanma Stratejileri ve Oksidatif Stres

Beslenme ve Doğal Antioksidan Kaynakları

Toparlanma döneminde yeterli enerji, karbonhidrat, protein, sıvı ve mikrobeyin alımı redoks homeostazının temelini oluşturur. Meyve, sebze, tam tahıl, kuruyemiş ve çeşitli bitkisel besinlerden zengin bir beslenme; vitaminler, mineraller, karotenoidler ve polifenoller gibi çok sayıda bileşeni fizyolojik bir matriks içinde sağlar. Güncel spor beslenmesi yaklaşımı, antioksidan desteğinde önceliğin mümkün olduğunca “food-first” yani besin temelli stratejilere verilmesini desteklemektedir (Gonzalez et al., 2026).

Polifenol ve karotenoid içeren besinlerin toparlanma üzerindeki etkileri giderek daha fazla araştırılmaktadır. Bununla birlikte bir bileşiğin laboratuvar ortamında antioksidan özellik göstermesi, sporcularda doğrudan performans artışı sağlayacağı anlamına gelmez. Emilim, metabolizma, doz, kullanım süresi ve egzersizle zamanlama önemlidir. Ayrıca bazı fitokimyasalların etkisi doğrudan radikal temizlemekten çok Nrf2 gibi hücresel savunma yollarını uyarmak üzerinden gerçekleşebilir. Bu nedenle “antioksidan kapasitesi yüksek ürün=daha iyi toparlanma” biçimindeki basit çıkarımlardan kaçınılmalıdır.

C ve E Vitamini Takviyesi

C ve E vitaminleri sporcularda en yaygın kullanılan antioksidan takviyeler arasındadır. Yüksek doz kullanımın teorik amacı egzersize bağlı oksidatif hasarı azaltmaktır. Ancak sonuçlar çelişkilidir. Paulsen et al. (2014) tarafından yürütülen kontrollü çalışmada yüksek doz C ve E vitamini desteği dayanıklılık antrenmanına bağlı bazı mitokondriyal biyogenez göstergelerindeki artışı azaltmış, buna rağmen VO2max ve koşu performansındaki gelişimi açık biçimde engellememiştir. Benzer biçimde Morrison et al. (2015), bazı endojen antioksidan ve mitokondriyal adaptasyonların baskılanabildiğini bildirmiştir.

Öte yandan Clifford et al. (2020) tarafından randomize kontrollü çalışmalar üzerinde yaptığı sistematik derleme ve meta-analiz, C ve/veya E vitamini kullanımının aerobik kapasite, dayanıklılık performansı, yağsız kütle veya kas kuvvetindeki antrenman gelişimlerini genel olarak anlamlı biçimde azaltmadığını göstermiştir. Bu nedenle literatür, yüksek doz antioksidanların tüm sporcularda ve tüm koşullarda kesin olarak zararlı olduğu sonucunu desteklemez. Daha doğru yaklaşım, gereksiz ve sürekli aşırı dozlardan kaçınmak; gerçek bir yetersizlik, yüksek antrenman stresi veya özel klinik/beslenme gereksinimi varsa bireysel değerlendirme yapmaktır.

Yüksek doz antioksidan kullanımına ilişkin literatür de benzer biçimde temkinli yorumlanmalıdır. Özellikle C ve E vitaminlerinin uzun süreli ve yüksek dozlarda kullanılmasının bazı hücresel antrenman adaptasyonlarını etkileyebileceği, ancak bu etkinin her çalışmada performans veya kas fonksiyonu düzeyinde aynı şekilde görülmediği bildirilmektedir (Kim, 2023). Sistematik derleme bulguları da antioksidan desteğinin etkisinin kullanılan bileşik, doz, süre, antrenman türü ve sporcunun başlangıç beslenme durumuna bağlı olduğunu göstermektedir (Pastor & Tur, 2019).

Soğuk, Aktif Toparlanma ve Diğer Yöntemler

Soğuk su immersiyonu, aktif toparlanma, kompresyon ve masaj gibi yöntemler sporcularda toparlanma amacıyla kullanılmaktadır. Bu uygulamaların etkileri; algılanan kas ağrısı, performansın yeniden kazanılması, dolaşım ve diğer fizyolojik çıktılar açısından protokole göre değişebilir. Mevcut kanıtlar, herhangi bir toparlanma yönteminin yalnızca tek bir oksidatif stres belirtecindeki değişime bakılarak üstün ilan edilmesini desteklemez. Toparlanma stratejisinin seçimi, sporcunun kısa vadeli yeniden performans gereksinimi ve uzun vadeli antrenman hedefleriyle birlikte değerlendirilmelidir (Budak, 2023c).

Fiziksel toparlanma yöntemlerine ilişkin bir literatür taramasında soğuk uygulamalar, aktif ve pasif toparlanma, masaj, kontrast su uygulaması ve diğer

güncel yöntemlerle birlikte değerlendirilmiş; soğuk uygulamaların özellikle egzersiz sonrası ağrı ve algılanan toparlanma gibi çıktılar açısından kullanılabildiği belirtilmiştir (Budak, 2023c).

Toparlanma amacıyla incelenen fiziksel yaklaşımlardan biri de titreşimli platform uygulamalarıdır. Bu yönetime ilişkin olası nöromüsküler ve dolaşım sal mekanizmalar tartışılmakla birlikte, toparlanma üzerindeki etkilerin kullanılan frekans, genlik, uygulama süresi, egzersiz protokolü ve katılımcı özelliklerine bağlı olarak değişebileceği dikkate alınmalıdır. Bu nedenle titreşimli platform uygulamalarının oksidatif stres veya genel toparlanma üzerindeki etkileri için yöntemden bağımsız, kesin bir üstünlük çıkarımı yapılmamalıdır (Budak, 2024).

Foam roller uygulaması da egzersiz sonrası toparlanmada kullanılan self-miyofasyal yöntemlerden biridir. Literatürde algılanan kas ağrısı, eklem hareket açıklığı ve bazı performans çıktıları açısından olası yararlar bildirilmekle birlikte, bulgular uygulama süresi, basınç, kullanılan protokol ve değerlendirme zamanına göre değişebilmektedir. Bu nedenle foam roller, oksidatif stres üzerinde doğrudan etkisi kanıtlanmış bir yöntemden ziyade genel toparlanma bağlamında değerlendirilmelidir (Budak & Koç, 2023).

Toparlanma modalitelerinin metabolik yanıtları üzerindeki etkilerine ilişkin deneysel bulgular da bulunmaktadır. On dört yarı elit futbolcuyla yürütülen bir çalışmada, yüksek şiddetli Yo-Yo koşu testi sonrasında 20 dakikalık spor masajı ile pasif dinlenme karşılaştırılmış; toparlanmanın orta ve son ölçümlerinde kan laktat değerlerinin spor masajı koşulunda daha düşük olduğu bildirilmiştir. Bu bulgu, spor masajının söz konusu protokolde laktat klerensini pasif dinlenmeye göre hızlandırabildiğini göstermektedir; ancak laktatın oksidatif stresin doğrudan bir biyobelirteci olmadığı özellikle dikkate alınmalıdır (Budak, 2023b).

Egzersiz sonrası toparlanmanın desteklenmesi amacıyla aktif toparlanma, masaj, soğuk ve sıcak uygulamalar, kontrast su terapisi, kompresyon, elektriksel uyarım, besinsel yaklaşımlar ve kombine toparlanma protokolleri gibi çok sayıda yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin etkileri her çalışmada aynı düzeyde ortaya çıkmamakta; katılımcı özellikleri ile uygulanan toparlanma yönteminin süresi ve yoğunluğu sonuçları etkileyebilmektedir. Bu nedenle toparlanma uygulamalarının egzersizin niteliğine ve sporcunun gereksinimlerine göre planlanması önem taşımaktadır (Budak, 2023c).

Sporcularda Oksidatif Stresin Değerlendirilmesi

Oksidatif stresin doğrudan ölçülmesi güçtür çünkü ROS ve RNS'nin çoğu çok kısa ömürlüdür. Bu nedenle insan çalışmalarında çoğunlukla reaktif türlerin biyomoleküller üzerinde bıraktığı ürünler veya antioksidan savunma sisteminin

bileşenleri ölçülür. En sık kullanılan gruplar lipid peroksidasyonu, protein oksidasyonu, DNA oksidasyonu, glutatyon redoks durumu ve enzimatik antioksidanlardır (Gomez-Cabrera et al., 2021).

Malondialdehit (MDA) lipid peroksidasyonunun yaygın göstergelerinden biridir; ancak analitik yöntemle bağlı özgüllük sorunları vardır. F2-izoprostanlar lipid peroksidasyonunun daha güvenilir göstergeleri arasında kabul edilir. Protein karbonilleri proteinlerin oksidatif modifikasyonlarını yansıtır. 8-hidroksi-2'-deoksiguanozin gibi göstergeler nükleik asit oksidasyonu için kullanılabilir. GSH/GSSG oranı hücrel redoks durumuna ilişkin bilgi sunarken SOD, CAT ve GPx gibi enzimlerin aktivitesi endojen savunma kapasitesini değerlendirmede kullanılabilir. Toplam antioksidan kapasite (TAC/TAS), toplam oksidan kapasite (TOC/TOS) ve oksidatif stres indeksi (OSI) pratik araştırmalarda sık kullanılsa da bunların hangi biyolojik bileşenlerden etkilendiği ve tek başlarına mekanistik bilgi sağlamadıkları dikkate alınmalıdır.

Biyobelirteç seçiminde üç temel ilke önemlidir. Birincisi, araştırma sorusuna uygun belirteç seçilmelidir. Lipid hasarı araştırılıyorsa lipid oksidasyonuna özgü bir belirteç; antioksidan adaptasyon araştırılıyorsa enzimatik savunma ve ilgili sinyal yolları değerlendirilmelidir. İkincisi, örnekleme zamanı egzersizin niteliğine göre planlanmalıdır. Üçüncüsü, tek bir biyobelirteç yerine birbirini tamamlayan bir panel kullanılması tercih edilmelidir. Örneğin F2-izoprostan, protein karbonili ve GSH/GSSG birlikte değerlendirildiğinde lipid, protein ve redoks kapasitesine ilişkin daha bütüncül bir tablo elde edilebilir.

Sporcu çalışmalarında beslenmenin standardizasyonu ayrıca kritik önemdedir. Son 24-48 saatte tüketilen antioksidan zengin besinler, alkol, kafein, takviyeler ve toplam enerji alımı sonuçları etkileyebilir. Benzer biçimde önceki antrenman yükü, uyku, örnek alma saati ve kadın sporcularda hormonal durum gibi değişkenler kontrol edilmelidir. Kan örneklerinin işleme ve saklama koşulları da oksidasyon ürünlerini etkileyebileceğinden laboratuvar protokollerinin ayrıntılı biçimde raporlanması gerekir.

Tablo 2. Egzersiz araştırmalarında sık kullanılan redoks biyobelirteçleri.

Belirteç	Temel Anlamı	Avantaj	Başlıca Sınırlılık
F2-izoprostanlar	Lipid peroksidasyonu	Görece yüksek özgüllük	Analitik maliyet ve yöntem gereksinimi
MDA/TBARS	Lipid oksidasyonu ile ilişkili ürünler	Yaygın ve pratik	Özgüllük sınırlı olabilir
Protein karbonilleri	Protein oksidasyonu	Oksidatif protein hasarını yansıtır	Zaman profili egzersiz tipine göre değişir
GSH, GSSG, GSH/GSSG	Glutatyon redoks durumu	Redoks ortamına duyarlı	Örnek işleme koşullarına hassastır
SOD, CAT, GPx	Enzimatik antioksidan savunma	Kronik adaptasyon için yararlı	Aktivite ile protein ekspresyonu aynı şeyi göstermez
TAC/TAS	Toplam antioksidan kapasite	Kolay bütüncül indeks	Tek başına mekanizma göstermez
TOC/TOS ve OSI	Toplam oksidan yük / oksidan-antioksidan denge	Pratik karşılaştırma sağlar	Spesifik oksidan kaynağını göstermez
8-OHdG	DNA oksidasyonu	Nükleik asit hasarına yönelik	Örnek türü ve analitik yöntem önemlidir

Spor Performansı ve Antrenman Planlaması Açısından Pratik Yaklaşım

Redoks biyolojisinin antrenman planlamasına en önemli katkısı, stresin tamamen ortadan kaldırılmasının hedeflenmemesi gerektiğini göstermesidir. Antrenman adaptasyonu, organizmanın kontrollü biçimde homeostazdan uzaklaştırılması ve ardından yeterli toparlanmayla daha yüksek kapasiteye ulaşması üzerine kuruludur. ROS/RNS bu adaptasyon sürecindeki bilgi taşıyıcılarından biridir. Bu nedenle bir sporcunun her antrenmandan sonra biyokimyasal olarak mümkün olan en düşük oksidatif stres düzeyine getirilmesi, teorik olarak ideal bir hedef değildir.

Pratikte antrenör ve spor bilimci için öncelik, sporcunun toplam yükünü ve toparlanmasını izlemektir. Antrenman şiddeti ve hacmi; algılanan efor, kalp hızı, performans testleri, uyku, kas ağrısı ve psikolojik durum gibi göstergelerle birlikte değerlendirilmelidir. Redoks biyobelirteçleri kullanılacaksa bunlar bu bütüncül izlem sistemine eklenmelidir. Tek bir yüksek MDA veya düşük TAC değeri üzerinden antrenman programını değiştirmek uygun değildir. Birey içi değişimlerin tekrarlayan ölçümlerle izlenmesi, tek bir popülasyon referans değerinden daha anlamlı olabilir.

Antioksidan beslenme stratejilerinde temel yaklaşım yeterli ve çeşitli beslenmedir. Meyve ve sebze tüketiminin yüksek olduğu, yeterli protein ve enerji sağlayan bir diyet çoğu sporcu için gerekli mikrobeseinlerin ve fitokimyasalların önemli bölümünü karşılayabilir. Takviye kullanımı ise performans hedefi, antrenman dönemi, laboratuvarla doğrulanmış eksiklikler, beslenme yetersizliği ve müsabaka takvimi göz önünde bulundurularak bireyselleştirilmelidir. Özellikle yüksek doz C ve E vitaminlerinin rutin biçimde her antrenman çevresinde kullanılması için güçlü bir gerekçe bulunmamaktadır.

Toparlanmanın öncelikli olduğu kısa aralıklı müsabaka dönemleri ile uzun dönemli antrenman adaptasyonunun öncelikli olduğu dönemlerde antioksidan stratejilerin aynı biçimde uygulanması gerekemeyebilir. Güncel görüşler, antioksidan desteğinin doz ve zamanlamasının antrenman hedefi, beslenme durumu ve bireysel gereksinimler dikkate alınarak değerlendirilmesini önermektedir. Bununla birlikte bu yaklaşım için uygulamaya dönük kanıtlar halen gelişmektedir; bu nedenle “redoks temelli periodizasyon” kesinleşmiş bir standarttan çok araştırılmaya devam eden bir çerçeve olarak görülmelidir (Gonzalez et al., 2026).

Araştırmacılar açısından ise standartlaştırma temel sorundur. Egzersiz protokolünün ayrıntılı tanımlanması, katılımcıların antrenman düzeyi, son egzersiz zamanı, beslenme ve takviye kullanımı, örnekleme saatleri ve analitik yöntemler açıkça raporlanmalıdır. Özellikle toparlanma araştırmalarında tek bir post-egzersiz zaman noktasının yetersiz kalabileceği dikkate alınmalıdır. Stachteas et al. (2025) bulguları, biyobelirteç kinetiğinin araştırma tasarımının merkezine alınması gerektiğini güçlü biçimde desteklemektedir.

Toparlanma stratejilerinin bilimsel olarak doğru uygulanabilmesi, sporcu ve antrenörlerin bu konudaki bilgi düzeyiyle de ilişkilidir. Bireysel ve takım sporcularından oluşan 227 katılımcının değerlendirildiği bir araştırmada, Sporda Toparlanma Bilgi Testi puanlarının her iki grupta da ağırlıklı olarak orta düzeyde olduğu ve bireysel sporcular ile takım sporcuları arasında toplam bilgi düzeyi bakımından anlamlı fark bulunmadığı bildirilmiştir. Bu sonuç, toparlanma eğitiminin yalnızca belirli branşlarla sınırlandırılmadan sporcu izlem programlarının bir parçası haline getirilmesinin önemini desteklemektedir (Budak, 2023a).

SONUÇ

Egzersiz ile oksidatif stres arasındaki ilişki, “egzersiz serbest radikal üretir ve bu nedenle zararlıdır” biçimindeki eski yaklaşımın çok ötesine geçmiştir. Güncel redoks biyolojisi, ROS ve RNS'nin egzersiz sırasında fizyolojik sinyal molekülleri olarak görev yaptığını ve kas kontraksiyonu, glikoz kullanımı,

mitokondriyal biyogenez, damar fonksiyonu ve endojen antioksidan savunma gibi çok sayıda sürecin düzenlenmesine katkıda bulunduğunu göstermektedir. Bu nedenle egzersize bağlı geçici oksidatif değişiklikler her zaman hücrel hasar veya yetersiz toparlanma anlamına gelmez.

Bununla birlikte reaktif tür üretimi organizmanın savunma ve onarım kapasitesini aştığında oksidatif distress gelişebilir. Özellikle çok yüksek veya alışılmadık yüklenmeler, kas hasarı, yetersiz enerji alımı, sık yarışma, uyku yetersizliği ve eksik toparlanma gibi koşullar bu dengeyi olumsuz etkileyebilir. Akut egzersiz yanıtı ile kronik antrenman adaptasyonunun birbirinden ayrılması bu nedenle önemlidir. Düzenli antrenman, kontrollü redoks uyarıları yoluyla endojen antioksidan savunmayı güçlendirebilir ve organizmanın gelecekteki egzersiz stresine karşı dayanıklılığını artırabilir.

Toparlanma sürecinin değerlendirilmesinde biyobelirteçlerin zaman profili göz önünde bulundurulmalıdır. Farklı oksidatif stres göstergeleri egzersizden hemen sonra, ilk birkaç saat içinde veya kas hasarı oluşturan protokollerde 48–72 saat sonra tepe yapabilir. Bu nedenle tek bir ölçüm noktası, redoks yanıtının tamamını temsil etmeyebilir. Benzer şekilde antioksidan stratejilerin değerlendirilmesinde amaç reaktif türleri tamamen ortadan kaldırmak değil, aşırı oksidatif yükü sınırlandırırken fizyolojik sinyalleme korunmasını sağlamaktır.

Sonuç olarak sporcularda redoks yönetimi; uygun antrenman yükü, yeterli toparlanma, dengeli beslenme ve gerektiğinde bireyselleştirilmiş destek stratejilerinin birlikte ele alınmasını gerektirir. Antioksidan takviyeleri, özellikle yüksek dozlarda, otomatik bir toparlanma çözümü olarak görülmemelidir. Gelecekte yapılacak çalışmaların çoklu biyobelirteç panelleri, standartlaştırılmış örnekleme zamanları, farklı spor branşları ve antrenman düzeyleri ile bireysel redoks yanıtlarını birlikte değerlendirmesi; egzersiz, toparlanma ve performans arasındaki ilişkinin daha doğru anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Baysal, B., & Budak, H. (2025). Yüksek şiddetli egzersizlerde oksidatif stres. In B. Özlükan Şahin (Ed.), *Spor & Bilim 2025: Antrenman ve Sportif Performans-III* (pp. 44–61). Efe Akademi. <https://doi.org/10.59617/efepub2025227>
- Bouviere, J., Fortunato, R. S., Dupuy, C., Werneck-de-Castro, J. P., Carvalho, D. P., & Louzada, R. A. (2021). Exercise-stimulated ROS sensitive signaling pathways in skeletal muscle. *Antioxidants*, 10(4), 537. <https://doi.org/10.3390/antiox10040537>
- Budak, H. (2023). Comparison of recovery knowledge levels of individual and team athletes. *Aksaray University Journal of Sport and Health Researches*, 4(1), 34–47. <https://doi.org/10.54152/asujshr.1288115>
- Budak, H. (2023). The effect of passive rest and sports massage recovery methods on blood lactate clearance after high-intensity exercise. *Mediterranean Journal of Sport Science*, 6(2), 406–418. <https://doi.org/10.38021/asbid.1230326>
- Budak, H. (2023). Egzersiz sonrası gerçekleştirilen güncel fiziksel toparlanma yöntemleri ve performans: Literatür taraması. *Kilis 7 Aralık Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 7(1), 80–96.
- Budak, H. (2024). Toparlanma sürecinde yeni bir yaklaşım: Titreşimli platform. In Z. Pancar (Ed.), *Teoriden Uygulamaya Her Yönüyle Spor* (pp. 77–90). Efe Akademi. <https://doi.org/10.59617/efepub2024137>
- Budak, H., & Koç, M. E. (2023). Sporda yorgunluk sonrası toparlanma ve foam roller yöntemi. In E. A. Uluç & S. Uluç (Eds.), *Spor Bilimleri Üzerine Araştırmalar-II* (pp. 135–152). Özgür Yayınları. <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub133.c529>
- Budak, H., & Özdek, B. (2025). Otonom sinir sistemi aktivasyonlarında kalp atım hızı değişkenliğinin rolü. In M. Açak & H. Abanoz (Eds.), *Spor & Bilim 2025: Sporcu Sağlığı* (pp. 97–112). Efe Akademi. <https://doi.org/10.59617/efepub2025134>
- Clifford, T., Jeffries, O., Stevenson, E. J., & Bowden Davies, K. A. (2020). The effects of vitamin C and E on exercise-induced physiological adaptations: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(21), 3669–3679. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1703642>
- Gomez-Cabrera, M. C., Carretero, A., Millan-Domingo, F., Garcia-Dominguez, E., Correas, A. G., Olaso-Gonzalez, G., & Viña, J. (2021). Redox-related biomarkers in physical exercise. *Redox Biology*, 42, 101956. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2021.101956>

- Gonzalez, D. E., Dickerson, B. L., Roberts, B. M., Kurtz, J. A., Waldman, H. S., Gonzalez, A. M., McAllister, M. J., Heilesen, J. L., Bloomer, R. J., Arent, S. M., Candow, D. G., Stout, J. R., Hecht, K. A., Campbell, B., Kerksick, C. M., Kalman, D., Antonio, J., & Kreider, R. B. (2026). International Society of Sports Nutrition position stand: Effects of dietary antioxidants on exercise and sports performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 23(1), 2629828. <https://doi.org/10.1080/15502783.2026.2629828>
- Kim, J. (2023). Effect of high-dose vitamin C and E supplementation on muscle recovery and training adaptation: A mini review. *Physical Activity and Nutrition*, 27(2), 8–12. <https://doi.org/10.20463/pan.2023.0012>
- Margaritelis, N. V., Paschalis, V., Theodorou, A. A., Kyparos, A., & Nikolaidis, M. G. (2020). Redox basis of exercise physiology. *Redox Biology*, 35, 101499. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101499>
- Martinez-Ferran, M., Sanchis-Gomar, F., Lavie, C. J., Lippi, G., & Pareja-Galeano, H. (2020). Do antioxidant vitamins prevent exercise-induced muscle damage? A systematic review. *Antioxidants*, 9(5), 372. <https://doi.org/10.3390/antiox9050372>
- Morrison, D., Hughes, J., Della Gatta, P. A., Mason, S., Lamon, S., Russell, A. P., & Wadley, G. D. (2015). Vitamin C and E supplementation prevents some of the cellular adaptations to endurance-training in humans. *Free Radical Biology and Medicine*, 89, 852–862. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2015.10.412>
- Özdek, B., Budak, H., Karaduman, E., Karaduman, E., Uzun, M. E., & Yılmaz, A. K. (2026). Effects of rapid weight loss and rapid weight regain on oxidant status and muscle damage in judo athletes. *Frontiers in Physiology*, 17, 1953888. <https://doi.org/10.3389/fphys.2026.1953888>
- Pastor, R., & Tur, J. A. (2019). Antioxidant supplementation and adaptive response to training: A systematic review. *Current Pharmaceutical Design*, 25(16), 1889–1912. <https://doi.org/10.2174/1381612825666190701164923>
- Paulsen, G., Cumming, K. T., Holden, G., Hallén, J., Rønnestad, B. R., Sveen, O., Skaug, A., Paur, I., Bastani, N. E., Østgaard, H. N., Buer, C., Midttun, M., Freuchen, F., Wiig, H., Ulseth, E. T., Garthe, I., Blomhoff, R., Benestad, H. B., & Raastad, T. (2014). Vitamin C and E supplementation hampers cellular adaptation to endurance training in humans: A double-blind, randomised, controlled trial. *The Journal of Physiology*, 592(8), 1887–1901. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2013.267419>

- Powers, S. K., & Schrager, M. (2022). Redox signaling regulates skeletal muscle remodeling in response to exercise and prolonged inactivity. *Redox Biology*, 54, 102374. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2022.102374>
- Powers, S. K., Deminice, R., Ozdemir, M., Yoshihara, T., Bomkamp, M. P., & Hyatt, H. (2020). Exercise-induced oxidative stress: Friend or foe? *Journal of Sport and Health Science*, 9(5), 415–425. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.04.001>
- Powers, S. K., Goldstein, E., Schrager, M., & Ji, L. L. (2023). Exercise training and skeletal muscle antioxidant enzymes: An update. *Antioxidants*, 12(1), 39. <https://doi.org/10.3390/antiox12010039>
- Powers, S. K., Lategan-Potgieter, R., & Goldstein, E. (2024). Exercise-induced Nrf2 activation increases antioxidant defenses in skeletal muscles. *Free Radical Biology and Medicine*, 224, 470–478. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2024.07.041>
- Sies, H. (2017). Hydrogen peroxide as a central redox signaling molecule in physiological oxidative stress: Oxidative eustress. *Redox Biology*, 11, 613–619. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2016.12.035>
- Sies, H. (2021). Oxidative eustress: On constant alert for redox homeostasis. *Redox Biology*, 41, 101867. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2021.101867>
- Sies, H., Berndt, C., & Jones, D. P. (2017). Oxidative stress. *Annual Review of Biochemistry*, 86, 715–748. <https://doi.org/10.1146/annurev-biochem-061516-045037>
- Stachteas, C., Georgogiannis, N., Nastos, G. G., Chatzinikolaou, P. N., Dinas, P. C., Theodorou, A. A., Paschalis, V., Vrabas, I. S., Kyparos, A., Jamurtas, A. Z., Fatouros, I. G., Nikolaidis, M. G., & Margaritelis, N. V. (2025). Optimal timing to assess exercise-induced oxidative stress: A systematic review and meta-analysis. *Experimental Physiology*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1113/EP092963>

2. Bölüm

Egzersiz Sonrası Toparlanma: Kalp Atım Hızı Değişkenliği, Laktat Kinetiği ve Redoks Yanıtlarına Çok Boyutlu Bir Yaklaşım

Hamza BUDAK¹

Giriş

Egzersiz sonrası toparlanma, antrenman veya müsabaka ile bozulan fizyolojik, metabolik, nöromüsküler ve algısal durumların yeniden düzenlenmesini kapsayan dinamik bir süreçtir. Toparlanmanın amacı yalnızca bir biyobelirtecın egzersiz öncesi düzeye dönmesi değildir; sporcunun bir sonraki yüklenmeye hazır hale gelmesi, performans kapasitesinin yeniden oluşması ve uzun dönemli antrenman adaptasyonlarının korunması birlikte değerlendirilmelidir. Bu nedenle güncel spor bilimi yaklaşımı, toparlanmayı tek bir değişken üzerinden tanımlamak yerine farklı sistemlerden elde edilen göstergelerin zaman içindeki seyrini birlikte yorumlamaya yönelmektedir.

Bu bölümde toparlanma; otonom sinir sistemi, kalp atım hızı değişkenliği, kalp hızı toparlanması, kan laktatı kinetiği, performans ve algısal göstergeler üzerinden ele alınmaktadır. Ayrıca aktif ve pasif toparlanma, spor masajı, köpük rulo, tüm vücut titreşimi ve soğuk su immersiyonu gibi yaygın yöntemler güncel kanıtlarla tartışılmaktadır. Temel yaklaşım, 'laktat düştü = toparlanma tamamlandı' veya 'kalp atım hızı değişkenliği yükseldi = sporcu tamamen toparlandı' gibi tek boyutlu çıkarımlardan kaçınmaktır.

Bu bağlamda Budak ve Özdek (2025), kalp atım hızı değişkenliği parametrelerinin sempatik ve parasempatik aktivasyonlardaki değişimleri yansıtabildiğini; özellikle yüksek şiddetli egzersiz sonrasında parasempatik yeniden aktivasyonun ve kalp atım hızı değişkenliği izleminin toparlanma kapasitesinin değerlendirilmesinde yararlı bir fizyolojik pencere sunduğunu vurgulamaktadır.

Yorgunluktan Homeostaza: Toparlanmanın Fizyolojik Temelleri

Yoğun egzersiz sırasında kardiyovasküler, otonom, metabolik ve nöromüsküler sistemler eş zamanlı olarak yüklenir. Egzersiz sonlandığında ise

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Aksaray Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Antrenörlük Eğitimi Bölümü
hamzabudak@aksaray.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-8482-6920

bu sistemler aynı hızda başlangıç durumuna dönmez. Kalp hızı ilk dakikalarda hızlı biçimde azalabilirken vagal yeniden aktivasyonun, metabolik ürünlerin taşınmasının, kas glikojeninin yenilenmesinin, kas hasarıyla ilişkili süreçlerin ve algılanan yorgunluğun zaman seyri birbirinden farklıdır. Bu ayrışma, toparlanmanın neden çok boyutlu izlenmesi gerektiğinin temel fizyolojik gerekçesidir.

Toparlanma süresi; egzersizin şiddeti ve süresi, kullanılan kas kütlesi, çevresel koşullar, hidrasyon ve beslenme durumu, uyku, antrenman geçmişi ve bireysel özelliklerden etkilenebilir. Aynı toparlanma yöntemi farklı egzersiz modellerinden sonra aynı sonucu vermeyebilir. Bu değişkenlerin toparlanma sürecini etkileyebildiği; hidrasyon, uyku ve kalp atım hızı değişkenliği ölçüm koşullarına ilişkin güncel çalışmalarla da desteklenmektedir (Evans et al., 2017; Cook & Charest, 2023; Damoun et al., 2024). Toparlanma stratejilerinin etkisi ise kullanılan sonlanım noktası ve değerlendirme zamanına göre değişebilmektedir (Li et al., 2024; Hou et al., 2026).

Egzersiz sonrası toparlanmanın çok boyutlu yapısına redoks homeostazı da dahildir. Akut egzersiz sırasında ve sonrasında oluşan reaktif oksijen ve nitrojen türleri yalnızca hücrel hasarla ilişkilendirilmemeli; fizyolojik düzeylerde redoks-duyarlı sinyal yollarının ve antrenman adaptasyonunun bir parçası olarak değerlendirilmelidir. Buna karşılık oksidan üretimin antioksidan savunma kapasitesini aşması, özellikle yüksek yüklenme ve yetersiz toparlanma koşullarında oksidatif hasarla ilişkili olabilir. Bu nedenle toparlanma dönemindeki redoks yanıtı, otonom ve metabolik göstergelerle aynı zaman çizgisinde fakat onlarla eş anlamlı olmayan ayrı bir fizyolojik boyuttur (Powers et al., 2020; Margaritelis et al., 2020; Sies, 2021).

Bu ayrım pratik açıdan önemlidir: kan laktatının azalması oksidatif stresin sona erdiğini, kalp atım hızı değişkenliğinin yükselmesi ise redoks dengesinin tamamen yeniden kurulduğunu göstermez. Oksidatif stres çalışmalarında kullanılan glutatyon, F2-izoprostanlar ve protein karbonilleri gibi belirteçlerin egzersiz sonrası farklı zamanlarda pik yapabildiği gösterilmiştir. Dolayısıyla toparlanma araştırmalarında örnekleme zamanı, hangi fizyolojik sistemin değerlendirildiğine göre planlanmalıdır (Gomez-Cabrera et al., 2021; Stachteas et al., 2025).

Otonom Sinir Sistemi ve Egzersiz Sonrası Toparlanma

Egzersiz sırasında artan kardiyovasküler gereksinim, parasempatik geri çekilme ve artan sempatik aktiviteyle karşılanır. Egzersiz sonrasında ise kalp hızındaki hızlı düşüşte parasempatik yeniden aktivasyon önemli rol oynar. Bununla birlikte otonom toparlanma, yalnızca kalp hızının azalmasıyla eş

anlamalı değildir. Kalp hızı toparlanması ve kalp atım hızı değişkenliği benzer fizyolojik eksenlerle ilişkili olmakla birlikte farklı ölçüm özelliklerine sahiptir.

Kalp Atım Hızı Değişkenliği

Kalp atım hızı değişkenliği, ardışık normal kalp atımları arasındaki zaman farklılıklarını nicel olarak ifade eder. Spor bilimlerinde özellikle ardışık normal atımlar arasındaki farkların karelerinin ortalamasının karekökü ile yüksek frekanslı bileşenler vagal modülasyonla ilişkilendirilirken, normal-normal aralıkların standart sapması toplam değişkenlik hakkında bilgi verir. Düşük frekanslı bileşenin ve özellikle düşük frekans/yüksek frekans oranının doğrudan ‘sempatik-parasempatik denge’ olarak yorumlanması ise güncel fizyolojik yaklaşımlarda dikkat gerektirir. Kalp atım hızı değişkenliği; solunum, vücut pozisyonu, ölçüm süresi, günün saati, kafein, hidrasyon, psikolojik stres ve ölçüm cihazı gibi çok sayıda faktörden etkilenebilir (Damoun et al., 2024).

2024 tarihli profesyonel ve yarı profesyonel futbolculardaki kapsam derlemesi, kalp atım hızı değişkenliğinin antrenman adaptasyonu ve performans hazır oluşun izlenmesinde yararlı olabileceğini, ancak uygulama protokollerinde halen fikir birliği bulunmadığını bildirmiştir. Bu nedenle tek bir günlük kalp atım hızı değişkenliği değerinden ziyade standardize koşullarda elde edilen bireysel eğilimlerin izlenmesi daha anlamlıdır (Mirto et al., 2024).

Toparlanma Yöntemleri ve Vagal Yeniden Aktivasyon

Fiziksel toparlanma yöntemlerinin vagal kalp atım hızı değişkenliği üzerindeki etkilerini inceleyen sistematik derleme ve meta-analizde, toparlanma tekniklerinin genel olarak parasempatik yeniden aktivasyonu hızlandırabileceği; ancak etkinin yöneme ve egzersiz türüne göre değiştiği bildirilmiştir. Alt grup analizinde soğuk su immersiyonu daha belirgin olumlu etki göstermiştir (Laborde et al., 2024). 2025 tarihli ayrı bir sistematik derleme de soğuk su immersiyonunun egzersiz sonrası kalp atım hızı değişkenliği ile değerlendirilen parasempatik reaktivasyon üzerinde akut olumlu etki gösterebileceğini belirtmektedir (Galvez-Rodriguez et al., 2025). Bununla birlikte bu sonuçlar, kalp atım hızı değişkenliğindeki iyileşmenin tüm performans ve metabolik sistemlerin aynı anda toparlandığı anlamına geldiği şeklinde yorumlanmamalıdır.

Metabolik Toparlanma ve Kan Laktatı Kinetiği

Egzersiz fizyolojisinde laktat uzun yıllar boyunca yorgunluğa neden olan bir ‘atık ürün’ gibi sunulmuştur. Güncel yaklaşımda ise laktat, glikolitik metabolizmanın önemli bir ara ürünü ve farklı dokular arasında taşınabilen bir

enerji substratı olarak değerlendirilir. Bu nedenle bilimsel yazımda 'laktik asidin kaslardan temizlenmesi' gibi ifadeler yerine kan laktat konsantrasyonu, laktat kinetiği ve laktat uzaklaştırılması/klirensi kavramlarının kullanılması daha uygundur (Brooks, 2018).

Yüksek şiddetli egzersiz sonrasında kan laktatının azalması; laktatın oksidatif dokular tarafından kullanılması, karaciğer ve diğer dokulardaki metabolik dönüşümler ve dolaşım dinamikleriyle ilişkilidir. Düşük-orta şiddette aktif toparlanma, kas kan akımını ve oksidatif metabolizmayı sürdürerek kan laktatındaki düşüşü pasif dinlenmeye göre hızlandırabilir. Bununla birlikte daha hızlı laktat uzaklaştırılması her zaman daha hızlı performans toparlanması anlamına gelmez (Li et al., 2024).

Toparlanma yöntemlerini değerlendiren güncel derlemelerde aktif toparlanmanın özellikle akut laktat azalmasına yardımcı olabildiği, ancak birçok yöntemin kısa süreli performans çıktılarında pasif toparlanmaya belirgin üstünlük göstermediği bildirilmektedir. Bu bulgu, biyokimyasal toparlanma ile fonksiyonel toparlanmanın birbirinden ayrılması gerektiğini desteklemektedir (Li et al., 2024).

Otonom ve Metabolik Toparlanma Aynı Şey midir?

Kalp atım hızı değişkenliği ve kan laktatı aynı toparlanma sürecinin farklı fizyolojik pencerelerini temsil eder. Kalp atım hızı değişkenliği esas olarak kardiyak otonom modülasyona ilişkin bilgi sağlarken kan laktatı egzersiz sonrası metabolik taşınma ve kullanım süreçlerinin bir göstergesidir. Bir sporcuda kan laktatı hızlı biçimde azalırken vagal yeniden aktivasyon gecikebilir; başka bir durumda kalp atım hızı değişkenliği görece hızlı toparlanırken nöromusküler performans veya algılanan yorgunluk henüz başlangıç düzeyine dönmemiş olabilir.

Bu nedenle 'toparlanma' için evrensel tek bir eşik önermek bilimsel açıdan zordur. Ölçülecek değişken, sorulan uygulama sorusuna göre seçilmelidir. Amaç kısa aralıklarla tekrarlanan sprint performansını yeniden üretmekse laktat, kas performansı ve algısal göstergeler birlikte değerlendirilebilir. Amaç otonom yükü ve antrenmana hazır oluşu izlemekse standardize kalp atım hızı değişkenliği ölçümleri daha fazla önem kazanabilir.

Tablo 1. Toparlanmanın çok boyutlu değerlendirilmesi.

Boyut	Örnek Göstergeler	Güçlü Yön	Temel Sınırlılık
Otonom	Kalp atım hızı değişkenliği / ardışık normal atımlar arası farkların karelerinin ortalamasının karekökü, normal-normal aralıkların standart sapması, kalp hızı toparlanması	Non-invaziv, tekrarlanabilir izlem	Standardizasyon ve bireysel değişkenlik
Metabolik	Kan laktatı	Akut metabolik yanıtı izleme	Genel toparlanmanın doğrudan ölçüsü değildir
Nöromusküler	Aktif sıçrama testi, kuvvet, sprint	Fonksiyonel performansa yakın	Öğrenme ve motivasyondan etkilenebilir
Algısal	Algılanan efor derecesi, algılanan toparlanma durumu, gecikmiş başlangıçlı kas ağrısı, iyi oluş	Hızlı, düşük maliyetli	Öznel ve bağlama duyarlı
Kas hasarı/inflamasyon	Kreatin kinaz, miyogloblin, C-reaktif protein vb.	Belirli fizyolojik süreçlere bilgi	Zamanlama ve bireyler arası değişkenlik

Toparlanma stratejilerinin etkisini yorumlarken spor branşı ve zaman penceresi ayrıca dikkate alınmalıdır. Dayanıklılık sporcularındaki sistematik derlemelerin üst düzey sentezi, tek bir toparlanma stratejisinin farklı performans ve fizyolojik çıktılarda tutarlı biçimde üstün olmadığını göstermektedir. Benzer biçimde profesyonel futbolda 72 saate kadar toparlanmayı inceleyen sistematik derleme, soğuk su immersiyonu ve masajın özellikle algısal değişkenlerde yarar sağlayabildiğini; fiziksel ve fizyolojik çıktılar için kanıtın daha sınırlı olduğunu bildirmiştir (Li et al., 2024; Querido et al., 2022).

Egzersiz Sonrası Fiziksel Toparlanma Yöntemleri

Pasif ve Aktif Toparlanma

Pasif toparlanma, egzersiz sonrası ek fiziksel yük oluşturmadan dinlenmeyi ifade eder ve uygulama kolaylığı nedeniyle temel karşılaştırma koşulu olarak sık kullanılır. Aktif toparlanmada ise düşük şiddetli hareket sürdürülür. Aktif toparlanmanın en tutarlı akut etkilerinden biri kan laktatının daha hızlı azalmasıdır; dövüş sporlarına ilişkin güncel kapsam derlemesi de bu akut laktat azalmasını desteklemektedir (Trybulski et al., 2026). Ancak ek enerji harcaması

oluşturduğu için, glikojen yenilenmesinin veya tam dinlenmenin öncelikli olduğu bazı durumlarda pasif toparlanma daha uygun olabilir. Bu nedenle aktif toparlanmanın üstünlüğü hedeflenen çıktı üzerinden değerlendirilmelidir.

Spor Masajı

Spor masajı, elit ve rekreasyonel sporda en yaygın kullanılan toparlanma uygulamalarındandır. Bununla birlikte popülerliği, performans üzerindeki kanıt gücüyle karıştırılmamalıdır. Davis et al. (2020), 29 çalışmayı kapsayan sistematik derleme ve meta-analizlerinde masajın kuvvet, sıçrama, sprint, dayanıklılık veya yorgunluk üzerinde doğrudan anlamlı performans avantajı göstermediğini; buna karşılık esneklik ve gecikmiş başlangıçlı kas ağrısında küçük yararlar sağlayabildiğini bildirmiştir. Daha önceki meta-analitik kanıtlar da masajın performans toparlanması üzerindeki etkisinin küçük ve uygulama zamanına duyarlı olduğunu göstermektedir (Poppendieck et al., 2016).

Bu sonuç masajın 'etkisiz' olduğu anlamına gelmez. Toparlanma algısı, gevşeme, ağrı ve sporcu tercihi pratik kararın parçasıdır. Ancak masajın kan laktatını düşürmesi veya dolaşımı artırması gibi mekanistik açıklamalar, doğrudan performans kazanımıyla eş tutulmamalıdır. Uygulama süresi, masaj tekniği, egzersiz türü ve değerlendirme zamanının sonuçları değiştirebileceği unutulmamalıdır.

Köpük Rulo ve Kendi Kendine Miyofasyal Uygulamalar

Köpük rulo, sporcuların kendi kendine uygulayabildiği mekanik bir toparlanma yöntemidir. Zhou et al. (2024) tarafından yapılan meta-analiz, egzersiz sonrası kas ağrısında özellikle 24 saat ve sonrasında yararlı etkiler olabileceğini bildirmiştir. Buna karşılık performans toparlanması üzerindeki etkiler daha küçük ve değişkendir. Dolayısıyla köpük rulo, doğrudan metabolik veya otonom toparlanmayı garanti eden bir yöntem olarak değil; ağrı algısı, hareket açıklığı ve bireysel rahatlık üzerinden destekleyici bir araç olarak değerlendirilmelidir.

Tüm Vücut Titreşimi

Tüm vücut titreşimi, egzersiz sonrası toparlanmada dolaşım ve nöromusküler uyarılma üzerinden etkili olabileceği varsayılan yöntemlerden biridir. Kang et al. (2017), yoğun egzersiz sonrası dinlenme sırasında uygulanan tüm vücut titreşiminin kan laktatı ve kalp hızı toparlanması üzerinde olumlu değişimler bildirmiştir. Bununla birlikte bu bulgular protokole özgüdür ve genellenmemelidir. Farklı frekans, genlik, postür, uygulama süresi ve kontrol koşulları sonuçları önemli ölçüde değiştirebilir; bu nedenle tüm vücut

titreşiminin kalp atım hızı değişkenliği, laktat veya genel toparlanma üzerindeki üstünlüğü için yöntemden bağımsız kesin bir çıkarım yapılamaz.

Soğuk Su İmmersiyonu

Soğuk su immersiyonu, özellikle kısa aralıklı müsabaka veya yoğun antrenman dönemlerinde yaygın kullanılan bir yöntemdir. Güncel sistematik derlemeler, soğuk su immersiyonunun egzersiz sonrası parasempatik yeniden aktivasyonu kalp atım hızı değişkenliği üzerinden hızlandırabileceğini göstermektedir (Galvez-Rodriguez et al., 2025; Laborde et al., 2024). Hou et al. (2026) tarafından yapılan ağ meta-analizinde de soğuk su immersiyonunun akut dönemde gecikmiş başlangıçlı kas ağrısı ve bazı kas hasarı göstergeleri açısından yarar sağlayabildiği, ancak etkilerin 48–72 saatlik dönemde zayıflayabildiği bildirilmiştir. Bu nedenle soğuk su immersiyonunun değeri, toparlanma zaman penceresi ve hedeflenen çıktı dikkate alınarak yorumlanmalıdır.

Hidroterapi ve kriyoterapi uygulamalarında da yöntemlerin birbirinin yerine geçebilen tek tip müdahaleler olmadığı görülmektedir. 2024 tarihli ağ meta-analizinde 57 çalışma ve 1220 katılımcı değerlendirilmiş; kontrast su uygulaması biyokimyasal kas hasarı göstergelerinin toparlanmasında, kriyoterapi ise kas ağrısı ve bazı nöromüsküler çıktılarda daha üst sıralarda yer almıştır. Bununla birlikte sıralama sonuçları çalışma heterojenliği, dolaylı karşılaştırmalar ve kullanılan sonlanım noktaları dikkate alınarak yorumlanmalıdır (Chen et al., 2024).

Daha geniş kapsamlı soğuk su immersiyonu meta-analizleri de yöntemin etkisinin hedeflenen çıktıya göre değiştiğini göstermektedir. Soğuk su immersiyonu kas ağrısının toparlanmasında bazı diğer yöntemlerden üstün görünürken, kas gücü, güç ve esneklik gibi performans değişkenlerinde aynı ölçüde tutarlı üstünlük göstermemektedir. Bu durum, toparlanma müdahalelerinin 'en iyi yöntem' biçiminde değil, 'hangi çıktı için, hangi zaman aralığında ve hangi sporcu grubunda?' sorularıyla değerlendirilmesini desteklemektedir (Moore et al., 2023).

Toparlanma Yöntemlerinin Kalp Atım Hızı Değişkenliği ve Laktat Üzerindeki Etkilerini Birlikte Okumak

Bir toparlanma müdahalesi kan laktatını hızla azaltırken kalp atım hızı değişkenliği üzerinde sınırlı etki gösterebilir veya bunun tersi gerçekleşebilir. Bu durum bir çelişki değil, ölçülen sistemlerin farklılığının doğal sonucudur. Kalp atım hızı değişkenliği parasempatik yeniden aktivasyona duyarlıyken, kan laktatı üretim-kullanım dengesinin egzersiz sonrası seyrini yansıtır. Bu nedenle

müdahale çalışmalarında her iki değişkenin aynı anda ölçülmesi, toparlanmanın daha ayrıntılı fizyolojik profilini ortaya koyabilir.

Benzer biçimde, bir yöntemin kalp atım hızı değişkenliği veya laktat üzerinde olumlu etkisi bulunması doğrudan bir sonraki performans testinde üstünlük sağlayacağını garanti etmez. Toparlanma araştırmalarında biyobelirteçler ile performans çıktılarının birlikte raporlanması bu nedenle önemlidir. Güncel ağ meta-analizi, toparlanma stratejilerinin etkilerinin akut (0–24 saat) ve gecikmiş (48–72 saat) dönemlerde farklılaşabildiğini açık biçimde göstermektedir (Hou et al., 2026).

Toparlanma, Oksidatif Stres ve Redoks Zamanlaması

Toparlanmanın biyokimyasal boyutu değerlendirilirken redoks dengesi ve kas hasarı göstergeleri de bağlama göre dikkate alınmalıdır. Karahan ve Özdek (2024), özellikle hızlı vücut ağırlığı kaybı uygulayan sıklet sporcularında enerji kısıtlaması, dehidrasyon ve yoğun egzersizin fizyolojik stres, oksidatif stres ve kas hasarı ile ilişkili olabileceğini belirtmektedir. Bu örnek, toparlanmanın yalnızca otonom veya metabolik göstergelerle sınırlandırılmaması gerektiğini desteklemektedir. Bu yaklaşımı destekleyen güncel bulgular, hızlı kilo kaybı sonrasında toparlanma döneminin de redoks dengesi açısından kritik olduğunu göstermektedir. Özdek ve ark. (2026), erkek judo sporcularında beş günlük hızlı kilo kaybı ve bunu izleyen 15 saatlik hızlı kilo kazanımı sürecini incelemiş; hızlı kilo kaybı sonrasında toplam antioksidan kapasitenin arttığını, buna karşılık hızlı kilo kazanımı döneminde toplam oksidan kapasite ve oksidatif stres indeksinin yükseldiğini bildirmiştir. Ayrıca miyogloblin düzeylerinin hızlı kilo kaybı sonrasında belirgin biçimde arttığı ve hızlı kilo kazanımı sonrasında azalmasına rağmen başlangıç düzeyinin üzerinde kaldığı gösterilmiştir. Bu bulgular, toparlanma döneminin yalnızca vücut ağırlığının yeniden kazanılması üzerinden değerlendirilmemesi; redoks homeostazi ve kas hasarı göstergelerinin zaman içindeki seyrinin de dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır (Özdek ve ark., 2026).

Toparlanma sürecinde oksidatif stres göstergelerinin değerlendirilmesi, kalp atım hızı değişkenliği ve laktat ölçümlerine ek bir fizyolojik katman sağlayabilir. Ancak redoks biyobelirteçleri birbirinden farklı kinetik özelliklere sahiptir. Sistematik derleme ve meta-analiz bulguları, glutatyon ve F2-izoprostan yanıtlarının egzersizden hemen sonra veya ilk saatlerde belirginleştiğini, protein karbonillerindeki değişimlerin ise kas hasarı oluşturan protokollerde daha gecikmiş dönemlerde görülebileceğini göstermektedir (Stachteas et al., 2025). Bu nedenle tek bir egzersiz sonrası kan örneği, redoks toparlanmasının tamamını temsil etmeyebilir.

Redoks yanıtı aynı zamanda adaptasyonun bir parçasıdır. Egzersizle oluşan kontrollü oksidan sinyaller nükleer faktör eritroid 2 ile ilişkili faktör 2 (Nrf2), peroksizom proliferatörü ile aktive edilen reseptör gama koaktivatörü 1-alfa (PGC-1 α) ve diğer redoks-duyarlı yollar aracılığıyla endojen savunma ve mitokondriyal adaptasyonlara katkı sağlayabilir. Bu nedenle toparlanma amacıyla fizyolojik stresin tamamını mümkün olduğunca hızlı biçimde baskılamaya çalışmak her zaman gerekli veya avantajlı değildir. Özellikle kronik antioksidan stratejilerinin doz ve zamanlaması, kısa vadeli toparlanma hedefleri ile uzun vadeli adaptasyon arasındaki denge dikkate alınarak değerlendirilmelidir (Powers & Schrager, 2022; Gonzalez et al., 2026).

Ölçüm Zamanlaması ve Standardizasyon

Toparlanma araştırmalarında 'ne ölçüldüğü' kadar 'ne zaman ölçüldüğü' de önemlidir. Egzersizden hemen sonraki kalp atım hızı değişkenliği, ilk 5–10 dakika, 30 dakika sonrası ve ertesi sabah ölçümleri aynı fizyolojik soruyu yanıtlamaz. Benzer şekilde kan laktatının egzersiz bitiminden hemen sonra, birkaç dakika sonra veya toparlanmanın ilerleyen döneminde ölçülmesi farklı kinetik noktaları temsil eder (Brooks, 2018; Addleman et al., 2024).

Kalp atım hızı değişkenliği ölçümlerinde vücut pozisyonu, solunum, kayıt uzunluğu, artefakt düzeltme yöntemi, kullanılan cihaz/yazılım ve günün saati standartlaştırılmalıdır. Laktat ölçümlerinde örnekleme bölgesi, cihaz, ölçüm zamanları ve aktif toparlanmanın şiddeti açıkça raporlanmalıdır. Özellikle farklı toparlanma koşullarında postür değişiyorsa, postürün otonom yanıt üzerindeki bağımsız etkisi potansiyel bir karıştırıcı olarak değerlendirilmelidir (Addleman et al., 2024; Mirto et al., 2024).

Sporcularda Uygulama: Hangi Belirteç, Ne Zaman?

Saha uygulamasında en iyi yaklaşım, mümkün olan en fazla veriyi toplamak değil, karar vermeyi değiştirecek en az sayıda güvenilir göstergenin standardize biçimde izlenmesidir. Günlük kalp atım hızı değişkenliği eğilimi, dinlenik kalp hızı, algılanan toparlanma ve uyku gibi düşük maliyetli göstergeler antrenman yüküyle birlikte değerlendirilebilir. Kan laktatı ise her gün kullanılacak genel bir 'hazır oluş' göstergesinden çok, belirli egzersiz protokollerinin metabolik yükünü ve akut toparlanma kinetiğini incelemek için daha uygundur (Addleman et al., 2024; Cook & Charest, 2023).

Toparlanma yönteminin seçimi de bağlama göre yapılmalıdır. Aynı gün yeniden yarışacak bir sporcu için hızlı yeniden performans, ağırlık kontrolü ve termal rahatlık öncelikli olabilir. Uzun dönemli antrenman döneminde ise sürekli olarak her fizyolojik stres yanıtını baskılamaya çalışmak gerekli

değildir. Müdahale; spor branşı, sonraki yüklenmeye kalan süre, bireysel tercih ve ölçülen çıktılar dikkate alınarak bireyselleştirilmelidir (Li et al., 2024; Querido et al., 2022).

Uygulamada çok boyutlu izlem, her sporcudan sürekli laboratuvar örneği alınması anlamına gelmez. Kalp atım hızı değişkenliği, dinlenik kalp hızı, algılanan toparlanma, uyku ve seçilmiş performans testleri saha düzeyinde düzenli izlenebilir; kan laktatı veya redoks biyobelirteçleri ise belirli araştırma soruları, yoğun yüklenme blokları veya protokol değerlendirmeleri için kullanılabilir. Böylece ölçüm yükü artırılmadan farklı fizyolojik sistemlerin birbirinden ayrılan toparlanma zamanları hakkında daha güvenilir karar desteği sağlanabilir. (Addleman et al., 2024; Li et al., 2024).

Egzersiz ve toparlanma sürecinin etkili biçimde yönetilmesi, yalnızca egzersiz sonrası göstergelerin izlenmesini değil, egzersiz öncesi hazırlık uygulamalarının da sistematik biçimde planlanmasını gerektirir. Bu kapsamda Ünlü, Özdek, et al. (2026), beden eğitimi öğretmenlerinin ısınma aktivitelerine yönelik görüşlerini inceleyerek ısınma uygulamalarının egzersiz sürecinin önemli bir bileşeni olarak değerlendirildiğini ortaya koymuştur. Bu yaklaşım, egzersiz öncesi hazırlık ile egzersiz sonrası toparlanmanın birbirinden bağımsız süreçler olarak değil, fiziksel yükün bütüncül yönetiminin tamamlayıcı bileşenleri olarak ele alınmasının önemini desteklemektedir.

Egzersiz Türü ve Şiddetine Göre Toparlanma Yanıtlarının Farklılaşması

Toparlanmanın zaman seyri, uygulanan egzersizin fizyolojik talebinden bağımsız düşünülemez. Uzun süreli dayanıklılık egzersizi, yüksek şiddetli aralıklı egzersiz, tekrarlı sprintler ve direnç egzersizi benzer düzeyde algılanan yorgunluk oluşturabilse de otonom, metabolik ve nöromusküler sistemlerde aynı yanıt profilini meydana getirmez. Örneğin yüksek şiddetli ve tekrarlı sprint karakterindeki yüklenmeler belirgin glikolitik katkı nedeniyle kan laktatında hızlı artışa yol açabilirken, uzun süreli dayanıklılık yüklenmeleri kardiyovasküler ve otonom stresin daha uzun süre devam ettiği bir toparlanma profili oluşturabilir. Direnç egzersizlerinde ise lokal kas yorgunluğu, mekanik gerilim ve kas hasarıyla ilişkili süreçler toparlanmanın değerlendirilmesinde daha belirgin hale gelebilir. Bu nedenle aynı toparlanma stratejisinin farklı egzersiz modelleri sonrasında benzer büyüklükte etki göstermesi beklenmemelidir (Li et al., 2024; Hou et al., 2026).

Egzersiz şiddeti arttıkça parasempatik geri çekilme ve egzersiz sonrası otonom yeniden düzenlenmenin süresi de değişebilir. Kalp atım hızı değişkenliğinin egzersizden hemen sonraki düşük değerleri, özellikle yoğun

yüklenmelerden sonra kardiyak vagal modülasyonun henüz başlangıç düzeyine dönmediğini gösterebilir. Bununla birlikte bu yanıt, performans kapasitesindeki azalma ile bire bir örtüşmek zorunda değildir. Bir sporcu belirli bir performans testini yeniden üretebilirken kalp atım hızı değişkenliği göstergeleri halen baskılanmış olabilir veya bunun tersi görülebilir. Bu nedenle kalp atım hızı değişkenliğinin antrenman yükü ve toparlanma bağlamında kullanımı, egzersiz türü, ölçüm zamanı ve sporcunun bireysel bazal değerleriyle birlikte ele alınmalıdır (Addleman et al., 2024; Mirto et al., 2024) (Leal-Menezes et al., 2025).

Metabolik açıdan da benzer bir ayrım söz konusudur. Kan laktatının yüksek olması tek başına yorgunluğun derecesini tanımlamadığı gibi, laktat konsantrasyonunun hızla azalması da kas glikojeninin yenilendiğini, nöromusküler fonksiyonun tamamen geri döndüğünü veya oksidatif dengenin yeniden kurulduğunu göstermez. Laktatın üretimi, dolaşıma geçişi, farklı dokular arasında taşınması ve oksidatif substrat olarak kullanılması dinamik bir süreçtir. Brooks'un (2018) laktat shuttle yaklaşımı, laktatın yalnızca egzersiz sırasında oluşan ve uzaklaştırılması gereken bir son ürün değil, hücreler ve dokular arasında karbon ve enerji taşınmasında rol alan bir metabolit olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çerçevede, toparlanma çalışmalarında laktat sonuçlarının daha dikkatli yorumlanmasını gerektirir.

Kalp Atım Hızı Değişkenliği Parametrelerinin Toparlanma Açısından Yorumlanması

Kalp atım hızı değişkenliği analizinde kullanılan parametrelerin fizyolojik anlamları birbirinden farklıdır ve bu parametrelerin tek bir 'toparlanma skoru' altında değerlendirilmesi önemli bilgi kaybına yol açabilir. Zaman alanı ölçütlerinden ardışık normal atımlar arasındaki farkların karelerinin ortalamasının karekökü, kısa dönemli ardışık R-R aralığı değişimlerine duyarlı olması nedeniyle sporcu izlemlerinde vagal modülasyonun değerlendirilmesinde sık kullanılmaktadır. Normal-normal aralıkların standart sapması ise kayıt süresindeki toplam değişkenliği yansıtır ve ölçüm süresine daha duyarlıdır. Frekans alanında yüksek frekanslı bileşen, solunumsal ritimlerle ilişkili kardiyak vagal modülasyon hakkında bilgi sağlarken düşük frekanslı bileşen daha karmaşık fizyolojik mekanizmaların etkisi altındadır. Bu nedenle düşük frekanslı bileşenin doğrudan sempatik aktiviteyi, düşük frekans/yüksek frekans oranının ise basit biçimde 'sempatik-parasempatik dengesi' temsil ettiği yaklaşımı güncel yorumlamada ihtiyatla ele alınmalıdır (Addleman et al., 2024).

Kalp atım hızı değişkenliğinin toparlanma izlemi açısından güçlü yönlerinden biri girişimsel olmayan olması ve sık tekrar edilebilmesidir. Ancak bu avantaj, ölçüm standardizasyonu sağlanmadığında kolaylıkla zayıflayabilir. Sabah ve akşam ölçümleri, oturur ve yatar pozisyonlar, spontan ve kontrollü solunum koşulları veya farklı kayıt uzunlukları aynı sporcuda farklı sonuçlar oluşturabilir. Ayrıca yoğun egzersizden hemen sonraki kısa süreli kayıtlar ile ertesi sabah dinlenik koşullarda yapılan ölçümler farklı fizyolojik sorulara yanıt verir. Dolayısıyla araştırmalarda cihaz, yazılım, kayıt süresi, vücut pozisyonu, artefakt düzeltme yöntemi ve analiz edilen kalp atım hızı değişkenliği ölçütü açık biçimde belirtilmelidir (Addleman et al., 2024; Mirto et al., 2024).

Saha uygulamasında ise mutlak bir ardışık normal atımlar arası farkların karelerinin ortalamasının karekökü veya yüksek frekans değeri üzerinden tüm sporcular için ortak bir 'hazır/hazır değil' sınırı belirlemek yerine, sporcunun kendi referans aralığına göre değişimi izlemek daha anlamlıdır. Tek günlük düşüşler uyku, psikolojik stres, hidrasyon, seyahat, kafein kullanımı veya ölçüm hatası gibi birçok etkenden kaynaklanabilir. Buna karşılık birkaç gün boyunca devam eden ve antrenman yükü, algılanan toparlanma veya dinlenik kalp hızı gibi diğer göstergelerle aynı yönde ilerleyen değişimler daha güçlü bir karar desteği sunabilir. Bu yaklaşım kalp atım hızı değişkenliğini tek başına karar veren bir ölçüm olmaktan çıkarıp çok boyutlu izleme sisteminin bir parçası haline getirir (Addleman et al., 2024; Mirto et al., 2024).

Laktat Uzaklaştırılması ile Performans Toparlanması Arasındaki Ayrım

Aktif toparlanmanın kan laktatını pasif dinlenmeye göre daha hızlı azaltabildiği uzun süredir bilinmektedir. Düşük veya orta şiddette devam eden kas aktivitesi, dolaşımı ve oksidatif metabolizmayı sürdürerek laktatın oksidatif dokularda kullanılmasını kolaylaştırabilir. Özellikle kısa aralıklarla tekrarlanan yüksek şiddetli yüklenmelerde bu özellik uygulama açısından anlamlı olabilir. Nitekim dövüş sporlarına ilişkin güncel kapsam derlemesi, aktif toparlanmanın akut kan laktatı azalması açısından yararlı olabileceğini göstermektedir (Trybulski et al., 2026). Bununla birlikte aktif toparlanmanın her durumda tercih edilmesi gerektiği sonucu çıkarılmamalıdır.

Aktif toparlanma aynı zamanda ek enerji harcaması ve kas aktivitesi gerektirir. Eğer sonraki performansa kadar uzun bir süre varsa veya temel hedef enerji depolarının yenilenmesi ve mekanik yükün azaltılmasıysa, pasif toparlanma pratik açıdan daha uygun olabilir. Ayrıca kan laktatındaki daha hızlı düşüşün sprint, sıçrama, kuvvet veya dayanıklılık performansının aynı hızda geri döndüğü anlamına gelmediği unutulmamalıdır. Toparlanma stratejilerine

ilişkin üst düzey sentezler, fizyolojik ve algısal göstergelerde görülen iyileşmelerin performans çıktılarında her zaman aynı büyüklükte karşılık bulmadığını göstermektedir (Li et al., 2024; Querido et al., 2022).

Bu nedenle laktat ölçümü, özellikle araştırma tasarımında sorulan soruyla eşleştirilmelidir. Amaç farklı toparlanma yöntemlerinin akut metabolik kinetik üzerindeki etkisini karşılaştırmaksa seri laktat ölçümleri oldukça değerlidir. Buna karşılık amaç sporcunun ertesi gün antrenmana hazır olup olmadığını belirlemekse, dinlenik laktat tek başına sınırlı bilgi sağlayacaktır. Böyle bir durumda kalp atım hızı değişkenliği, algılanan toparlanma, uyku, kas ağrısı ve branşa özgü performans göstergeleri daha işlevsel bir izleme paketi oluşturabilir.

Toparlanmayı Etkileyen Bireysel ve Çevresel Faktörler

Toparlanma yanıtlarındaki bireyler arası değişkenlik, aynı protokolün neden tüm sporcularda aynı sonucu oluşturmadığını açıklayan temel unsurlardan biridir. Antrenman yaşı, aerobik kapasite, mevcut yorgunluk düzeyi, önceki günlerdeki antrenman yükü, uyku süresi ve kalitesi, hidrasyon durumu, enerji ve karbonhidrat alımı, psikolojik stres ve çevresel koşullar egzersiz sonrası yanıtın büyüklüğünü değiştirebilir. Bu nedenle grup ortalamalarına dayanan araştırma sonuçları saha uygulamasına aktarılırken bireysel yanıtların göz ardı edilmemesi gerekir.

Antrenman düzeyi özellikle otonom toparlanma açısından önemlidir. Düzenli dayanıklılık antrenmanı yapan bireylerde dinlenik vagal modülasyon ve kardiyovasküler uyum, daha düşük antrenman düzeyine sahip bireylerden farklı olabilir. Benzer biçimde aynı dış yük, kondisyon düzeyi yüksek bir sporcu için orta düzeyde iç yük oluştururken daha düşük kondisyonlu bir sporcu için belirgin fizyolojik stres yaratabilir. Bu durum kalp atım hızı değişkenliği ve kalp hızı toparlanması gibi göstergelerin bireysel bağlamda yorumlanmasını destekler. Futbolcularda kalp atım hızı değişkenliği kullanımını inceleyen literatür de standart bir protokol üzerinde tam fikir birliği bulunmadığını ve bireysel eğilimlerin önemini vurgulamaktadır (Mirto et al., 2024).

Çevresel sıcaklık ve sıvı kaybı da toparlanma sürecinin yorumunu etkileyebilir. Sıcak ortamda yapılan egzersiz, kardiyovasküler yükü ve termoregülasyon gereksinimini artırarak egzersiz sonrasında kalp hızının daha uzun süre yüksek kalmasına katkıda bulunabilir. Benzer şekilde yetersiz uyku veya yoğun psikolojik stres, sporcunun algısal toparlanma skorlarını ve otonom göstergelerini etkileyebilir. Bu nedenle saha izlemlerinde yalnızca 'bugünkü kalp atım hızı değişkenliği değeri' veya 'bugünkü kas ağrısı' yerine, ölçümün gerçekleştiği bağlamı açıklayan kısa uyku, stres, kas ağrısı ve iyi oluş

kayıtlarının tutulması daha güvenilir yorum sağlar (Evans et al., 2017; Cook & Charest, 2023; Damoun et al., 2024).

Cinsiyet, yaş ve diğer biyolojik özellikler, özellikle kalp atım hızı değişkenliği gibi otonom göstergelerin yorumlanmasında dikkate alınmalıdır. Kalp atım hızı değişkenliğini etkileyen fizyolojik faktörler arasında yaş ve cinsiyetin de yer aldığı; bu nedenle farklı örneklemelerden elde edilen değerlerin bağlamdan bağımsız biçimde karşılaştırılmaması gerektiği bildirilmektedir. Toparlanma çalışmalarında örneklem yaş, cinsiyet ve antrenman özelliklerinin açıkça raporlanması, bulguların genellenebilirliğinin daha doğru değerlendirilmesine katkı sağlar (Damoun et al., 2024).

Akut Toparlanma ile Uzun Dönem Adaptasyon Arasındaki Denge

Toparlanma uygulamalarında önemli fakat zaman zaman gözden kaçan bir konu, akut rahatlatma ile uzun dönemli antrenman adaptasyonunun aynı hedef olmamasıdır. Müsabaka takviminin sıkışık olduğu bir dönemde kas ağrısını azaltmak, termal konfor sağlamak veya kısa sürede yeniden performans gösterebilmek öncelikli olabilir. Buna karşılık gelişim dönemindeki bir antrenman bloğunda egzersizin oluşturduğu fizyolojik sinyallerin tamamını mümkün olduğunca hızlı baskılamak her zaman istenen sonuç olmayabilir. Egzersizle oluşan redoks sinyalleri bu ayrımın önemli örneklerinden biridir.

Reaktif oksijen ve nitrojen türleri aşırı düzeylerde hücrel hasarla ilişkili olabilmekle birlikte, fizyolojik düzeylerde antrenmana uyum sağlayan sinyal yollarının bir parçasıdır. Redoks-duyarlı mekanizmalar mitokondriyal biyogenez, endojen antioksidan savunma ve iskelet kasının yeniden yapılanmasıyla ilişkili süreçlere katkı sağlayabilir (Powers et al., 2020; Powers & Schrager, 2022; Sies, 2021). Bu nedenle oksidatif stres kavramını yalnızca 'ne kadar az, o kadar iyi' biçiminde yorumlamak egzersiz fizyolojisinin adaptif yönünü gözden kaçırabilir.

Benzer tartışma soğuk su immersiyonu ve antioksidan stratejileri için de geçerlidir. Soğuk su immersiyonu akut dönemde kas ağrısı ve bazı toparlanma göstergelerinde yarar sağlayabilir; ancak yöntemin kullanım amacı, sıklığı ve antrenman dönemindeki yeri dikkate alınmalıdır (Moore et al., 2023; Hou et al., 2026). Antioksidan yaklaşımında da doz, besin kaynağı, zamanlama ve sporcunun mevcut durumu önemlidir. Güncel spor beslenmesi yaklaşımı, antioksidanların performans ve toparlanmadaki rolünü tek yönlü bir 'oksidanları ortadan kaldırma' hedefinden ziyade redoks homeostazı ve adaptasyon bağlamında değerlendirmektedir (Gonzalez et al., 2026).

Pratik sonuç, toparlanma yöntemlerinin dönemsel olarak planlanması gerektiğidir. Turnuva, kamp veya kısa aralıklı müsabaka dönemlerinde hızlı

yeniden performans önceliği daha agresif akut toparlanma uygulamalarını gerekçelendirebilir. Temel hazırlık veya adaptasyon odaklı antrenman dönemlerinde ise her seanstan sonra aynı müdahaleyi otomatik olarak uygulamak yerine, müdahalenin gerçekten gerekli olup olmadığı sorgulanmalıdır. Böylece toparlanma, antrenmanın karşıtı değil, antrenman hedefleriyle birlikte planlanan bir yük yönetimi bileşeni haline gelir.

Antrenör ve Sporcu İçin Pratik Karar Çerçevesi

Bilimsel bulguların saha uygulamasına aktarılmasında temel soru 'en iyi toparlanma yöntemi hangisidir?' değil, 'bu sporcu için şu anda hangi çıktının toparlanması önceliklidir?' olmalıdır. Bir sonraki yüklenmeye kalan süre, yapılan egzersizin niteliği, sporcunun semptomları ve erişilebilir ölçüm araçları birlikte değerlendirilmelidir. Aynı gün yeniden yarışacak bir sporcuyla 48-72 saat sonra antrenmana çıkacak bir sporcunun toparlanma hedefleri doğal olarak farklıdır. Bu nedenle karar verme süreci zaman penceresine göre yapılandırılabilir (Li et al., 2024; Querido et al., 2022).

Tablo 2. Zaman penceresine göre pratik toparlanma değerlendirmesi.

Zaman	Öncelikli Amaç	İzlenebilecek Göstergeler	Uygulama Yaklaşımı
0-2 saat	Akut yeniden performans ve semptom kontrolü	Kalp hızı, laktat, algılanan efor derecesi / algılanan toparlanma durumu, termal rahatlık	Sıvı-besin desteği; hedefe göre aktif/pasif toparlanma veya soğuk su immersiyonu
2-24 saat	Otonom ve algısal toparlanmanın izlenmesi	Kalp atım hızı değişkenliği, dinlenik kalp hızı, uyku, gecikmiş başlangıçlı kas ağrısı, iyi oluş	Standardize izlem; gereksiz ek yükten kaçınma; bireysel tercih
24-48 saat	Fonksiyonel kapasitenin geri kazanılması	Aktif sıçrama testi, sprint/kuvvet, gecikmiş başlangıçlı kas ağrısı, kalp atım hızı değişkenliği eğilimi	Branşa özgü performans göstergeleriyle yeniden değerlendirme
48-72 saat	Yeni yüklenmeye hazırlık	Performans testi, kalp atım hızı değişkenliği trendi, algısal durum	Tek değerden çok çoklu göstergeler ve bireysel bazal düzey üzerinden karar

Bu çerçeve katı bir klinik karar algoritması olarak değil, ölçümlerin doğru soruyla eşleştirilmesini sağlayan pratik bir yaklaşım olarak düşünülmelidir. Örneğin egzersizden 10 dakika sonra yüksek kan laktatı saptanması, ertesi gün sporcunun antrenmana hazır olmayacağını tek başına göstermez. Benzer şekilde ertesi sabah kalp atım hızı değişkenliğinin bireysel bazal aralığa dönmesi de kas fonksiyonunun

veya algılanan toparlanmanın tamamen normale geldiğini kanıtlamaz. Kararın güvenilirliği, farklı fizyolojik boyutlardan elde edilen az sayıda fakat anlamlı göstergenin birlikte yorumlanmasıyla artar (Addleman et al., 2024; Li et al., 2024).

Takım sporlarında uygulama daha da bağlama bağımlıdır. Yoğun maç takviminde amaç bir sonraki karşılaşmaya kadar ağrı ve yorgunluğu azaltmak, uyku ve beslenmeyi desteklemek ve performans kapasitesini mümkün olduğunca korumaktır. Profesyonel futboldaki kanıtlar, masaj ve soğuk su immersiyonu gibi yöntemlerin özellikle algısal toparlanmada yarar sağlayabileceğini; fiziksel ve fizyolojik çıktılardaki etkinin ise daha değişken olduğunu göstermektedir (Querido et al., 2022). Bu nedenle oyuncunun yönetime ilişkin tercihi ve yöntemin lojistik uygulanabilirliği de bilimsel kanıt kadar saha kararının parçasıdır.

Sonuç olarak pratik izlem sisteminin karmaşık olması gerekmez. Standardize edilmiş sabah kalp atım hızı değişkenliği ölçümü, dinlenik kalp hızı, kısa bir algılanan toparlanma/iyi oluş ölçeği, uyku bilgisi ve haftanın belirli günlerinde kullanılan basit bir performans testi birçok saha ortamında yeterli bir temel oluşturabilir. Laboratuvar temelli laktat, redoks veya kas hasarı ölçümleri ise her gün uygulanması gereken zorunlu göstergeler olmaktan çok, belirli araştırma sorularında veya yoğun yüklenme dönemlerinde daha ayrıntılı fizyolojik profil elde etmek için kullanılmalıdır. Böyle bir sistem, ölçüm sayısını artırmak yerine karar kalitesini artırmayı hedefler (Addleman et al., 2024; Cook & Charest, 2023).

Giyilebilir Teknolojiler ve Bireyselleştirilmiş Toparlanma

Giyilebilir teknolojilerin spor ve fiziksel aktivite izlemedeki kullanım alanı yalnızca kalp atım hızı değişkenliği ile sınırlı değildir. Özdek et al. (2025), ortaokul öğrencilerinde fiziksel aktiviteyi öz-bildirim araçlarının yanı sıra Polar Ignite® akıllı saatlerle 48 saat boyunca objektif olarak izlemiştir. Benzer biçimde Ünlü, Aktaş, et al. (2026), erken adölesanlarda fiziksel aktiviteyi vücut kütle indeksi, ekran maruziyeti ve psikolojik iyi oluş gibi farklı sağlık göstergeleriyle birlikte değerlendirmiştir. Bu çalışmalar akut egzersiz sonrası toparlanmayı doğrudan incelememekle birlikte, fiziksel aktivite ve sağlık izleminin çok boyutlu ele alınmasına ilişkin uygulamalı örnekler sunmaktadır.

Göğüs bantları, optik sensörler, akıllı saatler ve mobil uygulamalar kalp atım hızı değişkenliğinin saha koşullarında daha erişilebilir hale gelmesini sağlamıştır. Bununla birlikte cihazın kalp atım hızı değişkenliği ölçebiliyor olması, ürettiği her 'toparlanma/hazır oluş' skorunun fizyolojik olarak eşdeğer olduğu anlamına gelmez. Tescilli algoritmalar farklı girdiler kullanabilir ve algoritmanın nasıl ağırlıklandırıldığı kullanıcı tarafından bilinmeyebilir. Bu nedenle araştırma amaçlı uygulamalarda ham ardışık R dalgaları arasındaki aralıklar, artefakt yönetimi ve

kullanılan kalp atım hızı değişkenliği ölçütünün açık biçimde raporlanması önemlidir (Addleman et al., 2024; Damoun et al., 2024).

Bireyselleştirilmiş izlemde tek ölçüm yerine kişinin kendi bazal dağılımı ve birkaç günlük eğilimleri daha değerlidir. Addleman et al. (2024) tarafından yayımlanan güç ve kondisyon alanındaki anlatı derlemesi, kalp atım hızı değişkenliğinin antrenman durumunu ve toparlanmayı değerlendirmede yararlı olabileceğini, ancak farklı sporcu popülasyonlarında duyarlılığının aynı olmadığını vurgulamaktadır. Dolayısıyla algoritmik 'hazır oluş' skorları antrenör kararını destekleyen araçlar olarak görülmeli, kararın kendisi haline getirilmemelidir.

Gelecekteki Araştırmalar İçin Öncelikler

Gelecekteki toparlanma çalışmalarının tek bir biyobelirteç yerine otonom, metabolik, nöromusküler, performans ve algısal göstergeleri aynı protokol içinde değerlendirmesi yararlı olacaktır. Özellikle toparlanma yöntemlerinin etkilerinin akut ve gecikmiş zaman pencerelerinde ayrıştırılması, sporcu cinsiyeti ve antrenman düzeyinin dikkate alınması, müdahale dozunun ayrıntılı raporlanması ve postür gibi karıştırıcı değişkenlerin kontrol edilmesi önemlidir (Damoun et al., 2024; Li et al., 2024).

Kalp atım hızı değişkenliği açısından standardize kayıt protokolleri ve açık artefakt işleme raporlaması; laktat açısından ise örnekleme zamanının kinetik profile uygun seçilmesi gereklidir. Ayrıca biyobelirteçlerdeki değişimin gerçekten performansın yeniden kazanılması veya sakatlık riski gibi anlamlı saha sonuçlarına ne ölçüde dönüştüğünü inceleyen çalışmalar, toparlanma biliminin uygulama değerini artıracaktır (Brooks, 2018; Damoun et al., 2024).

Sonuç

Egzersiz sonrası toparlanma, tek bir fizyolojik sistemin başlangıç değerine dönmesinden daha karmaşık bir süreçtir. Kalp atım hızı değişkenliği otonom yeniden düzenlenme, kan laktatı metabolik kinetik, performans testleri fonksiyonel kapasite ve algısal ölçekler sporcunun öznel durumu hakkında birbirini tamamlayan bilgiler sağlar. Bu göstergelerden herhangi birinin tek başına 'tam toparlanma' ölçütü olarak kullanılması yanıltıcı olabilir.

Aktif toparlanma, spor masajı, köpük rulo, tüm vücut titreşimi ve soğuk su immersiyonu gibi yöntemlerin etkileri hedeflenen çıktıya, uygulama dozuna, egzersiz türüne ve değerlendirme zamanına göre değişmektedir. Güncel kanıtlar, bütün sporcular için her koşulda üstün tek bir toparlanma yöntemi olmadığını düşündürmektedir. Bu nedenle en uygun yaklaşım; bilimsel kanıt, bireysel yanıt, sonraki performans gereksinimi ve uygulanabilirliği birlikte dikkate alan çok boyutlu ve bireyselleştirilmiş toparlanma izlemesidir.

KAYNAKLAR

- Addleman, J. S., Lackey, N. S., DeBlauw, J. A., & Hajduczuk, A. G (2024). Heart rate variability applications in strength and conditioning: A narrative review. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 9(2), 93. <https://doi.org/10.3390/jfmk9020093>
- Brooks, G. A (2018). The science and translation of lactate shuttle theory. *Cell Metabolism*, 27(4), 757–785. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2018.03.008>
- Budak, H., & Özdek, B (2025). Otonom sinir sistemi aktivasyonlarında kalp atım hızı değişkenliğinin rolü. In M. Açıkan & H. Abanoz (Eds.), *Spor & Bilim 2025: Sporcu Sağlığı* (pp. 97–112). Efe Akademi. <https://doi.org/10.59617/efepub2025134>
- Chen, R., Ma, X., Ma, X., & Cui, C (2024). The effects of hydrotherapy and cryotherapy on recovery from acute post-exercise induced muscle damage—A network meta-analysis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 25(1), 749. <https://doi.org/10.1186/s12891-024-07315-2>
- Cook, J. D., & Charest, J (2023). Sleep and performance in professional athletes. *Current Sleep Medicine Reports*, 9(1), 56–81. <https://doi.org/10.1007/s40675-022-00243-4>
- Damoun, N., Amekran, Y., Taiek, N., & El Hangouche, A. J (2024). Heart rate variability measurement and influencing factors: Towards the standardization of methodology. *Global Cardiology Science & Practice*, 2024(4), e202435. <https://doi.org/10.21542/gcsp.2024.35>
- Davis, H. L., Alabed, S., & Chico, T. J. A (2020). Effect of sports massage on performance and recovery: A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 6(1), e000614. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000614>
- Evans, G. H., James, L. J., Shirreffs, S. M., & Maughan, R. J (2017). Optimizing the restoration and maintenance of fluid balance after exercise-induced dehydration. *Journal of Applied Physiology*, 122(4), 945–951. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00745.2016>
- Galvez-Rodriguez, C., Valenzuela-Reyes, P., Fuentealba-Sepúlveda, S., Farias-Valenzuela, C., & Espinoza Salinas, A (2025). Cold water immersion, heart rate variability and post-exercise recovery: A systematic review. *Physiotherapy Research International*, 30(2), e70033. <https://doi.org/10.1002/pri.70033>
- Gomez-Cabrera, M. C., Carretero, A., Millan-Domingo, F., Garcia-Dominguez, E., Correias, A. G., Olaso-Gonzalez, G., & Viña, J (2021). Redox-related biomarkers in physical exercise. *Redox Biology*, 42, 101956. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2021.101956>

- Gonzalez, D. E., Dickerson, B. L., Roberts, B. M., Kurtz, J. A., Waldman, H. S., Gonzalez, A. M., McAllister, M. J., Heilesen, J. L., Bloomer, R. J., Arent, S. M., Candow, D. G., Stout, J. R., Hecht, K. A., Campbell, B., Kerksick, C. M., Kalman, D., Antonio, J., & Kreider, R. B (2026). International Society of Sports Nutrition position stand: Effects of dietary antioxidants on exercise and sports performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 23(1), 2629828. <https://doi.org/10.1080/15502783.2026.2629828>
- Hou, C., Yin, W., & Qiao, F (2026). Acute and delayed effects of post-exercise recovery strategies on explosive performance and markers of muscle damage: A systematic review and network meta-analysis. *Healthcare*, 14(10), 1321. <https://doi.org/10.3390/healthcare14101321>
- Kang, S. R., Min, J.-Y., Yu, C., & Kwon, T.-K (2017). Effect of whole body vibration on lactate level recovery and heart rate recovery in rest after intense exercise. *Technology and Health Care*, 25(S1), 115–123. <https://doi.org/10.3233/THC-171313>
- Karahan, M., & Özdek, B (2024). Sıklet sporcularında hızlı vücut ağırlığı kaybı ile ilişkili oksidatif stres ve kas hasarı. In P. Avcı (Ed.), *Spor Bilimlerinde Farklı Dinamikler-I* (pp. 29–56). Özgür Yayınları. <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub639.c2719>
- Laborde, S., Wanders, J., Mosley, E., & Javelle, F (2024). Influence of physical post-exercise recovery techniques on vagally-mediated heart rate variability: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 44(1), 14–35. <https://doi.org/10.1111/cpf.12855>
- Leal-Menezes, R., Rodrigues-Krause, J., Dos Santos, G. C., Queiroz, J. N., da Silva, C. S., Umpierre, D., & Reischak-Oliveira, A (2025). High-intensity interval aerobic exercise delays recovery from heart rate variability: A systematic review with meta-analysis. *Clinical Autonomic Research*, 35(3), 365–379. <https://doi.org/10.1007/s10286-024-01103-7>
- Li, S., Kempe, M., Brink, M., & Lemmink, K (2024). Effectiveness of recovery strategies after training and competition in endurance athletes: An umbrella review. *Sports Medicine - Open*, 10(1), 55. <https://doi.org/10.1186/s40798-024-00724-6>
- Margaritelis, N. V., Paschalis, V., Theodorou, A. A., Kyparos, A., & Nikolaidis, M. G (2020). Redox basis of exercise physiology. *Redox Biology*, 35, 101499. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101499>
- Mirto, M., Filipas, L., Altini, M., Codella, R., & Meloni, A (2024). Heart rate variability in professional and semiprofessional soccer: A scoping review.

- Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 34(6), e14673. <https://doi.org/10.1111/sms.14673>
- Moore, E., Fuller, J. T., Bellenger, C. R., Saunders, S., Halson, S. L., Broatch, J. R., & Buckley, J. D (2023). Effects of cold-water immersion compared with other recovery modalities on athletic performance following acute strenuous exercise in physically active participants: A systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Sports Medicine*, 53(3), 687–705. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01800-1>
- Özdek, B., Aktaş, Ö., Ünlü, H., & Karahan, M (2025). Examination of factors associated with the risk of childhood obesity: Physical activity, life satisfaction, and nutritional behaviors. *Journal of Education and Recreation Patterns*, 6(2), 243–261. <https://doi.org/10.53016/jerp.v6i2.321>
- Özdek, B., Budak, H., Karaduman, E., Karaduman, E., Uzun, M. E., & Yılmaz, A. K. (2026). Effects of rapid weight loss and rapid weight regain on oxidant status and muscle damage in judo athletes. *Frontiers in Physiology*, 17, 1953888. <https://doi.org/10.3389/fphys.2026.1953888>
- Poppendieck, W., Wegmann, M., Ferrauti, A., Kellmann, M., Pfeiffer, M., & Meyer, T (2016). Massage and performance recovery: A meta-analytical review. *Sports Medicine*, 46(2), 183–204. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0420-x>
- Powers, S. K., & Schrager, M (2022). Redox signaling regulates skeletal muscle remodeling in response to exercise and prolonged inactivity. *Redox Biology*, 54, 102374. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2022.102374>
- Powers, S. K., Deminice, R., Ozdemir, M., Yoshihara, T., Bomkamp, M. P., & Hyatt, H (2020). Exercise-induced oxidative stress: Friend or foe? *Journal of Sport and Health Science*, 9(5), 415–425. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.04.001>
- Querido, S. M., Radaelli, R., Brito, J., Vaz, J. R., & Freitas, S. R (2022). Analysis of recovery methods' efficacy applied up to 72 hours postmatch in professional football: A systematic review with graded recommendations. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(9), 1326–1342. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2022-0038>
- Sies, H (2021). Oxidative eustress: On constant alert for redox homeostasis. *Redox Biology*, 41, 101867. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2021.101867>
- Stachteas, C., Georgogiannis, N., Nastos, G. G., Chatzinikolaou, P. N., Dinas, P. C., Theodorou, A. A., Paschalis, V., Vrabas, I. S., Kyparos, A., Jamurtas, A. Z., Fatouros, I. G., Nikolaidis, M. G., & Margaritelis, N. V (2025). Optimal timing to assess exercise-induced oxidative stress: A

- systematic review and meta-analysis. *Experimental Physiology*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1113/EP092963>
- Trybulski, R., Kużdżał, A., Kawczyński, A., Klich, S., Muracki, J., & Clemente, F. M (2026). Postexercise physical recovery methods for combat sports: A scoping review. *International Journal of Sports Medicine*, 47(1), 3–23. <https://doi.org/10.1055/a-2615-3553>
- Ünlü, H., Aktaş, Ö., & Özdek, B (2026). Obesity prevalence, physical activity, screen exposure and psychological well-being: A study on early adolescents. *Turkish Journal of Sports Science*, 10(1), 28–37. <https://doi.org/10.32706/tusbid.1823789>
- Ünlü, H., Özdek, B., Filiz, B., & Konukman, F (2026). Perceptions of physical education teachers toward warm-up activities. *The Physical Educator*, 83(2). <https://doi.org/10.18666/TPE-2026-V83-I2-12888>
- Zhou, J., Jia, D., Mao, J., & Xu, Y (2024). Preventive effect of foam rolling on muscle soreness after exercise: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 40, 1890–1898. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2024.10.009>

3. Bölüm

Maksimal Kuvvet: Fizyolojik Temelleri, Değerlendirilmesi ve Atletik Performanstaki Rolü

Mehmet TAŞKIN¹

1. Giriş

Kuvvet, insan hareketinin temel biyomotor bileşenlerinden biridir ve sportif performansın yanı sıra günlük yaşam aktiviteleri, fiziksel işlevsellik ve sağlıklı yaşlanma açısından da belirleyici bir role sahiptir. Spor bilimleri literatüründe kuvvet; maksimal kuvvet, patlayıcı kuvvet, kuvvette devamlılık ve reaktif kuvvet gibi farklı görünümmler altında ele alınmaktadır. Bu özellikler birbirinden tamamen bağımsız değildir; aksine kas-iskelet sistemi ile merkezi ve periferik sinir sisteminin ortak işlevleri sonucunda ortaya çıkan nöromusküler kapasitenin farklı performans koşullarındaki yansımalarıdır. Maksimal kuvvet, bir kasın veya kas grubunun belirli bir görev sırasında istemli olarak oluşturabildiği en yüksek kuvvet düzeyi olarak tanımlanabilir. Dinamik koşullarda çoğunlukla bir tekrar maksimum (1TM/1RM), izometrik koşullarda ise maksimal istemli izometrik kasılma gibi ölçümlerle değerlendirilmektedir (Fleck & Kraemer, 2014; Suchomel et al., 2016).

Maksimal kuvvetin ortaya çıkışı yalnızca kasın büyüklüğüne bağlı değildir. Kasın fizyolojik kesit alanı, lif tipi özellikleri ve kas mimarisi gibi morfolojik değişkenlerin yanı sıra motor ünitelerin devreye alınması, ateşleme frekansı, istemli aktivasyon, kaslar arası koordinasyon ve antagonist koaktivasyonu gibi nöral faktörler de üretilen kuvvetin büyüklüğünü etkiler. Bu nedenle aynı kas kütleline sahip iki sporcunun farklı maksimal kuvvet düzeylerine sahip olması mümkündür. Özellikle direnç antrenmanının erken dönemlerinde görülen kuvvet artışlarının önemli bir kısmı, belirgin hipertrofiye önce ortaya çıkan nöral adaptasyonlarla açıklanmaktadır (Carroll et al., 2001; Folland & Williams, 2007).

Atletik performans bakımından maksimal kuvvet, sprint, sıçrama, yön değiştirme, mücadele ve fırlatma gibi yüksek şiddetli eylemler için bir “kuvvet rezervi” oluşturur. Bir sporcunun maksimal kuvvet kapasitesi yükseldiğinde, belirli bir sportif görev için gerekli mutlak kuvvet onun maksimal kapasitesinin daha düşük bir yüzdesine karşılık gelebilir. Bununla birlikte yüksek maksimal

¹ Dr., mehmettaskin027@gmail.com

kuvvetin tek başına yüksek sportif performansı garanti ettiği düşünülmemelidir. Kuvvetin kısa sürede üretilebilmesi, hareket yönüne aktarılabilmesi, teknik yeterlilik ve spor dalına özgü koordinasyon da performansın temel belirleyicileridir (Suchomel et al., 2016). Bu bölümde maksimal kuvvetin fizyolojik ve nöromüsküler temelleri, belirleyicileri, ölçüm yöntemleri, antrenman ilkeleri, kronik adaptasyonları ve atletik performansla ilişkisi güncel literatür ışığında bütüncül biçimde ele alınmaktadır.

Maksimal kuvvetin geliştirilmesi yalnızca yüksek mekanik yüklerin uygulanmasıyla sınırlı bir süreç değildir. Antrenman uyarısına verilen adaptasyonun sürdürülebilmesi, yüklenme ile toparlanma arasındaki dengenin korunmasına bağlıdır. Özellikle yüksek şiddetli egzersizlerden sonra ortaya çıkan yorgunluk, sonraki antrenmanlarda kuvvet üretme kapasitesini ve antrenman kalitesini etkileyebilir. Bu nedenle toparlanma, maksimal kuvvet gelişiminin antrenmandan bağımsız bir bileşeni değil, adaptasyon sürecinin ayrılmaz bir parçasıdır. Nitekim 227 sporcu üzerinde yapılan bir araştırmada bireysel ve takım sporcularının toparlanma bilgi düzeylerinin çoğunlukla orta düzeyde olduğu ve iki grup arasında anlamlı bir fark bulunmadığı bildirilmiştir; bu bulgu, toparlanma eğitiminin farklı sporcu gruplarında performans yönetiminin ortak bir unsuru olarak ele alınması gerektiğini düşündürmektedir (Budak, 2023a).

2. Maksimal Kuvvetin Fizyolojik ve Nöromüsküler Temelleri

Maksimal kuvvet, kasın kontraktıl özellikleri ile sinir sisteminin bu dokuyu etkin biçimde kullanabilme kapasitesinin ortak ürünüdür. Kuvvet üretimi sırasında merkezi sinir sistemi uygun motor nöron havuzlarını aktive eder; aksiyon potansiyelleri nöromüsküler kavşak üzerinden kas liflerine iletilir ve aktin-miyozin çapraz köprü döngüsü yoluyla mekanik gerilim oluşur. Kasın üretebileceği toplam kuvvet; aktif motor ünite sayısı, bu ünitelerin ateşleme davranışı, kasın uzunluğu, eklem açısı, kasılma tipi ve hareket hızı gibi çok sayıda etkene bağlıdır.

2.1. Sinirsel Uyum

Maksimal kuvvet gelişiminde motor ünite davranışının önemi son yıllarda yüksek yoğunluklu yüzey ve intramüsküler elektromiyografi çalışmalarıyla daha ayrıntılı biçimde ortaya konmuştur. Direnç antrenmanı sonrasında motor ünitelerin ateşleme frekansında ve yüksek eşikli motor ünitelerin kullanılabilirliğinde meydana gelen değişimler, özellikle erken dönemdeki kuvvet artışlarının açıklanmasında önemlidir. Del Vecchio ve arkadaşları (2019), kuvvet antrenmanının motor ünite ateşleme davranışını

değiştirebildiğini ve bunun kuvvet üretim kapasitesindeki artışa katkıda bulunduğunu göstermiştir. Güncel sistematik derleme ve meta-analizler de maksimal kuvvet antrenmanının EMG amplitüdü, kas kalınlığı, pennasyon açısı ve maksimal istemli kuvvet gibi nöromüsküler göstergelerde anlamlı adaptasyonlar oluşturduğunu desteklemektedir (Zhou et al., 2025).

Nöral adaptasyonların bir diğer boyutu kortikospinal sistemdeki değişikliklerdir. Kuvvet antrenmanı, yalnızca kas seviyesinde değil, motor korteks, spinal refleks yolları ve motor nöron havuzu düzeyinde de plastisite oluşturabilir. Aagaard ve arkadaşları (2002), direnç antrenmanı sonrasında nöral inhibisyonun azalması ve efferent motor çıkışın artmasıyla uyumlu değişiklikler bildirmiştir. Kidgell ve arkadaşları (2017) tarafından yapılan sistematik değerlendirme, direnç antrenmanının kortikospinal uyarılabilirlik ve inhibisyon üzerinde göreve özgü etkiler oluşturabileceğini göstermektedir. Bu bulgular, maksimal kuvvet kazanımının yalnızca “daha büyük kas” yaklaşımıyla açıklanamayacağını ortaya koymaktadır.

Direnç antrenmanının ilk haftalarında kuvvette gözlenen artışların tamamını kas hipertrofisiyle açıklamak mümkün değildir. Bu dönemde motor öğrenme, hareket tekniğinin gelişmesi ve sinir sisteminin mevcut kas kütlelerini daha etkin kullanması ön plana çıkar. Nöral adaptasyon; motor ünite katılımının artması, yüksek eşikli motor ünitelerin daha etkili devreye alınması, motor nöron ateşleme frekansındaki değişimler, istemli aktivasyonun gelişmesi ve kaslar arası koordinasyonun iyileşmesi gibi mekanizmaları içerir (Carroll et al., 2001).

Henneman’ın büyüklük ilkesine göre motor üniteler genel olarak düşük eşikli küçük motor ünitelerden yüksek eşikli büyük motor ünitelere doğru devreye alınır. Yüksek kuvvet gerektiren görevlerde yüksek eşikli motor ünitelerin katılımı artar. Ağır direnç antrenmanı, sporcunun bu motor üniteleri yüksek istemli çaba altında etkin biçimde kullanabilmesine katkıda bulunur. Buna ek olarak agonist kasların aktivasyonundaki artış ve gereksiz antagonist koaktivasyonunun azalması net eklem torkunu yükseltebilir. Çok eklemli egzersizlerde kaslar arası koordinasyonun gelişmesi de kuvvet kazanımının önemli bir parçasıdır.

Nöral adaptasyonların göreve özgü olduğu unutulmamalıdır. Bir egzersizde kazanılan kuvvet artışının başka bir eklem açısına, kasılma tipine veya hareket örüntüsüne aktarımı sınırlı olabilir. Bu nedenle maksimal kuvvet programlarında temel hareket örüntülerinin düzenli tekrarı, teknik standardizasyon ve spor dalının gerektirdiği mekanik özelliklerle uyum önem taşır.

2.2. Morfolojik Uyum, Kas Hipertrofisi ve Kas Mimarisi

Hipertrofinin kuvvet gelişimine katkısı, özellikle antrenmanın orta ve uzun dönemlerinde daha belirgin hale gelir. Bununla birlikte kas büyüklüğündeki artış ile 1TM artışı arasında mükemmel bir doğrusal ilişki beklenmemelidir. Kuvvet testinin teknik özellikleri, hareket becerisi ve nöral adaptasyonlar ölçülen performansı önemli ölçüde etkiler. Schoenfeld ve arkadaşları (2017), düşük ve yüksek yüklerle yapılan direnç antrenmanlarının hipertrofi açısından benzer sonuçlar oluşturabildiğini, buna karşılık 1TM kuvvet kazanımlarının daha ağır yüklerle daha fazla olduğunu bildirmiştir. Lopez ve arkadaşlarının (2021) ağ meta-analizi de maksimal kuvvet kazanımı bakımından yüksek yüklerin avantajını desteklemiştir.

Kas lifi hipertrofisinin yanı sıra fasikül uzunluğu ve pennasyon açısı gibi mimari değişkenler de antrenman tipine göre farklılaşabilir. Eksantrik yüklenmeler fasikül uzunluğundaki değişimler açısından özel ilgi görürken, yüksek kuvvetli geleneksel direnç antrenmanı pennasyon açısı ve kas kalınlığında artış oluşturabilir. Franchi ve arkadaşları (2017), eksantrik ve konsantrik antrenmanın kas mimarisi üzerinde farklı bölgesel ve yapısal adaptasyonlara yol açabileceğini vurgulamıştır. Bu nedenle kas hipertrofisini yalnızca toplam kas hacmindeki artış olarak değerlendirmek yerine, kasın bölgesel büyümesi ve mimari yeniden yapılanmasıyla birlikte ele almak daha doğru olacaktır.

Moleküler düzeyde mekanik gerilim, direnç antrenmanına bağlı kas protein sentezinin temel uyaranlarından biridir. Mekanosensitif sinyal yolları, mTORC1 aktivasyonu, ribozomal biyogenez ve uydu hücre yanıtları kas dokusunun yeniden yapılanmasında rol oynar. Wackerhage ve arkadaşları (2019), mekanik yüklenmenin hipertrofik sinyal yollarıyla ilişkisini kapsamlı biçimde ele almış; Roberts ve arkadaşları (2023) ise insan iskelet kasında direnç egzersizine bağlı hipertrofinin moleküler düzenlenmesine ilişkin güncel çerçeveyi ortaya koymuştur. Maksimal kuvvet odaklı antrenmanlarda hipertrofi tek hedef olmasa da kontraktıl doku miktarındaki artış uzun vadeli kuvvet potansiyelini destekler.

Uzun süreli direnç antrenmanı, iskelet kasında kontraktıl protein birikimini ve kas lifi kesit alanını artırarak hipertrofiye yol açabilir. Daha büyük fizyolojik kesit alanı, teorik olarak daha fazla paralel sarkomer ve daha yüksek kuvvet üretme potansiyeli anlamına gelir. Bununla birlikte hipertrofi ile kuvvet kazanımı arasındaki ilişki birebir değildir; çünkü ölçülen kuvvet aynı zamanda nöral aktivasyon, teknik ve biyomekanik faktörlerden etkilenir (Folland & Williams, 2007).

Kas mimarisi de kuvvet üretiminde önemlidir. Pennasyon açısı, fasikül uzunluğu ve kas kalınlığındaki değişimler kasın kuvvet-hız özelliklerini

etkileyebilir. Aagaard ve arkadaşları (2001), direnç antrenmanına bağlı kas mimarisi değişimlerinin kuvvet üretim kapasitesindeki artışla ilişkili olabileceğini göstermiştir. Seynnes ve arkadaşları (2007) ise yüksek şiddetli direnç antrenmanının erken dönemlerinde dahi kas kalınlığı ve mimari özelliklerde ölçülebilir değişiklikler ortaya çıkabileceğini bildirmiştir.

Kas lifi düzeyinde hem tip I hem tip II liflerde hipertrofi görülebilmekle birlikte, yüksek şiddetli kuvvet antrenmanlarında hızlı kasılan liflerin adaptasyonu performans açısından özel önem taşır. Bunun yanında direnç antrenmanı miyofibriler protein sentezini artırır; tekrarlanan antrenman uyarıları yeterli enerji ve protein alımıyla birleştğinde kronik olarak kas dokusunun yeniden yapılanmasına katkıda bulunur.

2.3. Kas-Tendon Ünitesi ve Mekanik Özellikler

Tendon dokusu, yüksek şiddetli kuvvet antrenmanına mekanik özelliklerini değiştirerek yanıt verir. Bohm ve arkadaşlarının (2015) sistematik derleme ve meta-analizi, mekanik yüklenmenin tendon sertliği ve materyal özellikleri üzerinde uyarlanabilir etkiler oluşturduğunu göstermiştir. Daha yakın tarihli çalışmalar, tendon adaptasyonunun yük büyüklüğü ve müdahale süresiyle ilişkili olduğunu, kas ve tendonun adaptasyon hızlarının aynı olmayabileceğini vurgulamaktadır. Bu durum özellikle genç ve hızlı kuvvet kazanan sporcularda yük artışlarının kademeli yapılmasının önemini desteklemektedir.

Kuvvet-hız ve kuvvet-uzunluk ilişkileri de maksimal kuvvetin mekanik temelini oluşturur. Konsantrik kasılmada kısılma hızı yükseldikçe üretilebilen kuvvet azalırken, eksantrik koşullarda yüksek dış kuvvetlere karşı koymak mümkündür. Suchomel ve arkadaşları (2018), maksimal kuvvetin geliştirilmesinde yüksek yüklerin yanında eksantrik, izometrik ve balistik yöntemlerin antrenman hedeflerine göre bütünleştirilebileceğini belirtmiştir. Bu mekanik çeşitlilik, sporcunun yalnızca bir 1TM değerinde değil farklı kasılma koşullarında kuvvet üretebilmesi açısından önem taşır.

Maksimal kuvvet üretimi yalnızca kas dokusuna değil, kasın oluşturduğu kuvveti kemiğe ileten tendonun mekanik özelliklerine de bağlıdır. Düzenli yüksek mekanik yüklenme tendon sertliğini ve yük taşıma kapasitesini etkileyebilir. Daha etkin kuvvet iletimi, özellikle hızlı kuvvet üretimi gereken hareketlerde kas-tendon ünitesinin işlevini destekleyebilir. Bununla birlikte tendon adaptasyonunun zaman seyri kas dokusundan farklı olabilir; bu nedenle antrenman yükünün uzun vadeli ve kademeli artırılması önemlidir.

Kasılma tipi de üretilen kuvveti etkiler. Eksantrik kasılmalarda dış yük altında kas-tendon ünitesi uzarken yüksek kuvvetler üretilebilir; izometrik kasılmalarda kas-tendon uzunluğunda net hareket olmaksızın kuvvet geliştirilir;

konsantrik kasılmalarda ise kılalma hızı arttıkça üretilebilen kuvvet genel olarak azalır. Bu kuvvet-hız ilişkisi, maksimal kuvvet ile güç ve patlayıcı performans arasındaki bağlantının anlaşılması açısından temel öneme sahiptir.

Yüksek şiddetli kas çalışmaları sırasında ortaya çıkan fizyolojik yük yalnızca nöromüsküler sistemle sınırlı değildir; metabolik ve oksidatif süreçler de akut egzersiz yanıtının bir parçasıdır. Yüksek şiddetli egzersizlerde artan enerji gereksinimi ve reaktif oksijen türlerinin oluşumu, oksidan ve antioksidan sistemler arasındaki dengeyi değiştirebilir. Bu yanıtın büyüklüğü egzersizin şiddeti ve süresi, bireyin antrenman durumu ve toparlanma koşulları gibi değişkenlerden etkilenir. Bu nedenle maksimal kuvvet antrenmanına verilen yanıt değerlendirilirken mekanik kuvvet üretiminin yanında yüksek şiddetli yüklenmenin oluşturduğu metabolik stresin de dikkate alınması gerekir (Baysal & Budak, 2025).

3. Maksimal Kuvveti Belirleyen Faktörler

Kas lifi kompozisyonu bireyler arası kuvvet farklılıklarının açıklanmasına katkıda bulunabilir. Tip II lifler daha yüksek kılalma hızı ve özgül güç özellikleri nedeniyle patlayıcı görevlerde avantaj sağlarken, maksimal kuvvet performansı kasın toplam kesit alanı, nöral aktivasyon ve biyomekanikle birlikte değerlendirilmelidir. Grgic ve arkadaşlarının (2020) meta-analizi, düşük ve yüksek yük antrenmanlarının tip I ve tip II lif hipertrofisi üzerindeki etkilerinin genel olarak benzer olabileceğini göstermiştir. Bu nedenle lif tipi, kuvvet kapasitesinin tek başına belirleyicisi değildir.

Cinsiyetler arasında mutlak kuvvet düzeylerinde görülen farklılıkların önemli bir bölümü kas kütlesi ve vücut boyutuyla ilişkilidir. Relatif veya kas kesit alanına göre normalize edilmiş kuvvet karşılaştırmalarında farklar azalabilir. Roberts ve arkadaşları (2020), kadın ve erkeklerin direnç antrenmanına bağlı relatif kuvvet ve hipertrofi yanıtlarını inceleyen meta-analizde her iki cinsiyetin de güçlü adaptasyon kapasitesine sahip olduğunu göstermiştir. Dolayısıyla programlama biyolojik cinsiyete dayalı basit varsayımlar yerine bireysel performans, deneyim ve toparlanma özelliklerine göre yapılmalıdır.

Hareket açıklığı da kuvvet kazanımının özgüllüğünü etkiler. Pallarés ve arkadaşlarının (2021) sistematik derleme ve meta-analizi, tam hareket açıklığında yapılan direnç antrenmanının genel kuvvet gelişimi ve alt ekstremitte hipertrofisi açısından kısmi hareket açıklığına göre avantaj sağlayabildiğini bildirmiştir. Bununla birlikte kısmi tekrarlar belirli eklem açılarına özgü aşırı yükleme amacıyla program içinde tamamlayıcı biçimde kullanılabilir. Burada

temel ilke, test ve performans gereksinimleriyle antrenman hareket açıklığının uyumudur.

Maksimal kuvvet düzeyi çok faktörlüdür. Kasın fizyolojik kesit alanı ve kas kütlesi önemli olmakla birlikte, kas mimarisi, tendon özellikleri, motor ünite aktivasyonu, eklem geometrisi, moment kolu, teknik yeterlilik, antrenman geçmişi, yaş, biyolojik cinsiyet, yorgunluk düzeyi, motivasyon ve test koşulları ölçülen performansı etkileyebilir (Suchomel et al., 2016). Bu nedenle maksimal kuvvet tek bir anatomik veya fizyolojik değişkenin doğrudan çıktısı olarak değerlendirilmemelidir.

Biyomekanik açıdan eklem açısı ve hareket açıklığı, kasın uzunluk-gerilim ilişkisini ve dış yükün moment kolunu değiştirir. Örneğin squat egzersizinde bar konumu, gövde açısı, squat derinliği ve antropometrik özellikler eklem torklarının dağılımını etkileyebilir. Benzer biçimde bench press sırasında tutuş genişliği ve bar yolu performansı değiştirebilir. Bu durum testlerin ve antrenmanların standardize edilmesini gerekli kılar.

Antrenman geçmişi kuvvet performansını belirleyen önemli bir etkidir. Yeni başlayan bireyler kısa sürede hızlı kazanımlar gösterebilirken ileri düzey sporcularda ek kazanım için daha özgül, yüksek kaliteli ve dikkatle periodize edilmiş uyarılar gerekir. Akut yorgunluk, uyku yetersizliği, önceki antrenman yükü ve psikolojik hazır oluş da günlük maksimal kuvvet performansını etkileyebilir. Bu nedenle tek bir test sonucunun sporcunun değişmez kapasitesi olarak yorumlanması yerine ölçüm koşulları dikkate alınmalıdır.

4. Maksimal Kuvvetin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi

1TM testinin bilimsel ve uygulamalı kullanımındaki temel konulardan biri güvenilirliktir. Grgic ve arkadaşlarının (2020) 32 çalışmayı ve 1595 katılımcıyı kapsayan sistematik derlemesinde 1TM testlerinin test-tekrar test güvenilirliğinin genel olarak iyi ile mükemmel arasında olduğu; bildirilen ICC değerlerinin büyük çoğunluğunun 0.90 ve üzerinde bulunduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte test protokolünün standardizasyonu ve özellikle teknik olarak karmaşık hareketlerde familiarizasyon uygulaması ölçüm hatasını azaltmak açısından önemini korumaktadır.

Maksimal kuvvet değerlendirmesinde yalnızca mutlak 1TM değeri değil, relatif kuvvet ve allometrik ölçekleme de kullanılabilir. Özellikle farklı vücut kütlelerine sahip sporcuların karşılaştırılmasında kilogram başına kuvvet basit ve pratik bir gösterge olsa da doğrusal oranlamanın bazı durumlarda vücut boyutunun etkisini tam olarak kontrol edemediği bilinmektedir. Bu nedenle araştırma bağlamında allometrik ölçekleme yöntemleri tercih edilebilir;

uygulamada ise aynı sporcunun zaman içindeki değişimi çoğu zaman en anlamlı izlem göstergesidir.

Yük-hız profili, submaksimal yüklerle gerçekleştirilen tekrarların ortalama veya tepe konsantrik hızından hareketle günlük performansın izlenmesine olanak tanır. González-Badillo ve Sánchez-Medina (2010) hareket hızının direnç egzersizindeki yüklenme şiddetini izlemek için kullanılabileceğini göstermiştir. Banyard ve arkadaşları (2017) ise bireysel yük-hız ilişkilerinin 1TM tahmininde kullanılabilirliğini incelemiştir. Bununla birlikte egzersiz, cihaz, teknik ve sporcunun deneyimi tahmin doğruluğunu etkilediğinden, yük-hız profilleri düzenli olarak güncellenmelidir.

Maksimal kuvvetin değerlendirilmesinde en yaygın saha yöntemi 1TM testidir. 1TM, bireyin doğru teknikle yalnızca bir kez tamamlayabildiği en yüksek dış yük olarak tanımlanır. Squat, bench press ve deadlift gibi temel egzersizlerde yaygın biçimde kullanılmasının temel nedeni uygulama kolaylığı ve antrenman reçetelendirmesiyle doğrudan ilişkilendirilebilmesidir. Bununla birlikte güvenilir sonuç için egzersiz tekniğinin, hareket açıklığının, ısınmanın, dinlenme sürelerinin ve başarılı tekrar kriterlerinin standardize edilmesi gerekir.

Doğrudan 1TM testinin uygun olmadığı durumlarda 3TM, 5TM veya daha yüksek tekrar maksimumlarından tahmin denklemleri kullanılabilir. Ancak tekrar sayısı arttıkça bireysel kuvvette devamlılık farklılıklarının tahmin hatasını artırabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle yüksek hassasiyet gereken sporcu izleminde doğrudan test veya hareket hızına dayalı yöntemler daha uygun olabilir.

İzometrik kuvvet testleri, belirli eklem açılarında maksimal istemli kuvvet veya torkun değerlendirilmesine olanak sağlar. İzometrik mid-thigh pull gibi testlerde zirve kuvvetin yanı sıra kuvvet-zaman eğrisi ve belirli zaman aralıklarındaki kuvvet gelişimi incelenebilir. Bu yaklaşım, özellikle kuvvet üretim hızının önemli olduğu spor dallarında yalnızca maksimum değerin ötesinde bilgi sağlar.

Son yıllarda yük-hız ilişkisine dayalı değerlendirmeler yaygınlaşmıştır. Direnç egzersizlerinde kaldırma hızı ile relatif yük arasında sistematik bir ilişki bulunması, submaksimal yüklerde ölçülen hızdan 1TM tahmini veya günlük performans durumunun izlenmesi için kullanılmaktadır (González-Badillo et al., 2011; Picerno et al., 2016). Bununla birlikte kullanılan cihazın geçerliği, egzersize özgü yük-hız profili ve bireysel değişkenlik dikkate alınmalıdır.

Test güvenilirliği açısından aynı cihaz, benzer saat, benzer ısınma, aynı teknik kriterler ve yeterli toparlanma koşulları tercih edilmelidir. Özellikle yeni başlayanlarda öğrenme etkisini azaltmak için familiarizasyon oturumları yapılması yararlıdır. Test sonucu yalnızca kaldırılan kilogram olarak değil,

vücut kütlelerine göre relatif kuvvet, spora özgü gereksinimler ve zaman içindeki değişimle birlikte yorumlanmalıdır.

5. Maksimal Kuvvet Antrenmanının Temel İlkeleri

Antrenman hacmi maksimal kuvvet gelişiminde önemli olmakla birlikte, daha fazla hacmin sınırsız biçimde daha fazla kazanım oluşturduğu düşünülmemelidir. Ralston ve arkadaşlarının (2017) meta-analizi haftalık set hacmi ile kuvvet kazanımı arasında doz-yanıt ilişkisi olabileceğini göstermiştir. Bununla birlikte ileri düzey sporcularda yüksek yoğunlukla birlikte aşırı hacim uygulanması toparlanma maliyetini yükseltebilir. Bu nedenle hacim, sporcunun antrenman yaşı ve toplam yükü dikkate alınarak bireyselleştirilmelidir.

Antrenman sıklığı yoğunlukla haftalık hacmin dağıtılması açısından önem taşır. Grgic ve arkadaşlarının (2018) meta-analizi, toplam hacim eşitlendiğinde daha yüksek sıklığın kuvvet kazanımında belirgin bir bağımsız üstünlüğünün her durumda ortaya çıkmadığını göstermiştir. Pratik açıdan sıklık, yüksek kaliteli setlerin haftaya dağıtılması, yorgunluğun yönetilmesi ve branş antrenmanlarıyla uyum sağlanması için kullanılabilecek bir programlama aracıdır.

Setler arası dinlenme süresi ağır kuvvet çalışmalarında performans kalitesini etkiler. Grgic ve arkadaşlarının (2018) sistematik derlemesine göre antrenmanlı bireylerde iki dakikadan daha uzun dinlenmeler maksimal kuvvet gelişimini destekleyebilir. Ağır çok eklemli egzersizlerde 3-5 dakikalık dinlenme, fosfajen sisteminin yeniden sentezine ve sonraki sette yüksek kuvvet üretiminin korunmasına olanak sağlayabilir. Yardımcı egzersizlerde ise daha kısa dinlenmeler kullanılabilir.

Egzersiz sırası, özellikle belirli bir harekette kuvvet gelişimi hedeflendiğinde önemlidir. Nunes ve arkadaşlarının (2020) sistematik derleme ve meta-analizi, antrenman seansının başında uygulanan egzersizlerde kuvvet kazanımlarının daha yüksek olma eğiliminde olduğunu göstermiştir. Bu nedenle sporcu için öncelikli olan temel kaldırış veya branş açısından kritik kuvvet hareketi seansın erken bölümünde, yorgunluk henüz düşükken uygulanmalıdır.

Kas yetmezliğine kadar çalışma maksimal kuvvet gelişimi için zorunlu değildir. Vieira ve arkadaşları (2021) ile Grgic ve arkadaşlarının (2022) meta-analizleri, setlerin sürekli olarak istemli tekrar tükenişine kadar götürülmesinin maksimal kuvvet açısından açık bir üstünlük sağlamadığını göstermiştir. Ağır yüklerle çalışan sporcularda birkaç tekrar rezerv bırakılması, yüksek mekanik gerilimi korurken aşırı yorgunluğu sınırlandırabilir ve haftalık kaliteli çalışma miktarını destekleyebilir.

Maksimal kuvvet antrenmanının temel amacı, sporcunun yüksek dış dirençlere karşı mümkün olan en yüksek istemli kuvveti üretebilme kapasitesini geliştirmektir. Bu amaçla yük, hacim, sıklık, egzersiz seçimi, dinlenme aralığı, tekrar hızı ve setlerin tükenişi yakınlığı sistematik biçimde düzenlenmelidir. Güncel geniş ölçekli bir ağ meta-analizi, sağlıklı yetişkinlerde çok farklı direnç antrenmanı reçetelerinin kuvveti artırabildiğini; ancak daha yüksek yük içeren programların maksimal kuvvet gelişimi açısından güçlü bir seçenek olduğunu göstermektedir (Currier et al., 2023).

Maksimal kuvvet odaklı dönemlerde çoğunlukla 1TM'nin yaklaşık %80 ve üzerindeki yükleri kullanılır. Bununla birlikte her setin mutlak tükenişi kadar sürdürülmesi gerekli değildir. Özellikle sporcularda yüksek kaliteyi korumak, aşırı nöromüsküler yorgunluğu sınırlamak ve sonraki antrenmanların niteliğini korumak amacıyla tekrar rezervi veya hız kaybı gibi yöntemlerden yararlanılabilir. Setler arası dinlenme genellikle ağır çok eklemli egzersizlerde birkaç dakika olmalı ve sonraki sette hedeflenen kuvvet çıktısını desteklemelidir.

Progresif aşırı yüklenme, adaptasyon devam ettikçe antrenman uyarısının uygun biçimde artırılmasını ifade eder. Bu artış yalnızca bara ağırlık eklemek şeklinde düşünülmemelidir; set sayısı, haftalık maruziyet, hareket kalitesi, egzersiz zorluğu veya belirli bir yükte üretilen hız da ilerleme göstergesi olabilir. İleri düzey sporcularda küçük yük artışları ve daha uzun adaptasyon dönemleri gerekebilir.

Egzersiz seçimi spor dalının gereksinimleriyle uyumlu olmalıdır. Squat, deadlift, press ve çekiş varyasyonları büyük kas gruplarına yüksek mekanik yük sağlayabilir. Bunun yanında unilateral egzersizler, belirli eklem açılarına özgü çalışmalar ve sporun gerektirdiği kuvvet yönlerine uygun tamamlayıcı hareketler kullanılabilir. Temel amaç yalnızca yüksek 1TM değerine ulaşmak değil, kazanılan kuvvet kapasitesini sporcunun performans profilinin hizmetine sunmaktır.

Maksimal kuvvet antrenmanında yüklenmenin büyüklüğü kadar yüklenmeler arasındaki toparlanmanın yönetimi de önemlidir. Antrenman uyarısı fizyolojik dengeyi geçici olarak bozarken, yeterli toparlanma organizmanın sonraki yüklenmeye hazırlanmasına olanak sağlar. Buna karşılık antrenman sıklığı, hacmi ve şiddetinin sporcunun toparlanma kapasitesini sürekli aşması birikmiş yorgunluk ve performans kalitesinde azalma ile sonuçlanabilir. Bu nedenle yüklenme ve toparlanma, maksimal kuvvet programlamasında aynı adaptasyon döngüsünün birbirini tamamlayan bileşenleri olarak değerlendirilmelidir (Konca, 2025).

6. Maksimal Kuvvette Kronik Adaptasyonlar

Antrenman durumuna bağılı olarak adaptasyonların büyüklüğü değişir. Yeni başlayanlarda hem teknik öğrenme hem de nöral gelişim nedeniyle hızlı kuvvet artışları görülürken, ileri düzey sporcularda küçük ilerlemeler dahi anlamlı olabilir. Peterson ve arkadaşlarının (2004) meta-analitik çalışması, kuvvet gelişimi için gerekli yüklenme özelliklerinin antrenman durumuna göre değiştiğini ortaya koymuştur. Bu nedenle elit sporcularda genel popülasyondan elde edilen doz-yanıt ilişkilerinin doğrudan uygulanması uygun olmayabilir.

Eksantrik antrenman yüksek kuvvet üretimi ve özgün morfolojik adaptasyonlar nedeniyle maksimal kuvvet programlarında tamamlayıcı bir araçtır. Roig ve arkadaşlarının (2009) meta-analizi, eksantrik antrenmanın kas kuvveti ve kütlesi üzerindeki etkilerini desteklemiştir. Daha güncel literatürde de eksantrik aşırı yükleme yöntemlerinin özellikle ileri düzey sporcularda yüksek mekanik gerilim oluşturmak için kullanılabileceği belirtilmektedir; ancak kas hasarı ve toparlanma maliyeti nedeniyle doz dikkatle yönetilmelidir.

Eşzamanlı dayanıklılık ve kuvvet antrenmanı yapan sporcularda programlama, adaptasyonların etkileşimi açısından ayrıca önemlidir. Wilson ve arkadaşlarının (2012) klasik meta-analizi interferans etkisinin koşu hacmi ve sıklığıyla ilişkili olabileceğini göstermiş; Schumann ve arkadaşları (2022) daha güncel meta-analitik değerlendirmede eşzamanlı antrenmanın maksimal kuvvet ve hipertrofi üzerindeki etkilerinin bağlama, antrenman durumuna ve seans düzenine göre değişebildiğini vurgulamıştır. Kuvvetin öncelikli olduğu dönemlerde yüksek yorgunluk oluşturan dayanıklılık seanslarının ağır kuvvet çalışmalarına çok yakın yerleştirilmemesi uygun olabilir.

Düzenli maksimal kuvvet antrenmanı sonucunda nöral, morfolojik ve mekanik düzeylerde birbirini tamamlayan kronik adaptasyonlar gelişir. Başlangıç döneminde motor öğrenme ve nöral verimlilik ön plandayken, antrenman süresi uzadıkça kas hipertrofisinin toplam kuvvet kazanımına katkısı artar. Bununla birlikte adaptasyonların zaman çizgisi bireyin antrenman yaşı, genetik özellikleri, beslenmesi, toparlanması ve uygulanan programın özelliklerine göre değişir.

Kas hipertrofisi, kontraktıl dokunun artması yoluyla daha yüksek kuvvet potansiyeli oluşturur. Buna paralel olarak kas mimarisindeki değişimler, motor ünite davranışı ve kaslar arası koordinasyon gelişebilir. Tendon ve bağ dokusundaki adaptasyonlar da yüksek kuvvetlerin güvenli biçimde iletilmesine katkıda bulunur. Bu nedenle maksimal kuvvet gelişimi tek bir mekanizmanın değil, organizmanın antrenman yüküne çok düzeyli uyumunun sonucudur.

Kronik adaptasyonların sürdürülebilmesi için yüklenme ve toparlanma dengesi kritik önemdedir. Yüksek şiddetli antrenmanların sürekli olarak yüksek

hacimle uygulanması performans düşüşü, teknik bozulma ve aşırı yorgunlukla sonuçlanabilir. Bu nedenle yoğunluk ve hacmin dönemsel olarak değiştirilmesi, hafifletilmiş haftalar ve yarışma takvimine göre yük yönetimi uzun vadeli gelişimin temel parçalarıdır.

Toparlanma sürecinde aktif ve pasif toparlanma, masaj, soğuk ve sıcak uygulamalar, kontrast su uygulamaları, elektriksel uyarım, kompresyon ve farklı kombine yöntemler kullanılabilir. Ancak bu yaklaşımların fizyolojik sonuçları ve performansa olası katkıları aynı değildir; bu nedenle toparlanma stratejisinin egzersizin niteliğine, antrenman takvimine ve sporcunun bireysel gereksinimlerine göre seçilmesi daha uygundur (Budak, 2023b).

Egzersiz sonrası metabolik toparlanmanın desteklenmesinde spor masajı da kullanılan yöntemlerden biridir. Budak (2023c), 14 yarı elit futbolcuda yüksek yoğunluklu Yo-Yo koşu testini takiben 20 dakikalık spor masajı ile pasif dinlenmeyi karşılaştırmış; toparlanmanın orta ve son ölçümlerinde kan laktat değerlerinin spor masajı koşulunda daha düşük olduğunu bildirmiştir. Bu bulgu doğrudan maksimal kuvvet kazanımını göstermemekle birlikte, yüksek şiddetli antrenmanlar arasındaki metabolik toparlanmanın kullanılan toparlanma yönteminden etkilenebileceğini göstermektedir (Budak, 2023c).

Foam roller uygulamaları da egzersiz öncesi hazırlık ve egzersiz sonrası toparlanmada kullanılan pratik yöntemler arasındadır. Budak ve Koç (2023), yorgunluğun izlenmesinin antrenman adaptasyonlarının kontrol edilmesi, yarışmaya hazır oluşun değerlendirilmesi ve yaralanma ya da hastalığa duyarlılığın azaltılması açısından önemli olduğunu; foam roller uygulamalarının ise özellikle toparlanma, kas ağrısı ve hareket açıklığı bağlamında yardımcı bir araç olarak kullanılabilirliğini belirtmektedir. Bu nedenle yoğun kuvvet dönemlerinde foam roller, temel kuvvet programının yerine geçen bir yöntem olarak değil, bireysel gereksinime göre toparlanmayı destekleyen tamamlayıcı bir uygulama olarak düşünülmelidir (Budak & Koç, 2023).

Titreşimli platform uygulamaları da nöromüsküler performans ve toparlanma bağlamında kullanılan yardımcı yaklaşımlar arasında yer almaktadır. Mekanik titreşimlerin organizmaya aktarılmasıyla oluşan yanıt; frekans, amplitüd, uygulama süresi, vücut pozisyonu ve sporcunun özelliklerine göre değişebilmektedir. Bu nedenle tüm vücut titreşimi, maksimal kuvvet antrenmanının yerine geçen bağımsız bir yöntemden çok, uygun koşullarda antrenman veya toparlanma sürecine entegre edilebilecek tamamlayıcı bir araç olarak değerlendirilmelidir (Budak, 2024).

Yoğun kuvvet antrenmanlarında toparlanmanın yalnızca öznel yorgunluk veya kas ağrısı üzerinden değerlendirilmesi yeterli olmayabilir. Otonom sinir sistemi aktivitesinin non-invaziv göstergelerinden biri olan kalp atım hızı

değişkenliği (HRV), egzersiz yüküne verilen fizyolojik yanıtın ve toparlanma durumunun izlenmesinde kullanılabilecek araçlardan biridir. Bununla birlikte HRV; antrenman yükünün yanı sıra uyku, psikolojik stres ve ölçüm koşullarından etkilenebildiğinden, tek başına karar verme ölçütü olarak değil diğer performans ve toparlanma göstergeleriyle birlikte yorumlanmalıdır (Budak & Özdek, 2025).

7. Maksimal Kuvvet ve Atletik Performans

Maksimal kuvvet ile sportif performans arasındaki ilişki doğrusal ve sınırsız değildir. Suchomel ve arkadaşları (2016), daha güçlü sporcuların kuvvet-zaman özellikleri, sıçrama, sprint ve yön değiştirme gibi görevlerde genel olarak avantajlı olduğunu; ancak kuvvet düzeyi yükseldikçe performans için kuvvetin hıza ve spora özgü beceriye dönüştürülmesinin giderek daha önemli hale geldiğini vurgulamıştır. Bu nedenle maksimal kuvvet, atletik gelişimin “son ürünü” değil, diğer performans özelliklerinin geliştirilebileceği bir temel kapasite olarak ele alınmalıdır.

Maksimal kuvvet, birçok sportif eylem için temel fiziksel kapasite sağlar. Sprint, sıçrama, yön değiştirme, temas ve fırlatma gibi görevlerde sporcu kısa zaman aralıklarında yüksek kuvvet üretmek zorundadır. Maksimal kuvvet düzeyinin artması, bu eylemler için kullanılabilecek toplam kuvvet kapasitesini yükseltebilir. Bununla birlikte sportif hareketlerin temas süreleri çoğu zaman maksimal kuvvetin tam olarak ortaya konmasına izin vermeyecek kadar kısadır. Bu nedenle maksimal kuvvetin kuvvet üretim hızı, güç ve teknikle birlikte geliştirilmesi gerekir (Suchomel et al., 2016).

7.1. Maksimal Kuvvet ve Sprint Performansı

Sprintte mekanik performans yalnızca dikey kuvvetin büyüklüğüne değil, kuvvetin yatay yönde etkili biçimde uygulanmasına bağlıdır. Morin ve arkadaşları (2011), sprint hızlanmasında yere uygulanan kuvvetin yönlendirilmesinin performansla güçlü biçimde ilişkili olduğunu göstermiştir. Seitz ve arkadaşlarının (2014) meta-analizi ise alt vücut kuvvet antrenmanının sprint performansında iyileşme sağlayabildiğini bildirmiştir. Bu nedenle maksimal kuvvet antrenmanının sprint performansına aktarımı, sprint tekniği ve yüksek hızlı koşu uyarılarıyla birlikte değerlendirilmelidir.

Sprint performansında özellikle hızlanma evresinde yere yüksek miktarda yatay ve bileşke kuvvet uygulanması önemlidir. Alt ekstremita maksimal kuvvetinin geliştirilmesi sporcunun kuvvet üretme potansiyelini artırabilir; ancak sprint performansına aktarım için kuvvetin doğru yönde ve çok kısa temas sürelerinde uygulanabilmesi gerekir. Bu nedenle ağır direnç antrenmanı

sprint, plyometrik ve balistik çalışmalarla birlikte planlandığında daha işlevsel bir performans yaklaşımı oluşturabilir.

7.2. Maksimal Kuvvet ve Sıçrama Performansı

Sıçrama performansında relatif kuvvet önemli bir değişkendir; çünkü sporcu kendi vücut kütleini yüksek hızla ivmelendirmek zorundadır. Cormie ve arkadaşları (2011a, 2011b), güç gelişiminin biyolojik ve antrenmansal temellerini değerlendirerek maksimal kuvvetin güç üretiminin temel bileşenlerinden biri olduğunu belirtmiştir. Maksimal kuvvet düzeyi yetersiz sporcularda ağır kuvvet antrenmanı daha büyük katkı sağlarken, kuvvet seviyesi yükseldikçe hızlı ve balistik uyarıların önemi artabilir.

Dikey sıçrama performansı kuvvet, hız ve güç özelliklerinin ortak sonucudur. Maksimal kuvvet düzeyi düşük bir sporcuda temel kuvvet kapasitesinin geliştirilmesi sıçrama performansına katkı sağlayabilir. Buna karşılık yüksek kuvvet düzeyine ulaşmış sporcularda ek kazanımların sıçramaya aktarımı için balistik egzersizler, olimpik kaldırış türevleri ve plyometrik çalışmalar gibi yüksek hız bileşenli yöntemlere daha fazla ihtiyaç duyulabilir. García-Valverde ve arkadaşlarının (2022) sistematik derleme ve meta-analizi, halter temelli antrenmanın squat kuvvetiyle birlikte sıçrama ve sprint gibi performans çıktıları üzerindeki etkilerini inceleyerek kuvvet-güç aktarımının önemini ortaya koymuştur.

7.3. Maksimal Kuvvet ve Yön Değiştirme Performansı

Yön değiştirme sırasında sporcu önce mevcut momentumu azaltmalı, ardından yeni yönde kuvvet üretmelidir. Bu nedenle eksantrik frenleme kapasitesi, konsantrik kuvvet, reaktif kuvvet ve teknik birlikte önem taşır. Suchomel ve arkadaşlarının (2016) değerlendirmesi, daha yüksek kuvvet düzeylerinin yön değiştirme performansı ile ilişkili olabileceğini göstermektedir; ancak bu ilişkinin sporcu düzeyi ve test tipine göre değiştiği unutulmamalıdır. Kuvvet antrenmanı, yön değiştirme tekniğinin yerini almamalı; onu destekleyen fiziksel kapasiteyi geliştirmelidir.

Yön değiştirme performansı, yaklaşma hızı, frenleme kapasitesi, eksantrik kuvvet, yeniden hızlanma, gövde kontrolü ve teknik gibi bileşenlerden etkilenir. Maksimal kuvvet, özellikle yüksek hızdan sonra etkili frenleme ve ardından yeniden ivmelenme için gerekli kuvvet kapasitesini destekler. Ancak yön değiştirme becerisinin yalnızca squat 1TM gibi genel kuvvet ölçümlerinden türetilmeyeceği açıktır. Branşa özgü yön değiştirme tekniği ve eksantrik kapasite ayrıca çalıştırılmalıdır.

7.4. Maksimal Kuvvet, Güç ve Kuvvet Üretim Hızı

Kuvvet üretim hızı (RFD), kuvvet-zaman eğrisinin yükselme hızını ifade eder ve sprint adımı, sıçrama itiş veya temas gibi kısa süreli eylemlerde önemlidir. Maffiuletti ve arkadaşları (2016), RFD ölçümünün fizyolojik temellerini ve metodolojik gerekliliklerini ayrıntılı biçimde açıklamıştır. Erken faz RFD daha çok nöral sürüş ve kontraktıl hız özelliklerinden etkilenirken, daha geç zaman aralıklarında maksimal kuvvet kapasitesinin katkısı artabilir. Bu nedenle ağır kuvvet ve patlayıcı antrenmanların kombinasyonu geniş bir kuvvet-zaman profilinin geliştirilmesinde mantıklıdır.

Mekanik güç, kuvvet ile hızın bileşkesidir. Bu nedenle maksimal kuvvetin artması güç üretimi için daha geniş bir potansiyel oluşturabilir; ancak yüksek güç çıktısı için kuvvetin yüksek hareket hızlarında da üretilebilmesi gerekir. Kuvvet üretim hızı (rate of force development), özellikle 50-250 ms gibi kısa sürelerde gerçekleştirilen sportif eylemlerde önemlidir. Maksimal kuvvet antrenmanı bu kapasiteyi destekleyebilse de optimal aktarım için patlayıcı niyetle uygulanan direnç egzersizleri ve yüksek hızlı çalışmalar programda yer almalıdır.

Maksimal kuvvetin performansla aktarılmasında beslenme ve vücut ağırlığı yönetimi de göz ardı edilmemelidir. Bu durum özellikle judo ve güreş gibi sıklet sporlarında önem kazanmaktadır. Yarışma öncesinde uygulanan kısa süreli ve agresif ağırlık kaybı stratejileri; enerji kısıtlaması, dehidratasyon ve yoğun egzersizin bir araya gelmesi nedeniyle kas bütünlüğü ve fizyolojik toparlanma açısından ek stres oluşturabilir. Karahan ve Özdek (2025), hızlı vücut ağırlığı kaybında kullanılan uygulamaların kas hasarı, metabolik bozulma ve oksidatif stresle ilişkili olabileceğini ve bu süreçlerin sportif performansı olumsuz etkileyebileceğini vurgulamaktadır. Dolayısıyla sıklet sporcularında maksimal kuvvetin korunması, kuvvet antrenmanının yanında yarışma öncesi vücut ağırlığı yönetiminin kontrollü biçimde yürütülmesini de gerektirir (Karahan & Özdek, 2025).

Hızlı ağırlık kaybından sonra gerçekleştirilen kısa süreli ağırlık geri kazanımı da fizyolojik homeostazın tamamen sağlandığı anlamına gelmeyebilir. Özdek ve arkadaşlarının (2026) 11 erkek judocu üzerinde gerçekleştirdiği tekrarlı ölçüm çalışmasında beş günlük hızlı ağırlık kaybı sonrasında vücut ağırlığı %6 azalmış ve 15 saatlik geri kazanım döneminden sonra dahi başlangıç değerinin %4 altında kalmıştır. Miyogloblin düzeyi hızlı ağırlık kaybından sonra %339 artmış ve geri kazanım sonrasında başlangıç değerinin %42 üzerinde kalmıştır; oksidan ve antioksidan göstergelerde de iki evrede farklı yönlerde değişimler saptanmıştır. Bu sonuçlar, maksimal kuvvet ve güç gerektiren sıklet

sporlarında yarışma öncesi ağırlık yönetiminin yalnızca tartıdaki vücut ağırlığı üzerinden değerlendirilmemesi gerektiğini göstermektedir (Özdek et al., 2026).

8. Maksimal Kuvvet Antrenmanının Programlanması

Periodizasyonun temel amacı antrenman değişkenlerini zaman içinde sistematik biçimde değiştirerek performans gelişimini sürdürmek ve yarışma dönemine uygun yorgunluk-fitness dengesi oluşturmaktır. Moesgaard ve arkadaşlarının (2022) hacim eşitlenmiş çalışmaları içeren sistematik derleme ve meta-analizi, periodize programların 1TM kuvvet gelişimi açısından periodize olmayan programlara göre avantaj sağlayabildiğini, hipertrofi açısından ise farkların daha sınırlı olduğunu göstermiştir. Özellikle antrenmanlı bireylerde değişen yüklenme şiddetleri uzun dönemli kuvvet gelişimini destekleyebilir.

Lineer ve dalgalı periodizasyon modelleri arasında kesin ve evrensel bir üstünlük gösterilememiştir. Williams ve arkadaşlarının (2017) meta-analizi periodize antrenmanın genel olarak kuvvet gelişimini desteklediğini, ancak farklı periodizasyon modellerinin etkisinin sporcu ve program özelliklerine bağlı olduğunu göstermiştir. Bu nedenle model seçimi yerine yüklenme mantığı, ilerleme, özgüllük ve toparlanma daha temel ilkeler olarak değerlendirilmelidir.

Otoregülasyon, günlük performans değişkenliğini programlamaya dahil eden bir yaklaşımdır. RPE/RIR, APRE ve hız temelli yöntemler sporcunun o günkü kapasitesine göre yük veya hacim ayarlamayı amaçlar. Zhang ve arkadaşlarının (2021) meta-analizi ile Larsen ve arkadaşlarının (2021) sistematik derlemesi, otoregülasyon yöntemlerinin maksimal kuvvet gelişiminde uygulanabilir olduğunu göstermiştir. Huang ve arkadaşlarının (2025) ağ meta-analizi de APRE, RPE ve VBT gibi yaklaşımların maksimal kuvvet gelişimindeki potansiyelini desteklemiş; ancak çalışmaların sayısı ve heterojenliği nedeniyle sonuçların bağlama duyarlı yorumlanması gerektiğini ortaya koymuştur.

Hız kaybı eşikleri, set içi yorgunluğu yönetmek için kullanılan güncel yöntemlerden biridir. Pareja-Blanco ve arkadaşlarının (2017) çalışması, squat antrenmanında farklı hız kaybı düzeylerinin kuvvet, hipertrofi ve performans adaptasyonlarını farklılaştırabileceğini göstermiştir. Held ve arkadaşlarının (2022) ağ meta-analizi düşük ve yüksek hız kaybı yaklaşımlarının kuvvet ve patlayıcı performans üzerinde etkili olabileceğini bildirmiştir. Bununla birlikte Orange ve arkadaşlarının (2022) meta-analizi VBT'nin geleneksel yöntemlere kesin üstünlüğü için kanıt kalitesinin düşük olduğunu belirtmektedir.

Yük seçimi konusunda güncel kanıtların ortak noktası, maksimal kuvvet hedeflendiğinde yüksek yüklerin önemli olduğudur. Schoenfeld ve arkadaşları (2017), Lopez ve arkadaşları (2021) ve Currier ve arkadaşları (2023) farklı yöntemlerle yaptıkları sentezlerde ağır yüklerin 1TM kuvvet kazanımını

desteklediğini göstermiştir. Currier ve arkadaşlarının 178 çalışmayı kapsayan kuvvet ağı, %80 1TM ve üzerindeki yükleri içeren reçetelerin kuvvet gelişiminde güçlü sonuçlar verdiğini göstermektedir. Bununla birlikte daha hafif yükler hipertrofi, teknik çalışma ve yorgunluk yönetimi amacıyla programın diğer bölümlerinde kullanılabilir.

Başlangıç düzeyindeki sporcularda öncelik hareket becerisi, tam hareket açıklığında kontrol, orta düzey yüklerle düzenli pratik ve kademeli progresyon olmalıdır. Orta düzey sporcularda ağır yük maruziyeti, hacim ve haftalık sıklık daha sistematik biçimde değiştirilebilir. İleri düzey sporcularda ise küçük performans kazanımları için blok periodizasyonu, otoregülasyon, yoğunluk bölgeleri ve branş antrenmanı mikrodöngü entegrasyonu gibi daha ayrıntılı stratejiler gerekebilir. Issurin (2010) blok periodizasyon yaklaşımının elit sporcularda belirli yeteneklerin yoğunlaştırılmış biçimde geliştirilmesine yönelik teorik temelini açıklamıştır.

Programlama, antrenman uyaranlarının sporcunun hedeflerine ve yarışma takvimine göre zaman içinde düzenlenmesidir. Maksimal kuvvet antrenmanında başlangıç, orta ve ileri düzey sporcular aynı reçeteyi kullanmamalıdır. Yeni başlayanlarda teknik öğrenme, hareket kontrolü ve kademeli yüklenme önceliklidir. Orta düzey sporcularda daha sistematik hacim ve yoğunluk değişimleri uygulanabilir. İleri düzey sporcularda ise yüksek şiddetli uyaranların zamanlaması, yorgunluk yönetimi ve spor dalına aktarım daha kritik hale gelir.

Geleneksel periodizasyon modellerinde genel hazırlık döneminde temel kuvvet ve hipertrofi kapasitesi oluşturulduktan sonra maksimal kuvvet vurgusu artırılabilir; yarışmaya yaklaşıldıkça toplam hacim azaltılıp güç, hız ve spora özgü kalite ön plana çıkarılabilir. Ancak tek bir periodizasyon modeli tüm sporcular için üstün değildir. Takım sporlarında yoğun maç takvimi, bireysel sporlarda ise hedef yarışmalar programlamayı belirler.

Güncel direnç antrenmanı literatürü, maksimal kuvvet gelişiminde yüksek yüklerin önemli olduğunu, ancak etkili programın yalnızca yüzde 1TM ile tanımlanamayacağını göstermektedir. Currier ve arkadaşlarının (2023) ağ meta-analizinde farklı yük, set ve sıklık kombinasyonlarının tümü kontrol koşuluna göre kuvvet gelişimi sağlarken, yüksek yük içeren reçeteler kuvvet kazanımı açısından öne çıkmıştır. Bu bulgu, ağır yüklerin maksimal kuvvet dönemindeki yerini desteklemekle birlikte bireyselleştirmenin önemini ortadan kaldırmaz.

Hareket hızının izlenmesi, günlük performans değişkenliğine göre yük ayarlamak için kullanılabilir. Velocity-based training yaklaşımında kaldırma hızı yük seçimi ve set sonlandırma kararlarında bilgi sağlar. Orange ve arkadaşlarının (2022) meta-analizinde hız temelli ve geleneksel direnç

antrenmanı arasında kuvvet, güç ve sprint gelişimi açısından kesin bir üstünlük gösterilmemiştir; kanıt kalitesi de sınırlıdır. Dolayısıyla hız takibi yararlı bir izleme ve otoregülasyon aracı olarak görülebilir, ancak geleneksel yöntemlerin yerine zorunlu bir üstün yöntem şeklinde sunulmamalıdır.

Pratik olarak maksimal kuvvet bloklarında temel egzersizler çoğunlukla düşük-orta tekrar sayıları ve yüksek relatif yüklerle uygulanabilir. Yardımcı egzersizler daha geniş tekrar aralıklarında planlanabilir. Haftalık sıklık, sporcunun toplam saha/branş yükü ve toparlanma kapasitesiyle birlikte değerlendirilmelidir. Aynı kas gruplarına uygulanan yüksek şiddetli seanslar arasında yeterli toparlanma bırakılması, teknik kalitenin ve performansın korunmasına yardımcı olur.

Maksimal kuvvetten güce geçişte amaç kazanılmış kuvvet rezervini yüksek hızlarda kullanabilmektir. Bu nedenle ağır kuvvet egzersizlerinin hacmi kademeli azaltılırken jump squat, olimpik kaldırış türevleri, sprint, sıçrama ve plyometrik çalışmaların göreceli önemi artırılabilir. Bazı sporcularda ağır ve hızlı egzersizlerin aynı mikro döngü içerisinde birlikte kullanılması da uygundur. Programlama kararı sporcunun kuvvet düzeyi, performans açığı ve yarışma takvimine dayanmalıdır.

9. Güvenlik, Sakatlık Riski ve Özel Gruplar

Direnç antrenmanının güvenliği değerlendirilirken yaralanma insidansı kadar yaralanmanın ortaya çıktığı bağlam da önemlidir. Teknik yetersizlik, aşırı yük artışı, ekipman kullanımı ve denetimsiz maksimal denemeler riski artırabilir. Buna karşılık uygun progresyon ve gözetim altında direnç antrenmanı farklı yaş gruplarında güvenli biçimde uygulanabilir. Keogh ve Winwood (2017), güç sporlarındaki yaralanma epidemiyolojisini değerlendirerek yaralanma örüntülerinin spor türü, antrenman uygulaması ve deneyim düzeyine göre değiştiğini göstermiştir.

Genç sporcularda direnç antrenmanı için güncel uluslararası konsensus, yaşa uygun ve gözetimli programların güvenli olduğunu desteklemektedir. Lloyd ve arkadaşları (2014), gençlerde direnç antrenmanının teknik yeterlilik, biyolojik olgunlaşma ve bireysel hazır oluş dikkate alınarak planlanmasını önermiştir. Lesinski ve arkadaşlarının (2016) meta-analizi de genç sporcularda direnç antrenmanının kas kuvveti ve fiziksel performans üzerinde olumlu etkiler oluşturduğunu göstermiştir.

Yaşlı bireylerde yüksek şiddetli direnç antrenmanı uygun seçilmiş bireylerde kuvvet ve fonksiyon kayıplarına karşı etkili bir araç olabilir. Fragala ve arkadaşlarının (2019) NSCA pozisyon bildirisi, programın bireyselleştirilmesi, çok eklemlili egzersizlerin kullanılması ve progresif yüklenmenin önemini

vurgulamaktadır. Borde ve arkadaşlarının (2015) sistematik derleme ve meta-analizi de sağlıklı yaşlı bireylerde direnç antrenmanı dozunun kuvvet ve morfolojik adaptasyonlarla ilişkisini desteklemektedir.

Maksimal kuvvet antrenmanında güvenlik; doğru teknik, uygun yük seçimi, yeterli familiarizasyon, kademeli progresyon ve gerektiğinde nitelikli gözetimle yakından ilişkilidir. Yüksek şiddetli direnç egzersizleri tek başına “tehlikeli” olarak sınıflandırılmamalıdır; risk, bireyin hazırlık düzeyi ile uygulanan yük arasındaki uyumsuzluk, teknik bozulma ve yetersiz yük yönetimiyle artabilir. ACSM’nin direnç antrenmanı ilerleme modelleri, yüklenmenin bireyin antrenman düzeyi ve hedeflerine göre sistematik biçimde ilerletilmesini önermektedir (American College of Sports Medicine, 2009).

Çocuk ve adölesanlarda direnç antrenmanı konusunda geçmişte büyüme plağı hasarı gibi endişeler öne çıkmış olsa da uygun biçimde tasarlanan ve nitelikli gözetim altında gerçekleştirilen programların güvenli ve yararlı olabileceğine ilişkin güçlü bir görüş birliği bulunmaktadır. Gençlerde öncelik maksimal yük denemelerinden önce hareket tekniği, motor kontrol ve yaşa uygun progresyon olmalıdır (Faigenbaum et al., 2009).

Çocuk ve adölesanlarda kuvvet antrenmanı daha geniş bir fiziksel aktivite ve sağlık çerçevesi içinde değerlendirilmelidir. Ünlü, Aktaş ve Özdek (2026), 216 erken adölesanda fiziksel aktivite ile BKİ arasında düşük düzeyde negatif, fiziksel aktivite ile psikolojik iyi oluş arasında ise düşük düzeyde pozitif ilişki bildirmiştir. Çalışma doğrudan maksimal kuvvet antrenmanını incelememekle birlikte, gençlerde kuvvet gelişiminin fiziksel aktivite, vücut ağırlığı ve psikososyal sağlıkla birlikte ele alınmasının önemini desteklemektedir (Ünlü et al., 2026).

Benzer biçimde Özdek ve arkadaşları (2025), 216 ortaokul öğrencisinde fiziksel aktivite, vücut ağırlığı durumu, beslenme davranışları ve yaşam doyumu arasındaki ilişkileri incelemiş; fiziksel aktivite ile yaşam doyumu ve daha sağlıklı beslenme davranışları arasında pozitif ilişkiler bildirmiştir. Bu çalışma da doğrudan maksimal kuvvet antrenmanının etkisini test etmemektedir; ancak çocuk ve adölesanlara yönelik kuvvet çalışmalarının sağlıklı beslenme ve düzenli fiziksel aktivite alışkanlıklarını içeren bütüncül bir yaklaşım içinde planlanmasının önemini göstermektedir (Özdek et al., 2025).

Yaşlı bireylerde direnç antrenmanı, yaşla ilişkili kas kütlesi ve kuvvet kaybına karşı temel egzersiz stratejilerinden biridir. Fragala ve arkadaşlarının (2019) NSCA pozisyon bildirisinde direnç antrenmanının yaşlılarda kas kuvveti, fiziksel işlev ve bağımsızlığın korunmasına katkısı vurgulanmaktadır. Bu grupta yüksek şiddetli yüklerin kullanımı kronolojik yaştan çok bireyin

sağlık durumu, deneyimi, fonksiyonel kapasitesi ve tıbbi kontrendikasyonları dikkate alınarak planlanmalıdır.

Sporcularda sakatlık sonrası dönüş sürecinde maksimal kuvvet hedefleri rehabilitasyon evresine, doku iyileşmesine ve branş gereksinimlerine göre belirlenmelidir. Kuvvet açığının giderilmesi performansla dönüş açısından önemli olsa da erken dönemde agresif maksimal yüklenme uygun olmayabilir. Bu nedenle sağlık profesyonelleri, fizyoterapist ve kuvvet-kondisyon uzmanı arasındaki iletişim önem taşır.

10. Sonuç ve Uygulamalı Öneriler

Maksimal kuvvet, merkezi sinir sistemi ile kas-iskelet sisteminin koordineli çalışması sonucunda ortaya çıkan çok boyutlu bir nöromüsküler kapasitedir. Kas kesit alanı ve hipertrofi önemli olmakla birlikte motor ünite aktivasyonu, kas mimarisi, tendon özellikleri, biyomekanik ve teknik faktörler kuvvet üretiminin büyüklüğünü belirler. Direnç antrenmanının erken dönemlerinde nöral adaptasyonların, uzun vadede ise nöral gelişime eşlik eden morfolojik değişimlerin kuvvet kazanımına katkısı artmaktadır.

Maksimal kuvvetin değerlendirilmesinde 1TM yaygın ve kullanışlı bir yöntemdir; ancak test standardizasyonu, familiarizasyon ve egzersiz tekniği sonuçların güvenilirliği için kritiktir. İzometrik testler ve yük-hız profilleri, klasik 1TM testini tamamlayan ek bilgiler sağlayabilir. Antrenman reçetelendirmesinde yüksek relatif yükler maksimal kuvvet gelişimi için güçlü bir araçtır; bununla birlikte programın başarısı yalnızca yük yüzdesine değil, toplam hacim, sıklık, dinlenme, hareket kalitesi ve yorgunluk yönetimine bağlıdır.

Atletik performans açısından maksimal kuvvet sprint, sıçrama, yön değiştirme ve güç üretimi için önemli bir temel oluşturur. Bununla birlikte yüksek kuvvetin sportif performansa aktarılması için kuvvetin kısa sürede ve spora özgü yönlerde kullanılabilmesi gerekir. Bu nedenle maksimal kuvvet antrenmanı; sprint, plyometrik, balistik ve teknik çalışmalarla bütünleştirilmelidir.

Uygulamada antrenörlerin tek bir “ideal” program aramak yerine sporcunun antrenman yaşı, kuvvet düzeyi, branş gereksinimi, yarışma takvimi ve toparlanma kapasitesine göre bireyselleştirilmiş programlar oluşturması daha uygundur. Güncel kanıtlar farklı direnç antrenmanı reçetelerinin kuvvet gelişimi sağlayabildiğini, ancak maksimal kuvvet hedeflendiğinde yüksek yüklerin önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir (Currier et al., 2023). Böylece amaç yalnızca daha fazla ağırlık kaldıracak değil, geliştirdiği kuvveti sporun gerektirdiği zaman ve hareket koşullarında etkili biçimde kullanabilen sporcu oluşturmaktır.

Kaynaklar

- Aagaard, P., Andersen, J. L., Dyhre-Poulsen, P., et al. (2001). A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: Changes in muscle architecture. *The Journal of Physiology*, 534(2), 613–623. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.t01-1-00613.x>
- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Neural adaptation to resistance training: Changes in evoked V-wave and H-reflex responses. *Journal of Applied Physiology*, 92(6), 2309–2318.
- American College of Sports Medicine. (2009). Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(3), 687–708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>
- Banyard, H. G., Nosaka, K., Vernon, A. D., & Haff, G. G. (2017). The reliability of individualized load-velocity profiles. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(6), 763–769.
- Baysal, B., & Budak, H. (2025). Yüksek şiddetli egzersizlerde oksidatif stres. In B. Özlükan Şahin (Ed.), *Spor & Bilim 2025: Antrenman ve Sportif Performans-III* (pp. 44–61). Efe Akademi. <https://doi.org/10.59617/efepub2025227>
- Bohm, S., Mersmann, F., & Arampatzis, A. (2015). Human tendon adaptation in response to mechanical loading: A systematic review and meta-analysis of exercise intervention studies on healthy adults. *Sports Medicine - Open*, 1, 7.
- Borde, R., Hortobágyi, T., & Granacher, U. (2015). Dose-response relationships of resistance training in healthy old adults: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 45(12), 1693–1720.
- Budak, H. (2023a). Bireysel ve takım sporcularının toparlanma bilgi düzeylerinin karşılaştırılması. *Aksaray University Journal of Sport and Health Researches*. <https://doi.org/10.54152/asujshr.1288115>
- Budak, H. (2023b). Egzersiz sonrası gerçekleştirilen güncel fiziksel toparlanma yöntemleri ve performans: Literatür taraması. *Kilis 7 Aralık Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 7(1).
- Budak, H. (2023c). The effect of passive rest and sports massage recovery methods on blood lactate clearance after high-intensity exercise. *Mediterranean Journal of Sport Science*, 6(2). <https://doi.org/10.38021/asbid.1230326>

- Budak, H. (2024). Toparlanma sürecinde yeni bir yaklaşım: Titreşimli platform. In Z. Pancar (Ed.), *Teoriden Uygulamaya Her Yönüyle Spor* (pp. 77–90). Efe Akademi. <https://doi.org/10.59617/efepub2024137>
- Budak, H., & Koç, M. E. (2023). Sporda yorgunluk sonrası toparlanma ve foam roller yöntemi. In E. A. Uluç & S. Uluç (Eds.), *Spor Bilimleri Üzerine Araştırmalar-II* (pp. 135–152). Özgür Yayınları. <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub133.c529>
- Budak, H., & Özdek, B. (2025). Otonom sinir sistemi aktivasyonlarında kalp atım hızı değişkenliğinin rolü. In M. Açak & H. Abanoz (Eds.), *Spor & Bilim 2025: Sporcu Sağlığı* (pp. 97–112). Efe Akademi. <https://doi.org/10.59617/efepub2025134>
- Carroll, T. J., Riek, S., & Carson, R. G. (2001). Neural adaptations to resistance training: Implications for movement control. *Sports Medicine*, 31(12), 829–840.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011a). Developing maximal neuromuscular power: Part 1—Biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, 41(1), 17–38.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011b). Developing maximal neuromuscular power: Part 2—Training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, 41(2), 125–146.
- Currier, B. S., McLeod, J. C., Banfield, L., et al. (2023). Resistance training prescription for muscle strength and hypertrophy in healthy adults: A systematic review and Bayesian network meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 57(18), 1211–1220. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-106807>
- Del Vecchio, A., Casolo, A., Negro, F., et al. (2019). The increase in muscle force after 4 weeks of strength training is mediated by adaptations in motor unit recruitment and rate coding. *The Journal of Physiology*, 597(7), 1873–1887.
- Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J. R., et al. (2009). Youth resistance training: Updated position statement paper from the National Strength and Conditioning Association. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(Suppl 5), S60–S79. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31819df407>
- Fleck, S. J., & Kraemer, W. J. (2014). *Designing resistance training programs* (4th ed.). Human Kinetics.
- Folland, J. P., & Williams, A. G. (2007). The adaptations to strength training: Morphological and neurological contributions to increased strength.

Sports Medicine, 37(2), 145–168. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737020-00004>

- Fragala, M. S., Cadore, E. L., Dorgo, S., et al. (2019). Resistance training for older adults: Position statement from the National Strength and Conditioning Association. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(8), 2019–2052. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003230>
- Franchi, M. V., Reeves, N. D., & Narici, M. V. (2017). Skeletal muscle remodeling in response to eccentric vs. concentric loading: Morphological, molecular, and metabolic adaptations. *Frontiers in Physiology*, 8, 447.
- García-Valverde, A., Manresa-Rocamora, A., Hernández-Davó, J. L., & Sabido, R. (2022). Effect of weightlifting training on jumping ability, sprinting performance and squat strength: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 17(4), 927–950.
- 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(5), 347–352.
- González-Badillo, J. J., Marques, M. C., & Sánchez-Medina, L. (2011). The importance of movement velocity as a measure to control resistance training intensity. *Journal of Human Kinetics*, 29A, 15–19. <https://doi.org/10.2478/v10078-011-0053-6>
- Grgic, J., Lazinica, B., Schoenfeld, B. J., & Pedisic, Z. (2020). Test-retest reliability of the one-repetition maximum (1RM) strength assessment: A systematic review. *Sports Medicine - Open*, 6, 31. <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00260-z>
- Grgic, J., Schoenfeld, B. J., & Latella, C. (2020). Resistance training frequency and skeletal muscle hypertrophy: A review of available evidence. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22, 361–370.
- Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Davies, T. B., Lazinica, B., Krieger, J. W., & Pedisic, Z. (2018). Effect of resistance training frequency on gains in muscular strength: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 48(5), 1207–1220.
- Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Orazem, J., & Sabol, F. (2020). Effects of resistance training with different loads on muscle fiber hypertrophy: A meta-analysis. *Journal of Human Kinetics*, 74, 51–58. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0013>
- Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Orazem, J., & Sabol, F. (2022). Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular

- strength and hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*, 11(2), 202–211. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.01.007>
- Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Skrepnik, M., Davies, T. B., & Mikulic, P. (2018). Effects of rest interval duration in resistance training on measures of muscular strength: A systematic review. *Sports Medicine*, 48(1), 137–151. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0788-x>
- 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. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.926972>
- Huang, Z., Sun, J., Li, D., Chen, C., & Wang, D. (2025). Autoregulated resistance training for maximal strength enhancement: A systematic review and network meta-analysis. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 23(4), 360–369. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2025.07.006>
- Issurin, V. B. (2010). New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports Medicine*, 40(3), 189–206.
- Karahan, M., & Özdek, B. (2025). Sıklet sporcularında hızlı vücut ağırlığı kaybı ile ilişkili oksidatif stres ve kas hasarı. <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub639.c2719>
- Keogh, J. W. L., & Winwood, P. W. (2017). The epidemiology of injuries across the weight-training sports. *Sports Medicine*, 47(3), 479–501.
- Kidgell, D. J., Bonanno, D. R., Frazer, A. K., Howatson, G., & Pearce, A. J. (2017). Corticospinal responses following strength training: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Neuroscience*, 46(11), 2648–2661.
- Konca, E. (2025). Antrenmanda yüklenme ve toparlanma süreçleri. In M. Açak & H. Abanoz (Eds.), *Spor & Bilim 2025: Sporcu Sağlığı* (pp. 83–96). Efe Akademi. <https://doi.org/10.59617/efepub2025134>
- Larsen, S., Kristiansen, E., & van den Tillaar, R. (2021). Effects of subjective and objective autoregulation methods for intensity and volume on enhancing maximal strength during resistance-training interventions: A systematic review. *PeerJ*, 9, e10663. <https://doi.org/10.7717/peerj.10663>
- Lesinski, M., Prieske, O., & Granacher, U. (2016). Effects and dose-response relationships of resistance training on physical performance in youth athletes: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50(13), 781–795.

- Lloyd, R. S., Faigenbaum, A. D., Stone, M. H., et al. (2014). Position statement on youth resistance training: The 2014 International Consensus. *British Journal of Sports Medicine*, 48(7), 498–505.
- Lopez, P., Radaelli, R., Taaffe, D. R., et al. (2021). Resistance training load effects on muscle hypertrophy and strength gain: Systematic review and network meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 53(6), 1206–1216. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002585>
- Maffiuletti, N. A., Aagaard, P., Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: Physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*, 116(6), 1091–1116.
- Moesgaard, L., Beck, M. M., Christiansen, L., Aagaard, P., & Lundbye-Jensen, J. (2022). Effects of periodization on strength and muscle hypertrophy in volume-equated resistance training programs: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 52(7), 1647–1666. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01636-1>
- Morin, J.-B., Edouard, P., & Samozino, P. (2011). Technical ability of force application as a determinant factor of sprint performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(9), 1680–1688.
- Nunes, J. P., Grgic, J., Cunha, P. M., et al. (2020). What influence does resistance exercise order have on muscular strength gains and muscle hypertrophy? A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Sport Science*, 21(2), 149–157.
- Orange, S. T., Hritz, A., Pearson, L., Jeffries, O., Jones, T. W., & Steele, J. (2022). Comparison of the effects of velocity-based vs. traditional resistance training methods on adaptations in strength, power, and sprint speed: A systematic review, meta-analysis, and quality of evidence appraisal. *Journal of Sports Sciences*, 40(11), 1220–1234. <https://doi.org/10.1080/02640414.2022.2059320>
- Özdek, B., Aktaş, Ö., Ünlü, H., & Karahan, M. (2025). Relationships between weight status, physical activity, nutritional behaviors, and life satisfaction in middle school students. *Journal of Education and Recreation Patterns*, 6(2), 243–261. <https://doi.org/10.53016/jerp.v6i2.321>
- Özdek, B., Budak, H., Karaduman, E., Karaduman, E., Uzun, M. E., & Yılmaz, A. K. (2026). Effects of rapid weight loss and rapid weight regain on oxidant status and muscle damage in judo athletes. *Frontiers in Physiology*, 17, 1953888. <https://doi.org/10.3389/fphys.2026.1953888>
- Pallarés, J. G., Hernández-Belmonte, A., Martínez-Cava, A., Vetrovsky, T., Steffl, M., & Courel-Ibáñez, J. (2021). Effects of range of motion on

- resistance training adaptations: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 31(10), 1866–1881. <https://doi.org/10.1111/sms.14006>
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., et al. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(7), 724–735.
- Peterson, M. D., Rhea, M. R., & Alvar, B. A. (2004). Maximizing strength development in athletes: A meta-analysis to determine the dose-response relationship. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(2), 377–382.
- Picerno, P., Iannetta, D., Comotto, S., et al. (2016). 1RM prediction: A novel methodology based on the force-velocity and load-velocity relationships. *European Journal of Applied Physiology*, 116(10), 2035–2043. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3457-0>
- Ralston, G. W., Kilgore, L., Wyatt, F. B., & Baker, J. S. (2017). The effect of weekly set volume on strength gain: A meta-analysis. *Sports Medicine*, 47(12), 2585–2601. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0762-7>
- Roberts, B. M., Nuckols, G., & Krieger, J. W. (2020). Sex differences in resistance training: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(5), 1448–1460.
- Roig, M., O'Brien, K., Kirk, G., et al. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: A systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 43(8), 556–568.
- Schoenfeld, B. J., Grgic, J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017). Strength and hypertrophy adaptations between low- vs. high-load resistance training: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(12), 3508–3523.
- Schumann, M., Feuerbacher, J. F., Sünkel, M., et al. (2022). Compatibility of concurrent aerobic and strength training for skeletal muscle size and function: An updated systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 52, 601–612.
- Seitz, L. B., Reyes, A., Tran, T. T., de Villarreal, E. S., & Haff, G. G. (2014). Increases in lower-body strength transfer positively to sprint performance: A systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine*, 44(12), 1693–1702.
- Seynnes, O. R., de Boer, M., & Narici, M. V. (2007). Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity

- resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 102(1), 368–373. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00789.2006>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419–1449. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The importance of muscular strength: Training considerations. *Sports Medicine*, 48(4), 765–785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>
- Ünlü, H., Aktaş, Ö., & Özdek, B. (2026). Obesity prevalence, physical activity, screen exposure and psychological well-being: A study on early adolescents. *Turkish Journal of Sports Science*, 10(1), 29–39. <https://doi.org/10.32706/tusbid.1823789>
- Vieira, A. F., Umpierre, D., Teodoro, J. L., et al. (2021). Effects of resistance training performed to failure or not to failure on muscle strength, hypertrophy, and power output: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(4), 1165–1175. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003936>
- Wackerhage, H., Schoenfeld, B. J., Hamilton, D. L., Lehti, M., & Hulmi, J. J. (2019). Stimuli and sensors that initiate skeletal muscle hypertrophy following resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 126(1), 30–43.
- Williams, T. D., Toluoso, D. V., Fedewa, M. V., & Esco, M. R. (2017). Comparison of periodized and non-periodized resistance training on maximal strength: A meta-analysis. *Sports Medicine*, 47(10), 2083–2100.
- Wilson, J. M., Marin, P. J., Rhea, M. R., Wilson, S. M. C., Loenneke, J. P., & Anderson, J. C. (2012). Concurrent training: A meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(8), 2293–2307.
- Zhang, M., Tan, Q., Sun, J., et al. (2022). Comparison of velocity and percentage-based training on maximal strength: Meta-analysis. *International Journal of Sports Medicine*, 43(12), 981–995. <https://doi.org/10.1055/a-1790-8546>
- Zhang, X., Li, H., Bi, S., Luo, Y., Cao, Y., & Zhang, G. (2021). Auto-regulation method vs. fixed-loading method in maximum strength training for athletes: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 12, 651112.
- Zhou, X., et al. (2025). Effects of strength training on neuromuscular adaptations in the development of maximal strength: A systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*.

4. Bölüm

Sporcularda Hidrasyon Yönetimi: Dehidrasyonun Performansa Etkileri ve Sporcu İçecekleri

Oğuzhan TUNCEL¹

1. Giriş

Sportif performansın optimizasyonu ve sürdürülebilirliği, antrenman programlamasının doğru kullanılmasının yanı sıra egzersiz öncesi, esnası ve sonrasında bütüncül beslenme ile hidrasyon protokollerinin etkin bir şekilde uygulanmasına dayanmaktadır (Ulupınar ve ark., 2020). Vücut sıvı düzeyi; sistemik dolaşım hacminin korunması, substrat ve metabolit nakli, hücresel düzeydeki biyokimyasal reaksiyonlar, elektrolit dengesi ve termoregülatör süreçler gibi kilit fizyolojik fonksiyonlarda kritik rol üstlenmektedir (Périard ve ark., 2021). Fiziksel aktivite esnasında kas dokusundaki metabolik ivmelenmeye bağlı olarak belirgin bir ısı ortaya çıkarmakta ve bu termal yükün uzaklaştırılmasında terleme ana disipasyon mekanizması işlevi görmektedir. Bu doğrultuda egzersiz; bir taraftan enerji ile oksijen ihtiyacını yükselterek performansı sınırlandırırken, diğer taraftan da vücut hidrasyonu ve elektrolit dengesi üzerinde fizyolojik stres oluşturmaktadır (Ersoy, 2010). Sporcuların yapmış oldukları spor dallarının fizyolojik taleplerini karşılaması, egzersize olan hormonal, kassal ve diğer fizyolojik adaptasyonların daha etkili bir biçimde gerçekleştirilebilmesi ve aynı zamanda besinsel açıdan gerekli dengenin sağlanabilmesi sportif performansın korunmasında önem arz etmektedir (Ulupınar ve ark., 2020).

Yüksek eforlu antrenmanlar ve müsabakalar sırasında terleme yoluyla aşırı sıvı ve elektrolit kaybı yaşayan sporcuların, dehidrasyonu önlemek amacıyla yeterli miktarda sıvı tüketmeleri gerekmektedir (Ersoy, 2010). Su kayıp miktarı; egzersizin süresi, şiddeti, çevresel sıcaklık, nem, kıyafet, bireysel terleme hızı ve sporcu özelliklerine göre değişebilmektedir. Aktif sporcuların sıcak ortam şartlarına maruz kalması durumunda, günlük su kaybı 4 ila 10 litre arasında değişirken, sodyum kaybı ise 3500 ila 7000 mg aralığında gerçekleşebilir. Bu kayıplar, su ve elektrolit dengesindeki önemli eksikliklere yol açabilmektedir. Vücut suyunun homeostatik olarak "normal" toplam seviyeye yeniden

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Iğdır Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, oguzhantuncel@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-7434-2017.

ulaşabilmesi için, yalnızca suyun değil, aynı zamanda sodyumun da yerine konması gerekmektedir (Shirreffs & Sawka, 2011). Oluşan sıvı kaybı yerine konmadığında dehidrasyon gelişebilir (Baysal, 1999).

Dehidrasyonun derecesi arttıkça fizyolojik ve performans üzerindeki yükü de artabilir (McDermott ve ark., 2017). Dehidrasyonun bozulması, homeostazın konsantrasyonuyla kendini gösterir. Bu durum, kan hacminde azalma, plazma osmolalitesinde artış ve elektrolit oranlarında azalmaya yol açar. Sonuç olarak, organizma sistemi üzerindeki yük artar; Kalp debisi düşer ve kan basıncı değişiklikleri meydana gelir. Terleme yoluyla kaybedilen sıvı miktarı artırılır, vücut ısısının düzenlenmesini zorlaştırarak ısınma stresi ve hipertermi riski artar. Ayrıca böbrek gelişiminin olumsuz etkilenmesi, kas yorgunluğu ve koordinasyon bozuklukları gibi nöromusküler problemlere de sebep olabilir (Shirreffs & Sawka, 2011). Performans açısından dehidrasyon, dayanıklılık ve güç kapasitesinde belirgin azalmalarla kendini gösterebilir. Azalan plazma hacmi nedeniyle kaslara yeterli oksijen ulaşmadığında, yorgunluk hissi hızlanabilir. Ayrıca, zihinsel performans ve zayıflamanın azalması sporcuların karar verme mekanizmalarını olumsuz etkileyebilir. Müsabakalar bir araya geldiğinde hem Müsabaka etkinliği hem de müsabaka performansı gerileyebilir (Maughan & Shirreffs, 2010). Bu nedenle sporcularda dehidrasyonun önlenmesi hem sağlık hem de performans bütünlüğü açısından kritik bir yapıya sahiptir.

Egzersiz öncesi, sırası ve sonrasında uygun sıvı tüketimi hidrasyon yönetiminin temelini oluşturmaktadır. Ancak uzun süreli veya yoğun egzersizlerde yalnızca su yeterli olmayabilir, çünkü terle birlikte bazı elektrolitler de kaybedilebilir ve uzun süreli egzersizde karbonhidrat gereksiniminin ortaya çıkabilir (Borra ve ark., 2025). Bazı siklet sporlarında (kickboks, boks, güreş vb.) kilo kaybetmek için sporcular sıvı kaybı oluşturur ve uzun süreli egzersiz, sıcak ortamlarda fiziksel aktivite, sauna, laksatif ilaç kullanımı gibi yöntemleri tercih etmektedirler. Ancak bu uygulamalar sonucunda vücutta dehidrasyon görülebilmektedir. Bu dehidrasyon sonucunda bazı sporcularda elektrolit ve mineral dengesizliklerinin olması muhtemeldir. Elektrolit ve mineral dengesinin bozulması sporcularda kas krampları hem fizyolojik hem de psikolojik sıkıntılar doğurabilir. Daha sonrasında da tartı sonrası sıvı ihtiyacını karşılamak için aşırı su tüketilmesi, sporcularda sodyum düzeyinin normal değerlerin altına düşmesinden dolayı hiponatremiye sebep olabilir. Sonuç olarak suyun hem yetersiz hem de aşırı tüketilmesi, sporcunun müsabaka performansını düşürebilir ve sağlık problemlerine yol açabilir (Ulupınar ve ark., 2020).

2. Hidrasyonun Fizyolojik Temelleri

2.1. Vücut suyu ve sıvı kompartmanları

Su, insan vücudunun temel bileşenlerinden biridir. Yetişkin bir insanın vücut kütlesi ortalama %50-70 oranında sudan oluşmaktadır. Bu oran kişiden kişiye yaş, cinsiyet ve vücut kompozisyonuna göre değişmektedir. Yağsız vücut kütlesinin yaklaşık %73'ünün su, yağlı vücut kütlesinin ise daha düşük miktarı su içerir. Bu nedenle daha yüksek yağsız kütleye sahip olan sporcuların toplam vücut suyu oranını görece daha yüksek olabilir (Sawka ve ark., 2015).

Vücut suyu, hücre zarıyla ayrılan intraselüler sıvı (ICF) ve ekstraselüler sıvı (ECF) olmak üzere ikiye ayrılır. İntraselüler sıvı toplam vücut suyunun yaklaşık üçte ikisini hücre içinde oluştururken, ekstraselüler sıvı da yaklaşık üçte birini hücre dışında oluşturur. Exrtaselüler sıvı temel olarak interstisyel sıvı ve kan plazmasından oluşmaktadır (Cheuvront & Kenefick, 2014). Extraselüler sıvının başlıca katyonu sodyum (Na^+), intraselüler sıvının katyonu ise potasyum(K^+)'dur. Su hücre içi ve dışı arasında ozmotik gradyanlara göre hareket eder. Plazma ve interstisyel alan arasındaki dağılım da ise hidrostatik ve onkotik basınçlar rol oynamaktadır (McDermott ve ark., 2017).

Egzersiz esnasında ve terleme sırasında kaybedilen sıvı miktarı, doğrudan tüm kompartmanlarda eşit miktarda gitmemektedir. Terin genellikle vücut sıvılarına göre hipotonik olması nedeniyle ekstraselüler sıvının osmolalitesi artabilir ve bu da hücre içi sıvısının hücre dışına hareket etmesine neden olabilir (Königstein ve ark., 2022). Egzersize bağlı sıvı kaybı plazma hacminde azalmaya yol açabilmektedir. Plazma hacmindeki azalma, yeterli kan akışının sürdürülmesini zorlaştırabilir ve deri kan akımı ile terleme yanıtlarını etkileyerek vücut sıcaklığı üzerinde ek bir yük oluşturabilir (McDermott ve ark., 2017).

2.2. Egzersiz sırasında termoregülasyon ve terleme

Egzersiz sırasında artan metabolik aktivite, önemli miktarda ısı üretimine neden olmakta ve bu durum vücut sıcaklığının yükselme eğilimine girmesine yol açabilmektedir. Vücut sıcaklığının fizyolojik sınırlar içerisinde tutulabilmesi için üretilen ısıнын çevreye aktarılması gerekmekte ve bu süreç mekanizmaları, termoregülatuar tarafından kontrol edilmektedir (Périard ve ark., 2021). Vücuttan çevre ısı transferi, radyasyon, konveksiyon, Kondüksiyon ve evaporasyon yoluyla gerçekleşmektedir. Egzersiz sırasında çevre sıcaklığının yüksek olduğu koşullarda, terin deri yüzeyinden buharlaşması temel ısı kaybı mekanizması haline gelmektedir. Bu nedenle termoregülatuar açıdan önemli olan yalnızca ter üretimi değil, üretilen terin etkin biçimde buharlaşabilmesidir (Barnes ve ark., 2019).

Vücut sıcaklığındaki artış, merkezi ve periferik termoreseptörlerden gelen uyarılar aracılığıyla termoregülatuar merkezlerini aktive etmekte ve sempatik kolinerjik yollar üzerinden etkin ter bezlerinin uyarılmasına neden olabilmektedir. Ter büyük ölçüde sudan oluşmakla birlikte, başta sodyum ve klorür olmak üzere çeşitli elektrolitler de içerebilir. Dolayısıyla uzun süreli veya yoğun egzersizlerde terleme yalnızca vücut suyunun değil, elektrolitlerin de kaybına neden olabilir (McCubbin, 2023).

Terlemeye yanıt tüm sporcular da aynı değildir. Terleme hızı ve ter elektrolit içeriği; egzersizin şiddeti, çevresel sıcaklık ve nem, vücut büyüklüğü, kondisyon düzeyi, sıcak ortama uyum ve bireysel fizyolojik özelliklere bağlı olarak önemli farklılıklar gösterebilmektedir (Baker, 2017). Bu nedenle egzersiz sırasında ortaya çıkan toplam sıvı ve elektrolit kayıpları da bireysel olarak değişmekte, yüksek terleme hızlarında hidrasyon durumunun korunması giderek daha önemli hale gelmektedir. Terleme ile oluşan bu sıvı ve elektrolit kayıplarının yeterince yerine konulmaması ise zamanla hiper hidrasyon ve dehidrasyon gelişimine zemin hazırlayabilir (Périard ve ark., 2021).

2.3. Elektrolit dengesi

Elektrolitler vücut sıvılarında elektriksel olarak yüklü iyonlar halinde bulunan ve sıvı dağılımı, ozmotik denge, sinir iletimi ve kas fonksiyonlarının sürdürülmesinde önemli rol oynayan minerallerdir. Sodyum ekstraselüler, potasyum ise intraselüler sıvının başlıca katyonunu oluştururken, klorür ekstraselüler ortamın temel anyonlarından biridir. Bu nedenle vücut sıvı dengesinin korunması yalnızca toplam su miktarının değil, aynı zamanda su ile elektrolitler arasındaki ilişkinin düzenlenmesini de gerektirmektedir (McCubbin, 2025).

Uzun süreli egzersizlerde sıvı ve elektrolit kayıplarının uygun şekilde karşılanmaması elektrolit dengesinin bozulmasına yol açabilir. Su ve sodyum arasındaki dengenin bozulması plazma sodyum konsantrasyonunda değişikliklere neden olabilmektedir. Egzersizle ilişkili hiponatremi, egzersiz sırasında veya sonrasında 24 saat içerisinde serum ya da plazma sodyum konsantrasyonunun 135 mmol/L'nin altına düşmesi olarak tanımlanmakta ve uzun süreli aktivitelerde aşırı sıvı tüketimi risk oluşturabilmektedir (Armstrong ve ark., 2025).

Dolayısıyla egzersiz sırasında elektrolit replasman için standart bir yaklaşım yerine sporcunun terleme hızı ve ter sodyum konsantrasyonu egzersizin süresi ve çevresel koşullar dikkate alınarak, bireyselleştirilmiş stratejilerin geliştirilmesi daha uygun olabilir. Sıvı ve elektrolitlerin birlikte yerine konulması gereksinimi

ise uzun süreli ve yüksek ter kaybıyla gerçekleştirilen aktivitelerde sporcu içeriklerinin kullanımını gündeme getirmektedir.

3. Egzersize Bağlı Dehidrasyon

Egzersize bağlı Dehidrasyon oluşumu, vücuttan sıvı kaybının sıvı alımını aşması sonucu toplam vücut suyunun azalmasına neden olabilmektedir. Dehidrasyon, vücut suyunun kaybedildiği süreci ifade ederken hiperhidratasyon bu kayıp sonucunda ortaya çıkan düşük vücut suyu durumunu tanımlamaktadır (Cheuvront & Kenefick, 2014; Sawka ve ark., 2015). Egzersizde sıvı kaybını belirleyen faktörler egzersiz süresi ve şiddeti, sıcaklık ve nem, hava hareketi, kullanılan kıyafet, koruyucu ekipman, sporcu vücut büyüklüğü, sıcak ortama aklimatizasyon ve bireysel terleme hızı, antrenman öncesi hidrasyon durumu ve egzersiz esnasında sıvıya ulaşma olanaklarıdır. Terleme hızları aynı spor dalında bile büyük değişiklik gösterebilir (Périard ve ark., 2021).

Nuccio ve ark. dehidrasyon 'un büyüklüğünü ve vücut kütlesi kaybını egzersize bağlı akut sıvı kaybının, uygulamada genellikle egzersiz öncesi ve sonrası vücut kütlesindeki değişim üzerinden ifade edilebileceğini ve %2'nin üzerindeki vücut kütlesi kaybını belirgin hiperhidratasyon düzeyi olarak değerlendirmiştir (Nuccio ve ark., 2017).

Dehidrasyon, ekstraselüler ve intraselüler sıvı hacimlerini, plazma hacmini etkileyebilir ve aynı zamanda plazma Osmolaritesini ve kardiyovasküler termoregülatör yükü arttırabilir. Bu fizyolojik değişikliklerin büyüklüğü hidrasyonun derecesi ve egzersizin gerçekleştirildiği çevresel koşullara bağlı olarak değişmekte ve belirli koşullarda sportif performansın sürdürülmesini güçleştirmektedir (Deshayes ve ark., 2020). James ve arkadaşları (2019), hiperhidratasyon araştırmalarındaki metodolojik sınırlılıkları değerlendirdikleri derlemede yaklaşık %2-3 düzeyindeki vücut kütlesi kaybının sıcak ortamda gerçekleştirilen dayanıklılık egzersizlerinde performansı olumsuz etkileyebileceğini bildirmiştir.

4. Dehidrasyonun Sporcu Performansına Etkileri

4.1. Kardiyovasküler etkiler

Egzersize bağlı dehidrasyonun kardiyovasküler sistem üzerindeki temel etkilerinden biri dolaşımdaki sıvı hacminin azalmasıdır. Uzun süreli egzersiz sırasında gelişen hipovolemi, venöz dönüşü ve kalbin diyastolik doluşunu azaltarak ventriküler preload'un düşmesine neden olabilmektedir (Watanabe ve ark., 2020). Dehidrasyon ilerlemesi, atım hacmindeki düşüşü ve buna eşlik eden taşikardik yanıtı belirginleştirerek aynı mutlak egzersiz şiddetinde kardiyovasküler yükün artmasına yol açabilir (Souissi ve ark., 2021).

Dehidrasyon şiddeti arttığında kalp hızındaki kompensatuvar artış, atım hacmindeki azalmayı tamamen karşılamayabilir ve bunun sonucunda kalp debisi düşebilir (James ve ark., 2019). Watanabe ve ark. (2020), sekiz katılımcı ile yürüttükleri çalışmada sıcak ortamda iki saatlik bisiklet egzersizini dehidrasyon ve hidrasyon koşullarında karşılaştırıp, dehidrasyon koşulunda yaklaşık %4,0 vücut kütlesi kaybı oluştuğunu bulmuşlardır. Atım hacmi, kalp debisi, kan hacmi, sol ventrikül diyastol sonu hacmi ve periferik kan akımı azaldığını ve kalp hızının ise yükseldiğini bulmuşlardır. Bu nedenle Dehidrasyona eşlik eden azalmış atım hacmi artmış kalp hızı ve ilerleyen koşullarda düşen kalp debisi aynı mutlak egzersiz yükünün daha yüksek kardiyovasküler stres altında sürdürülmesine neden olmakta ve uzun süreli dayanıklılık egzersizlerinin performansını sınırlandırabilir.

4.2. Termoregülasyon üzerindeki etkiler

Egzersize bağlı dehidrasyon vücut ısısının düzenlenmesinde görev alan temel mekanizmaları olumsuz etkileyebilmektedir. Toplam vücut suyundaki azalma plazma hacminin düşmesine ve plazma osmolalitesinin artmasına neden olarak terleme ve deri kan akımı yanıtlarının başlamasını geciktirebilir veya bu yanıtların büyüklüğünü azaltabilir (Kenefick ve ark., 2016). Dehidrasyona eşlik eden plazma hiperosmolalitesi, terleme yanıtının başlamasını tetiklemekte ve çekirdek sıcaklığındaki artışa karşı terleme yanıtının duyarlılığını azaltabilmektedir. Bunun sonucunda terin buharlaşması yoluyla gerçekleşen ısı kaybı sınırlanmakta ve egzersiz sırasında vücutta daha fazla ısı birikmesine zemin hazırlamaktadır (Sawka, 1992).

Dehidrasyonun Termoregülasyon üzerindeki diğer etkisi kutanöz kan akımının sınırlandırılmasıdır. Terleme sonucu gelişen hipovolemi egzersiz sırasında aktif kaslara ve deri dolaşımına yeterli kan akımının eşzamanlı olarak sürdürülmesini güçleştirebilir deri kan akımındaki azalma ise metabolik olarak üretilen ısının vücut merkezinden deri yüzeyine taşınmasını sınırlandırarak ısı depolanmasını arttırabilir (Nose ve ark., 2018). Dolayısıyla Dehidrasyon terleme ve derin kan akımı gibi temel ısı kaybı mekanizmalarını sınırlandırarak vücutta ısı depolanmasını ve Çekirdek sıcaklığındaki artışı hızlandırabilmektedir. Bu termal, büyük sıcak çevre koşullarında belirginleşmekte ve egzersiz toleransının azalmasına ve sportif performansın sınırlandırılmasına neden bulunabilmektedir (Nose ve Takamata, 2019).

4.3. Dayanıklılık performansı

Dehidrasyonun performans üzerindeki etkileri, uzun süreli dayanıklılık aktivitelerinde daha belirgin hale gelebilmektedir (Mougin ve ark., 2025). Vücut

sıvı kaybı arttıkça kardiyovasküler ve termoregülatuar yükün artması, belirli bir egzersiz şiddetinin sürdürülebilmesini güçleştirebilir. Deshayes ve arkadaşlarının (2020) sistematik derleme ve meta-analizinde 15 makaledeki 186 katılımcının verileri incelenmiş, egzersiz öncesi ortalama %3,6 vücut kütlesi kaybı bulunan hipohidrasyon koşulunda aerobik egzersiz performansı ortalama yaklaşık %2,4 daha düşük bulunmuştur ve maksimal oksijen tüketimini olumsuz etkilediği bildirilmiştir.

Dehidrasyonun dayanıklılık performansı üzerindeki olumsuz etkisi tek bir fizyolojik mekanizma ile açıklanamamaktadır. Azalan dolaşım hacmi ve artan termal yükün yanı sıra enerji metabolizmasındaki değişiklikler de uzun süreli egzersizin sürdürülebilirliğini etkileyebilir. Mougin ve arkadaşlarının (2025) meta-analizinde ise, dehidrasyonun uzun süreli egzersiz sırasında karbonhidrat oksidasyonu ve kas glikojen kullanımını artırdığı, sıcak çevre koşullarında karbonhidrat kullanımındaki artışın daha belirgin olduğu gösterilmiştir. Dehidrasyonun dayanıklılık performansı üzerindeki etkileri yalnızca sıcak çevre koşullarıyla sınırlı olmayabilir. Funnell ve arkadaşları (2023), yaklaşık %2,2 oranında egzersize bağlı vücut kütlesi kaybının ardından gerçekleştirilen 3 km koşu zaman denemesinde performansın öhidrate koşula kıyasla yaklaşık %6 azaldığını bildirmiştir. Ilıman çevresel koşullarda dahi belirgin hipohidrasyonun koşu performansını olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir.

Bununla birlikte, dehidrasyonun dayanıklılık performansı üzerindeki etkisinin tüm sporcular ve egzersiz koşulları için aynı büyüklükte olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır. Sıvı kaybının derecesi, egzersizin süresi ve türü, çevresel koşullar ve sporcunun bireysel özellikleri bu ilişkinin büyüklüğünü değiştirebilmektedir. Ayrıca dehidrasyonun artması algılanan eforun yükselmesine katkıda bulunabilmekte, böylece aynı mutlak egzersiz şiddetinin sporcu tarafından daha zor algılanmasına ve egzersizin sürdürülebilirliğinin azalmasına neden olabilmektedir (Deshayes ve ark., 2022).

4.4. Algılanan efor ve yorgunluk

Dehidrasyon, egzersiz sırasında meydana gelen kardiyovasküler ve termoregülatuar yükün yanı sıra egzersizin subjektif olarak daha zor algılanmasına da neden olabilmektedir. Algılanan eforun artması, sporcunun aynı mutlak egzersiz şiddetini sürdürebilmesini güçleştirerek yorgunluk hissinin daha erken ortaya çıkmasına neden bulunabilir. Deshayes ve arkadaşlarının (2022) 16 çalışma ve 147 katılımcıyı kapsayan meta-analizinde, egzersize bağlı dehidrasyon düzeyi arttıkça algılanan eforun da yükseldiği; vücut kütlesindeki her %1'lik ek kaybın RPE'de yaklaşık 0,21 puanlık artışla ilişkili olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte, yazarlar bu etkinin pratik açıdan anlamlı hale

gelmesinin yaklaşık %3 ve üzerindeki vücut kütlesi kayıplarında daha olası olduğunu belirtmiştir.

Kızılkın ve Mor (2023), 18-22 yaşlarında 24 erkek güreşçiyi deney ve kontrol gruplarına ayırarak akut sıvı kaybının etkilerini incelemiştir. Vücut ağırlığı kaybı antrenmanı uygulanan deney grubunda algılanan zorluk derecesinin kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($6,66 \pm 1,23$ 'e karşı $2,91 \pm 0,79$; $p=.001$). Buna karşılık dikey sıçrama, anaerobik güç ve reaksiyon zamanı gibi bazı fiziksel performans göstergelerinde gruplar arasında anlamlı farklılık görülmemesi, sıvı kaybının bazı koşullarda fiziksel performansta belirgin bir bozulma ortaya çıkmadan önce egzersizin subjektif zorluğunu artırabileceğini düşündürmektedir.

4.5. kuvvet performansı

Dehidrasyonun kuvvet performansı üzerindeki etkileri, dayanıklılık performansına kıyasla daha değişken görünmektedir. Meta-analitik bulgular hipohidrasyonun kas kuvveti, kas dayanıklılığı ve anaerobik güçte azalmaya yol açabileceğini göstermekle birlikte, etkinin büyüklüğü kullanılan performans testi ve dehidrasyon yöntemine göre değişmektedir (Savoie ve ark., 2015). Ayrıca maksimal kuvvetin her kasılma koşulunda aynı ölçüde etkilenmediğini; düşük hızdaki kuvvet üretimi, yorgunluğa direnç ve hızlı kuvvet geliştirme kapasitesinin dehidrasyona daha duyarlı olabileceğini göstermektedir (Francisco ve ark., 2024).

Arnautis ve Neophytou (2025), elit karate sporcularında çok güzel bir randomize çapraz çalışma yapmışlar. 14 elit erkek karateci, öhidrate ve yaklaşık %2 vücut kütlesi kaybıyla dehidrate koşullarda değerlendirmişlerdir. Squat jump, CMJ ve farklı hızlarda izokinetik diz fleksiyon/ekstansiyon testleri yapılmış. Dehidrasyon squat jump yüksekliğini ve güç çıktısını azalttığını; ayrıca $60^\circ/\text{s}$ gibi düşük hızdaki diz ekstansiyon ve fleksiyon kuvvetinin bozulduğunu, fakat daha yüksek hızlardaki izokinetik performans ve CMJ anlamlı biçimde etkilenmediği bulunmuştur.

Elliott ve arkadaşları (2026), 11 erkek futbolcuda sıcak ortamda aralıklı egzersiz öncesi ve sonrası hidrasyon durumunun nöromusküler performansa etkisini incelemiş, izometrik diz ekstansiyonu sırasında rate of torque development (RTD) ölçmüşler ve hipohidrasyon koşulunda ilk 30, 50 ve 100 ms'deki kuvvet geliştirme hızının daha düşük olduğunu göstermişler.

4.6. Bilişsel ve teknik performans

Sportif performans yalnızca fiziksel kapasiteye değil, dikkat, reaksiyon zamanı, karar verme ve çalışma belleği gibi bilişsel süreçlerin etkin biçimde

sürdürülebilmesine de bağlıdır. Dehidrasyonun bu bilişsel işlevler üzerindeki etkilerine ilişkin bulgular değişken olmakla birlikte, daha yüksek düzeyde hipohidrasyonun ve buna eşlik eden sıcaklık stresinin bilişsel performansta bozulmalara yol açabileceği bildirilmektedir. Dube ve arkadaşlarının (2022) sistematik derlemesinde %3-5 düzeyindeki vücut kütlesi kayıplarında bilişsel performans ve duygu durumundaki bozulmaların daha belirgin olduğu gösterilmiştir.

Teknik performans açısından da beceriye özgü etkiler görülebilmektedir. Zheng ve arkadaşları (2024), tekvando sporcularında öhidrasyon ile %2 ve %4 düzeyindeki hipohidrasyon koşullarını karşılaştırmış; öhidrate durumda reaksiyon hızının daha iyi olduğunu ve ön-yan tekme başarı oranının hipohidrasyonla birlikte azaldığını göstermiştir. Bununla birlikte, diğer bazı tekme tekniklerinde anlamlı farklılık görülmemesi, dehidrasyonun teknik performans üzerindeki etkisinin kullanılan becerinin özelliklerine göre değişebileceğini göstermektedir. Sıvı kaybının büyüklüğü, çevresel sıcaklık, egzersizin süresi ve kullanılan bilişsel ya da spora özgü beceri testinin niteliği sonuçları etkileyebilmektedir (Owen ve ark., 2013).

5. Hidrasyon Durumunun Değerlendirilmesi

Sporcularda hidrasyon durumunun doğru biçimde değerlendirilmesi, sıvı gereksinimlerinin belirlenmesi ve bireyselleştirilmiş hidrasyon stratejilerinin oluşturulması açısından önemlidir. Hidrasyon durumunun belirlenmesinde kan ve idrar göstergeleri, vücut kütleindeki değişimler, biyoelektrik impedans ve subjektif susama hissi gibi çeşitli yöntemlerden yararlanılmaktadır (Barley ve ark., 2020). Bununla birlikte vücut suyunun farklı kompartımanlar arasında dinamik biçimde dağılması nedeniyle tek bir yöntemin tüm koşullarda hidrasyon durumunu doğru biçimde yansıtılması mümkün değildir (Armstrong ve ark., 2025). Bu nedenle saha koşullarına vücut kütlesi değişimi, idrar konsantrasyonu ve susama hissi gibi birden fazla göstergenin birlikte değerlendirilmesi önerilmektedir.

5.1. Vücut kütlesi değişimi

Egzersize bağlı akut sıvı kaybının değerlendirilmesinde egzersiz öncesi ve sonrası vücut kütlelerinin karşılaştırılması basit ve düşük maliyetli aynı zamanda saha koşullarında uygulanabilir bir yöntemdir (Barley ve ark., 2020). Egzersiz sırasında kısa sürede meydana gelen vücut kütlesi azalmasının büyük ölçüde sıvı kaybını yansıttığı kabul edilmekte ve bu değişim başlangıç vücut kütlelerinin yüzdesi olarak ifade edilebilmektedir (Aktitiz ve ark., 2024). Bununla birlikte, ölçümün doğruluğunu arttırmak için egzersiz sırasında tüketilen sıvı idrar kaybını

ve mümkün olduğunda diğer kütle değişimlerinin dikkate alınması gerekmektedir (Casa ve ark., 2019).

Egzersize bağlı vücut kütlesi kaybının yüzdesi, egzersiz öncesi ve sonrası vücut kütlesi arasındaki farkın egzersiz öncesi vücut kütlesini oranlamasıyla hesaplanabilir (Eith ve ark., 2021).

Ceylan (2021), yüzme, judo, basketbol ve futbol branşlarından 69 genç sporcuyla yaklaşık 90 dakikalık antrenman öncesi ve sonrası değerlendirdiği bir çalışmada; vücut kütlesi değişimini USG ve idrar rengiyle birlikte kullanmış ve ortalama vücut kütlesi kaybı $-0,26 \pm 0,40$ olarak bildirilmiştir.

5.2. İdrar göstergeleri

İdrar göstergeleri, sporcularda hidrasyon durumunun değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan noninvaziv yöntemler arasındadır. Bu amaçla en sık idrar özgül ağırlığı (USG), idrar osmolalitesi ve idrar rengi değerlendirilmektedir. Sıvı alımının azalması ve vücudun suyu korumaya yönelik renal yanıtının artmasıyla idrar konsantrasyonu yükselmekte; buna bağlı olarak USG ve idrar osmolalitesi artarken idrar rengi koyulaşmaktadır. Uygulamada USG'nin yaklaşık ≥ 1.020 olması sıklıkla hipohidrasyon göstergesi olarak kullanılmakla birlikte, tek bir eşik değerin bütün sporcular ve koşullar için kesin bir tanı ölçütü olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır (Barley ve ark., 2020).

İdrar göstergeleri pratik ve düşük maliyetli olmasına karşın, yakın zamanda tüketilen sıvı ve besinler ve bazı takviyelerin alınma zamanı sonuçları etkileyebilmektedir. Ayrıca renal yanıtın vücut suyundaki akut değişiklikleri belirli bir gecikmeyle yansıtmaması nedeniyle idrar göstergeleri egzersiz sırasında gelişen akut sıvı kaybını her zaman doğru biçimde göstermeyebilir (Armstrong ve ark., 2025). Francisco ve ark. (2024), 38 sporcuda egzersize bağlı dehidrasyon oluşturup vücut kütlesi kaybını referans alarak USG, idrar rengi, idrar osmolalitesi, serum osmolalitesi, sodyum, tükürük osmolalitesi ve susama hissinin karşılaştırmışlar. Akut dehidrasyonun belirlenmesinde üriner göstergeler ve susama hissinin doğruluğunun sınırlı olabileceğini bildirmişler.

Demirkan ve arkadaşları (2009), 13 elit genç güreşçiye dört farklı zaman noktasında idrar özgül ağırlığı ve idrar rengi açısından incelemiş ve iki yöntem arasında yüksek düzeyde ilişki saptamıştır. Çalışmada sporcuların ölçüm dönemleri boyunca hafif düzeyde kronik dehidrasyon göstergeleri sergilediği ve idrar renk skalasının saha koşullarında pratik bir değerlendirme aracı olarak kullanılabileceği belirtilmiştir. Benzer şekilde, Ceylan ve arkadaşları (2020), 18 elit judocuda müsabaka öncesi ve sonrası idrar özgül ağırlığı ile idrar rengini değerlendirmiş ve sporcuların müsabaka günü boyunca yetersiz hidrasyon göstergeleri sergilediğini bildirmiştir. Köse ve arkadaşları (2021) ise farklı

profesyonel futbol liglerinde yer alan 48 sporcuyla incelemiş; idrar yoğunluğu ve sıvı tüketim verilerine dayanarak alt liglerde hidrasyon durumunun daha olumsuz olduğunu ve genel olarak sıvı alımının yetersiz kaldığını ortaya koymuşlardır. Bu bulgular, idrar özgül ağırlığı ve idrar renginin sporcularda hidrasyon durumunun izlenmesinde yararlı ve uygulanabilir göstergeler olduğunu, ancak sonuçların bireysel ve branşa özgü özellikleri dikkate alınarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

5.3. Susama hissi

Susama hissi, vücut sıvı dengesindeki değişikliklere verilen temel davranışsal yanıtlardan biri olup hidrasyon durumunun değerlendirilmesinde herhangi bir ekipman gerektirmeyen, hızlı ve düşük maliyetli subjektif bir gösterge olarak kullanılabilir (Barley ve ark., 2020). Vücut sıvılarının osmolalitesindeki artış ve dolaşım hacmindeki azalma susama yanıtının ortaya çıkmasına neden olmaktadır ve susama hissini bireyler arasında farklılık göstermesi ve sıvı kaybının erken dönemlerinde yeterince belirgin olmaması nedeniyle tek başına hidrasyon durumunun güvenilir bir göstergesi olarak değerlendirilmemektedir (Armstrong ve ark., 2025).

6. Egzersiz Öncesinde Hidrasyon Yönetimi

Egzersiz öncesinde hidrasyon yönetiminin temel amacı, sporcunun antrenman veya müsabakaya öhidrate durumda başlamasını sağlamaktır. Egzersize hipohidrate durumda başlanması, egzersiz sırasında meydana gelen sıvı kayıplarının mevcut vücut suyu açığına eklenmesine ve dehidrasyonun daha erken gelişmesine neden olabilir. Bu nedenle egzersiz öncesi hidrasyon stratejilerinin sporcunun başlangıç hidrasyon durumu, beklenen terleme hızı, çevresel koşullar, egzersizin süresi ve sıvıya erişim olanakları dikkate alınarak bireyselleştirilmesi gerekmektedir (Casa ve ark., 2019).

Egzersiz öncesi sıvı alımında, egzersizden yaklaşık 2-4 saat önce 5-10 mL/kg vücut kütlesi düzeyinde sıvı tüketimi genel bir başlangıç önerisi olarak kullanılabilir. Bununla birlikte, bu miktarın sporcunun hidrasyon durumu ve bireysel gereksinimlerine göre ayarlanması önemlidir. Egzersize hipohidrate başlama eğilimi bulunan veya yüksek sıvı kaybı beklenen sporcularda sodyum içeren sıvılar, alınan sıvının vücutta tutulmasına katkıda bulunabilir (McCubbin, 2025).

Egzersiz sırasında yüksek sıvı kaybının beklendiği, sıcak ve nemli çevre koşullarında gerçekleştirilen uzun süreli aktivitelerde veya egzersiz sırasında sıvı tüketiminin sınırlı olduğu durumlarda egzersiz öncesi hiperhidrasyon stratejileri de değerlendirilmelidir. Bununla birlikte, hiperhidrasyonun performans

üzerindeki etkilerinin tutarlı olmadığı ve yüksek sıvı ya da sodyum alımının gastrointestinal rahatsızlıklara yol açabileceği bildirildiğinden, bu yaklaşım rutin bir uygulamadan ziyade bireysel gereksinimlere göre planlanması gereken özel bir strateji olarak değerlendirilmelidir (Jardine ve ark., 2023).

7. Egzersiz Sırasında Hidrasyon Yönetimi

Egzersiz sırasında hidrasyon yönetiminin temel amacı, terleme yoluyla meydana gelen sıvı kayıplarını tamamen ortadan kaldırmaktan ziyade, aşırı hipohidrasyonun gelişmesini önlerken aşırı sıvı tüketiminden de kaçınmaktır. Sporcuların terleme hızları ve egzersiz sırasında sıvı tüketme olanakları önemli bireysel farklılıklar gösterdiğinden, sıvı alım stratejilerinin egzersizin süresi ve şiddeti, çevresel koşullar ve bireysel terleme özellikleri dikkate alınarak planlanması gerekmektedir (McDermott ve ark., 2017).

Egzersiz sırasında tüketilecek sıvı miktarının belirlenmesinde bireysel terleme hızının dikkate alınması, sabit miktarlara dayalı genel önerilerden daha uygun bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Sıvı alımı, aşırı vücut suyu kaybını sınırlandıracak şekilde düzenlenmeli; bununla birlikte egzersiz sırasında vücut kütlelerinin başlangıç değerinin üzerine çıkmasına neden olacak düzeyde sıvı tüketiminden kaçınılmalıdır (Armstrong ve ark., 2025).

Egzersiz sırasında hidrasyon yönetimi yalnızca su tüketiminden ibaret olmayıp, uzun süreli ve yüksek terleme hızıyla gerçekleştirilen aktivitelerde elektrolit dengesinin de dikkate alınmasını gerektirmektedir. Terle kaybedilen başlıca elektrolit olan sodyumun sıvılarla birlikte alınması, plazma osmolalitesinin ve susama yanıtının sürdürülmesine katkıda bulunabilir (Aktitiz ve ark., 2024). Bununla birlikte, egzersiz sırasında kaybedilen sodyumun tamamının sistematik biçimde yerine konulmasının her sporcu için gerekli olduğuna ilişkin yeterli kanıt bulunmadığından, sodyum stratejisinin sıvı alımı, terleme hızı ve egzersizin özellikleriyle birlikte değerlendirilmesi önerilmektedir (McCubbin, 2025). Ter ve diğer kayıpların üzerinde hipotonik sıvı tüketilmesi, uzun süreli egzersizlerde egzersizle ilişkili hiponatremi gelişimine katkıda bulunabilir. Bu nedenle sporcuların egzersiz sırasında vücut kütlesi kazanmamasına dikkat edilmeli ve sıvı alımı bireysel kayıpları aşmayacak şekilde düzenlenmelidir (McDermott ve ark., 2017).

7.1. Anaerobik egzersizlerde sıvı gereksinimi

Anaerobik egzersizler çoğunlukla kısa süreli ve yüksek şiddetli eforlardan oluştuğu için, tek bir sprint, sıçrama veya kısa süreli maksimal güç uygulaması sırasında sıvı tüketimi için yeterli zaman bulunmamakta ve egzersiz sırasındaki akut sıvı gereksinimi dayanıklılık egzersizlerine kıyasla daha sınırlı olmaktadır (Ulusoy, 2020). Kraft ve arkadaşlarının derlemesinde yaklaşık %3-4 vücut kütlesi

kayıplarında ve tekrarlı yüksek şiddetli eforlarda performans bozulmasının daha olası olduğu belirtiliyor. Li ve arkadaşları (2024), kişisel sıvı ve ter sodyumu kayıplarına göre oluşturulan hidrasyon stratejisinin sıcak ortamda yüksek şiddetli aralıklı egzersiz süresini uzattığını ve susama ile algılanan eforun artışı azalttığını göstermiştir. Bu nedenle anaerobik karakterli ancak tekrarlı ve uzun süreli egzersizlerde sabit bir sıvı miktarı önermek yerine bireysel terleme hızı ve elektrolit kayıplarının dikkate alınması daha uygun görünmektedir.

7.2. Aerobik egzersizlerde sıvı ve karbonhidrat

Uzun süreli aerobik egzersizlerde performansın sürdürülebilmesi, sıvı-elektrolit dengesinin korunmasının yanı sıra yeterli karbonhidrat sağlanmasına da bağlıdır. Egzersiz süresi uzadıkça terleme yoluyla sıvı kaybı artarken, kas ve karaciğer glikojen depolarının azalması ve kan glukozunun sürdürülme gereksinimi karbonhidrat alımının önemini artırmaktadır (Jardine ve ark., 2011). Nitekim egzersiz sırasında karbonhidrat tüketiminin dayanıklılık performansını geliştirdiği ve bu etkinin daha uzun süreli egzersizlerde belirginleştiği bildirilmektedir (Ramos-Campo ve ark., 2024).

Egzersiz sırasında karbonhidrat gereksinimi aktivitenin süresi ve şiddetine göre değişmektedir. Yaklaşık 1- 2,5 saat süren orta-yüksek şiddetli aerobik egzersizlerde 30-60 g/saat karbonhidrat alımı yeterli olabilirken, 2,5-3 saatten uzun süren dayanıklılık aktivitelerinde gereksinim 90 g/saat düzeyine kadar çıkabilmektedir. Yüksek karbonhidrat alım hızlarında glukoz ve fruktoz gibi farklı intestinal taşıyıcı sistemleri kullanan karbonhidratların birlikte tüketilmesi, bağırsak emilimini ve eksojen karbonhidrat oksidasyonunu artırabilir (Jeukendrup, 2014).

Aerobik egzersiz sırasında sıvı ve karbonhidrat gereksiniminin birlikte karşılanmasında karbonhidrat-elektrolit içecekleri pratik bir seçenek oluşturmaktadır. Bu içecekler sıvı sağlamanın yanı sıra egzersiz sırasında kullanılacak eksojen karbonhidrat ve terle kaybedilen elektrolitleri de sağlayabilmektedir (Pérez-Castillo ve ark., 2024). Bununla birlikte, içeceğin karbonhidrat konsantrasyonu ve osmolalitesi gastrik boşalma, intestinal sıvı emilimi ve gastrointestinal toleransı etkileyebileceğinden, kullanılan içeceğin bileşimi egzersizin süresi, çevresel koşullar ve sporcunun bireysel gereksinimlerine göre planlanmalıdır (Rowlands ve ark., 2022).

8. Egzersiz Sonrası Rehidrasyon ve Toparlanma

Egzersiz sonrasında rehidrasyonun temel amacı, terleme yoluyla kaybedilen sıvı ve elektrolitlerin yerine konularak vücut sıvı dengesinin yeniden sağlanmasıdır. Egzersiz sonrası yetersiz rehidrasyon, sporcunun sonraki

egzersize hipohidrate durumda başlamasına ve performansın olumsuz etkilenmesine neden olabilir (Naderi ve ark., 2025). Egzersiz sonrası rehidrasyonun etkinliği yalnızca tüketilen sıvı miktarına değil, sıvının vücutta tutulmasına da bağlıdır. Sodyum içeren içecek veya besinlerin tüketilmesi, idrar yoluyla sıvı kaybını azaltarak net sıvı dengesinin yeniden sağlanmasına katkıda bulunabilir ve normal bir toparlanma öğünüyle birlikte yeterli sodyum tüketildiğinde yüksek miktarda ek sodyum desteğine her zaman ihtiyaç duyulmayabilir (McCubbin, 2025).

Egzersiz sonrası devam eden idrar kayıplarını telafi etmek amacıyla vücut kütlesinde kaybedilen her 1 kg için yaklaşık 1.25-1.50 L sıvı tüketimi önerilmektedir. Bununla birlikte, alınacak toplam sıvı miktarı toparlanma süresinin uzunluğu, kaybedilen vücut kütlesi ve sporcunun gastrointestinal toleransına göre bireyselleştirilmelidir (Naderi ve ark., 2025). Kısa toparlanma aralıklarında rehidrasyonun, kas ve karaciğer glikojen depolarının yeniden doldurulması için karbonhidrat alımı ve kas protein sentezinin desteklenmesi için yeterli protein tüketimiyle birlikte ele alınması gerekmektedir (Bonilla ve ark., 2021). Bu kapsamda egzersiz sonrası toparlanma; rehidrasyon, enerji depolarının yenilenmesi, kas dokusunun onarımı ve yeterli dinlenmeyi içeren bütüncül bir süreç olarak değerlendirilmektedir (Naderi ve ark., 2025).

Keskin ve Serin (2024), 94 sporcu üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada aerobik gücü Cooper testiyle, hidrasyon durumunu idrar rengiyle değerlendirmiş ve çoklu sprint testi sonrası kalp hızı toparlanmasını incelemiştir. Dehidrasyon düzeyinin egzersiz sonrası 1. ve 5. dakikalardaki toparlanmayı anlamlı şekilde etkilediği, ancak 3. dakikadaki toparlanma üzerinde anlamlı bir etkisinin bulunmadığı bildirilmiştir.

9. Sporcu İçecekleri

9.1. Sporcu içeceği nedir?

Sporcu içecekleri, egzersiz öncesinde, sırasında veya sonrasında sıvı ve elektrolit dengesinin korunmasına ve gerektiğinde karbonhidrat desteğinin sağlanmasına yönelik olarak formüle edilen içeceklerdir (Özışık ve ark., 2025). Geleneksel sporcu içeceklerinin temel bileşenlerini su, karbonhidrat ve başta sodyum olmak üzere çeşitli elektrolitler oluşturmaktadır. Bu özellikleriyle sporcu içecekleri, temel amacı uyarıcı etki oluşturmak olan ve sıklıkla kafein gibi bileşenler içeren enerji içeceklerinden ayrılmaktadır (Pérez- Castillo ve ark., 2024).

9.2. Karbonhidrat içeriği

Sporcu içeceklerinde karbonhidratın temel işlevi, egzersiz sırasında eksojen enerji substratı sağlamak ve uzun süreli egzersizlerde kan glukozunun sürdürülmesine katkıda bulunmaktır. Geleneksel sporcu içecekleri çoğunlukla yaklaşık %6-8 karbonhidrat içermekle birlikte, optimal karbonhidrat konsantrasyonu içeceğin kullanım amacına göre değişebilmektedir (Turnagöl ve ark., 2020). Enerji sağlama öncelikli olduğunda daha yüksek karbonhidrat miktarları avantaj sağlarken, hızlı sıvı emiliminin öncelikli olduğu durumlarda daha düşük karbonhidrat konsantrasyonları tercih edilebilmektedir (Pérez-Castillo ve ark., 2024).

9.3. Sodyum ve diğer elektrolitler

Sodyum, sporcu içeceklerinin hidrasyon açısından en önemli elektrolit bileşenlerinden biridir. Terleme sırasında başta sodyum ve klorür olmak üzere elektrolit kayıpları meydana gelmekte; bu kayıpların büyüklüğü terleme hızı ve ter sodyum konsantrasyonuna bağlı olarak sporcular arasında önemli farklılıklar gösterebilmektedir (McCubbin, 2025). Sporcu içeceğine sodyum eklenmesi, sıvı retansiyonunun desteklenmesine, susama yanıtının sürdürülmesine ve uzun süreli egzersizlerde sıvı-elektrolit dengesinin korunmasına katkıda bulunabilir. Potasyum, kalsiyum ve magnezyum da sporcu içeceklerinde bulunmakla birlikte, egzersiz sırasında replasman açısından sodyum genellikle öncelikli elektrolit olarak değerlendirilmektedir (Köse ve ark., 2021).

9.4. Hipotonik, izotonik ve hipertonic içecekler

Sporcu içecekleri osmolalitelere göre hipotonik, izotonik ve hipertonic olarak sınıflandırılabilir. Hipotonik içeceklerin osmolalitesi 275 mOsmol/kg'ın altında, izotonik içeceklerin 275-300 mOsmol/kg arasında, hipertonic içeceklerin ise 300 mOsmol/kg'ın üzerindedir. İçeceğin tonisitesi sıvının gastrointestinal sistemden emilimini ve dolaşıma geçiş hızını etkileyebilmektedir (Pérez-Castillo ve ark., 2024). Rowlands ve arkadaşlarının (2022) meta-analizinde, egzersiz sırasında hipotonik karbonhidrat-elektrolit içeceklerinin merkezi hidrasyonun korunmasında izotonik içeceklere göre daha etkili olduğu bildirilmiştir.

9.5. Su mu? Sporcu içeceği mi?

Su ile sporcu içecekleri arasındaki tercih, egzersizin süresi ve şiddeti, çevresel koşullar, terleme düzeyi ve enerji gereksinimi dikkate alınarak yapılmalıdır. Kısa süreli ve düşük düzeyde sıvı kaybının olduğu egzersizlerde su hidrasyon gereksiniminin karşılanması için yeterli olabilirken, uzun süreli veya yüksek

şiddetli egzersizlerde karbonhidrat ve elektrolit içeren sporcu içecekleri eş zamanlı olarak sıvı, enerji ve sodyum sağlayabilmeleri nedeniyle avantaj oluşturabilir (Bell ve Spriet, 2026). Sistematik derlemeler, egzersize bağlı belirgin sıvı kaybı sonrasında karbonhidrat-elektrolit içeceklerinin bazı hidrasyon göstergelerinde suya kıyasla daha etkili olabileceğini göstermektedir (Borra ve ark., 2025).

10. Çevresel Koşullar ve Hidrasyon

Sporcuların sıvı gereksinimleri yalnızca egzersizin süresi ve şiddetine değil, egzersizin gerçekleştirildiği çevresel koşullara da bağlıdır. Ortam sıcaklığı, bağıl nem, güneş radyasyonu, rüzgâr ve irtifa; termoregülatuar yanıtları, terleme hızını ve dolayısıyla sıvı-elektrolit gereksinimini etkileyebilmektedir (Racinais ve ark., 2023). Bu nedenle hidrasyon stratejilerinin farklı çevresel koşullara göre uyarlanması hem performansın sürdürülmesi hem de sporcunun sağlığının korunması açısından önemlidir (Cheung ve ark., 2025).

Sıcak çevre koşullarında egzersiz sırasında metabolik ısı üretimine ek olarak çevresel ısı yükünün artması, vücut sıcaklığının korunabilmesi için deri kan akımı ve terleme yanıtlarının belirgin şekilde yükselmesine neden olmaktadır (Egesoy ve ark., 2017). Terleme hızındaki artış sıvı ve elektrolit kayıplarını artırırken, yüksek bağıl nem terin buharlaşmasını sınırlayarak evaporatif ısı kaybının etkinliğini azaltabilir. Bu nedenle sıcak ve sıcak-nemli ortamlarda hidrasyon stratejilerinin bireysel terleme hızı, ter sodyum kaybı ve egzersiz süresi dikkate alınarak planlanması önem taşımaktadır (Racinais ve ark., 2023).

Soğuk çevre koşullarında terleme hızının sıcak ortama göre daha düşük olması, sıvı gereksiniminin önemsiz olduğu anlamına gelmemektedir (Aslan ve Eyuboğlu, 2016). Kalın ve koruyucu giysilerle yapılan uzun süreli egzersizlerde terleme devam edebilirken, solunum yoluyla sıvı kaybı ve soğuğa bağlı diürez toplam sıvı kaybına katkıda bulunabilmektedir ve uzun süreli kış sporlarında hidrasyon durumunun bilinçli olarak izlenmesi önemlidir (Çırak & Funda., 2017).

Yüksek irtifada hidrasyon yönetimi, hipoksiye verilen fizyolojik yanıtlar nedeniyle deniz seviyesinden farklı olabilmektedir. Artan ventilasyon solunum yoluyla su kaybını artırırken, irtifaya akut maruziyet sırasında gelişebilen diüretik yanıt toplam vücut suyunun azalmasına katkıda bulunabilir (Egesoy ve ark., 2017). İrtifada sıklıkla karşılaşılan soğuk ve kuru hava koşulları sıvı kayıplarını artırabilir. Bu nedenle 2500 m'nin üzerindeki uzun süreli antrenman ve yarışmalarda sıvı gereksiniminin bireysel olarak takip edilmesi ve deniz seviyesindeki standart önerilerin doğrudan uygulanmasından kaçınılması önerilmektedir (Trease ve ark., 2022).

11. Sonuç

Hidrasyon durumunun korunması, sporcuların fizyolojik işlevlerinin ve sportif performanslarının sürdürülebilmesi açısından önemli bir unsurdur (Turnagöl ve ark., 2020). Egzersiz sırasında meydana gelen sıvı kayıpları kardiyovasküler ve termoregülatuar yükü artırabilmekte; dehidrasyonun düzeyine, egzersizin özelliklerine ve çevresel koşullara bağlı olarak dayanıklılık, kuvvet, güç ve nöromusküler performans üzerinde farklı düzeylerde etkiler oluşturmaktadır (Francisco ve ark., 2024).

Bu nedenle hidrasyon yönetiminde tüm sporcular için geçerli tek bir sıvı tüketim stratejisinden söz etmek mümkün değildir (Aktitiz ve ark., 2024). Egzersiz öncesi, sırası ve sonrasında uygulanacak hidrasyon planı; bireysel terleme hızı, hidrasyon durumu, ter sodyum konsantrasyonu, egzersizin süresi ve şiddeti, çevresel koşullar ve sıvıya erişim olanakları dikkate alınarak bireyselleştirilmelidir (McCubbin, 2025).

Sporcu içeceklerinin kullanımı da egzersizin gereksinimleri doğrultusunda değerlendirilmelidir (Özışık ve Akın, 2025). Kısa süreli ve düşük sıvı kaybının meydana geldiği aktivitelerde su hidrasyon gereksiniminin karşılanması için yeterli olabilirken, uzun süreli veya yüksek ter kaybının olduğu egzersizlerde karbonhidrat-elektrolit içeren içeceklerin eş zamanlı olarak tüketilmesi avantaj oluşturabilir (Borra ve ark., 2025).

Sonuç olarak, etkili hidrasyon yönetiminin temelini daha fazla sıvı tüketmek değil; doğru zamanda, uygun miktarda ve sporcunun bireysel gereksinimlerine göre planlanmış bir sıvı-elektrolit stratejisinin uygulanması oluşturmaktadır.

KAYNAKÇA

- Aktitiz, S., Kuru, D., Ergün, Z., & Turnagöl, H. H. (2024). Nutritional strategies for single and multi-stage ultra-marathon training and racing: From theory to practice. *Turkish Journal of Sports Medicine*, 59(2), 70–87. <https://doi.org/10.47447/tjism.0807>
- Aktitiz, S., Kuru, D., Ergün, Z., & Turnagöl, H. H. (2024). Nutritional strategies for single and multi-stage ultra-marathon training and racing: From theory to practice. *Turkish Journal of Sports Medicine*, 59(2), 70–87. <https://doi.org/10.47447/tjism.0807>
- Armstrong, L. E., Stearns, R. L., Huggins, R. A., Sekiguchi, Y., Mershon, A. J., & Casa, D. J. (2025). Reference values for hydration biomarkers: Optimizing athletic performance and recovery. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 16, 31–50. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S508656>
- Aslan, C. S., & Eyuboğlu, E. (2016). Farklı ortamların (soğuk, sıcak ve yükselti) futbolcuların performans ve sağlığı üzerindeki etkileri. *Spor Hekimliği Dergisi*, 51(2), 44–55. <https://doi.org/10.5152/tjism.2016.006>
- Baker, L. B. (2017). Sweating rate and sweat sodium concentration in athletes: A review of methodology and intra/interindividual variability. *Sports Medicine*, 47(Suppl. 1), 111–128. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0691-5>
- Barley, O. R., Chapman, D. W., & Abbiss, C. R. (2020). Reviewing the current methods of assessing hydration in athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 17, 52. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00381-6>
- Barnes, K. A., Anderson, M. L., Stofan, J. R., Dalrymple, K. J., Reimel, A. J., Roberts, T. J., Randell, R. K., Ungaro, C. T., & Baker, L. B. (2019). Normative data for sweating rate, sweat sodium concentration, and sweat sodium loss in athletes: An update and analysis by sport. *Journal of Sports Sciences*, 37(20), 2356–2366. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1633159>
- Baysal, A. (1999). *Beslenme* (8. bs.). Hatipoğlu Yayınevi.
- Bell, S. K., & Spriet, L. L. (2026). Rehydration after exercise-induced fluid losses: Comparing flavored water, coconut water, and carbohydrate-electrolyte sports beverage. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 40(4), 431–438. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000005322>
- Bonilla, D. A., Pérez-Idárraga, A., Odriozola-Martínez, A., & Kreider, R. B. (2021). The 4R's framework of nutritional strategies for post-exercise recovery: A review with emphasis on new generation of carbohydrates.

International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(1), 103. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010103>

- Borra, V., De Brier, N., Berry, D. C., Zideman, D., Singletary, E., & De Buck, E. (2025). Oral rehydration beverages for treating exercise-associated dehydration: A systematic review, part I. Carbohydrate-electrolyte solutions. *Journal of Athletic Training*, 60(1), 34–54. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0682.22>
- Borra, V., De Brier, N., Berry, D. C., Zideman, D., Singletary, E., & De Buck, E. (2025). Oral rehydration beverages for treating exercise-associated dehydration: A systematic review, part I. Carbohydrate-electrolyte solutions. *Journal of Athletic Training*, 60(1), 34–54. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0682.22>
- Casa, D. J., Cheuvront, S. N., Galloway, S. D. R., & Shirreffs, S. M. (2019). Fluid needs for training, competition, and recovery in track-and-field athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 29(2), 175–180. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0374>
- Castellani, J. W., Eglin, C. M., Ikäheimo, T. M., Montgomery, H., Paal, P., & Tipton, M. J. (2021). ACSM expert consensus statement: Injury prevention and exercise performance during cold-weather exercise. *Current Sports Medicine Reports*, 20(11), 594–607. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000907>
- Ceylan, B. (2021). Hydration status and fluid intake of young athletes from different sports during training. *Turkish Journal of Sport and Exercise*, 23(2), 165–170.
- Cheung, S., Stellingwerff, T., Stanley, J., Mujika, I., Nybo, L., & Girard, O. (2025). UCI Sports Nutrition Project: Special environments. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 36(3), 382–391. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2025-0101>
- Cheuvront, S. N., & Kenefick, R. W. (2014). Dehydration: Physiology, assessment, and performance effects. *Comprehensive Physiology*, 4(1), 257–285. <https://doi.org/10.1002/cphy.c130017>
- Çırak, O., & Funda, P. Ç. (2017). Sporcularda sıvı dengesi ve performans etkisi. *Ankara Sağlık Bilimleri Dergisi*, 6(1), 139-150.
- Deshayes, T. A., Jeker, D., & Goulet, E. D. B. (2020). Impact of pre-exercise hypohydration on aerobic exercise performance, peak oxygen consumption and oxygen consumption at lactate threshold: A systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine*, 50(3), 581–596. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01223-5>

- Deshayes, T. A., Pancrate, T., & Goulet, E. D. B. (2022). Impact of dehydration on perceived exertion during endurance exercise: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 20(3), 224–235. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2022.03.006>
- Egesoy, H., Yapıcı, A., & Alptekin, A. (2017). Sıcak ortamda egzersiz ve sportif performans. *Uluslararası Güncel Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 429–439.
- Eith, J. M., Haggard, C. R., Emerson, D. M., & Yeargin, S. W. (2021). Practices of athletic trainers using weight charts to determine hydration status and fluid-intervention strategies. *Journal of Athletic Training*, 56(1), 64–70. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0373.19>
- Ersoy, G. (2010). *Egzersiz ve spor performansı için beslenme*. Betik Kitap Yayın Dağıtım.
- Francisco, R., Jesus, F., Santos, P., Trbovšek, P., Moreira, A. S., Nunes, C. L., Alvim, M., Sardinha, L. B., Lukaski, H., Mendonca, G. V., & Silva, A. M. (2024). Does acute dehydration affect the neuromuscular function in healthy adults? A systematic review. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 49, 1441–1460. <https://doi.org/10.1139/apnm-2024-0192>
- James, L. J., Funnell, M. P., James, R. M., & Mears, S. A. (2019). Does hypohydration really impair endurance performance? Methodological considerations for interpreting hydration research. *Sports Medicine*, 49(Suppl. 2), 103–114. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01188-5>
- Jardine, W. T., Aisbett, B., Kelly, M. K., Burke, L. M., Ross, M. L., Condo, D., Périard, J. D., & Carr, A. J. (2023). The effect of pre-exercise hyperhydration on exercise performance, physiological outcomes and gastrointestinal symptoms: A systematic review. *Sports Medicine*, 53(11), 2111–2134. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01885-2>
- Jeukendrup, A. E. (2014). A step towards personalized sports nutrition: Carbohydrate intake during exercise. *Sports Medicine*, 44(Suppl. 1), S25–S33. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0148-z>
- Kenefick, R. W., & Cheuvront, S. N. (2016). Physiological adjustments to hypohydration: Impact on thermoregulation. *Autonomic Neuroscience*, 196, 47–51. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2016.02.003>
- Königstein, K., Niess, A. M., Carlsohn, A., & Treff, G. (2022). Hydration management in sports. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 73(4), 137–141. <https://doi.org/10.5960/dzsm.2022.534>
- Köse, B., Kızıltan, G., & Turnagöl, H. (2021). Farklı liglerdeki futbolcuların vücut kompozisyonu, beslenme ve hidrasyon durumlarının sezon içi

- dönemde değerlendirilmesi. *Spor Bilimleri Dergisi*, 32(4), 183–196. <https://doi.org/10.17644/sbd.817101>
- Maughan, R. J., & Shirreffs, S. M. (2010). Development of hydration strategies to optimize performance for athletes in high-intensity sports and in sports with repeated intense efforts. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(Suppl. 2), 59–69. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01191.x>
- McCubbin, A. J. (2023). Modelling sodium requirements of athletes across a variety of exercise scenarios: Identifying when to test and target, or season to taste. *European Journal of Sport Science*, 23(6), 992–1000. <https://doi.org/10.1080/17461391.2022.2083526>
- McCubbin, A. J. (2025). Sodium intake for athletes before, during and after exercise: Review and recommendations. *Performance Nutrition*, 1, Article 11. <https://doi.org/10.1186/s44410-025-00011-9>
- McDermott, B. P., Anderson, S. A., Armstrong, L. E., Casa, D. J., Cheuvront, S. N., Cooper, L., Kenney, W. L., O'Connor, F. G., & Roberts, W. O. (2017). National Athletic Trainers' Association position statement: Fluid replacement for the physically active. *Journal of Athletic Training*, 52(9), 877–895. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.9.02>
- Mougin, L., Macrae, H. Z., Taylor, L., James, L. J., & Mears, S. A. (2025). The effect of heat stress and dehydration on carbohydrate use during endurance exercise: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 55(11), 2825–2847. <https://doi.org/10.1007/s40279-025-02294-3>
- Naderi, A., Rothschild, J. A., Santos, H. O., Hamidvand, A., Koozehchian, M. S., Ghazzagh, A., Berjisian, E., & Podlogar, T. (2025). Nutritional strategies to improve post-exercise recovery and subsequent exercise performance: A narrative review. *Sports Medicine*, 55(7), 1559–1577. <https://doi.org/10.1007/s40279-025-02213-6>
- Nose, H., & Takamata, A. (2019). Interactions between body fluid homeostasis and thermoregulation in humans. In A. A. Romanovsky (Ed.), *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 156, pp. 409–429). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63912-7.00025-4>
- Nose, H., Kamijo, Y.-I., & Masuki, S. (2018). Interactions between body fluid homeostasis and thermoregulation in humans. *Handbook of Clinical Neurology*, 156, 417–429. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63912-7.00025-4>
- Nuccio, R. P., Barnes, K. A., Carter, J. M., & Baker, L. B. (2017). Fluid balance in team sport athletes and the effect of hypohydration on cognitive,

- technical, and physical performance. *Sports Medicine*, 47(10), 1951–1982. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0738-7>
- Owen, J. A., Kehoe, S. J., & Oliver, S. J. (2013). Influence of fluid intake on soccer performance in a temperate environment. *Journal of Sports Sciences*, 31(1), 1–10. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.720701>
- Özışık, D., & Akın, N. (2025). Süt permeatı orijinli spor içeceklerinin bilimsel incelemesi: Hidrasyon ve performans üzerine etkileri. *Journal of Health and Sport Sciences*, 8(1), 42–61.
- Özışık, D., & Akın, N. (2025). Süt permeatı orijinli spor içeceklerinin bilimsel incelemesi: Hidrasyon ve performans üzerine etkileri. *Journal of Health and Sport Sciences*, 8(1), 42–61. <https://doi.org/10.71416/jhss.1559828>
- Pérez-Castillo, Í. M., Williams, J. A., López-Chicharro, J., Mihic, N., Rueda, R., Bouzamondo, H., & Horswill, C. A. (2024). Compositional aspects of beverages designed to promote hydration before, during, and after exercise: Concepts revisited. *Nutrients*, 16(1), 17. <https://doi.org/10.3390/nu16010017>
- Périard, J. D., Eijssvogels, T. M. H., & Daanen, H. A. M. (2021). Exercise under heat stress: Thermoregulation, hydration, performance implications, and mitigation strategies. *Physiological Reviews*, 101(4), 1873–1979. <https://doi.org/10.1152/physrev.00038.2020>
- Racinais, S., Hosokawa, Y., Akama, T., Bermon, S., Bigard, X., Casa, D. J., Grundstein, A., Jay, O., Massey, A., Migliorini, S., Mountjoy, M., Nikolic, N., Pitsiladis, Y. P., Schobersberger, W., Steinacker, J. M., Yamasawa, F., Zideman, D. A., Engebretsen, L., & Budgett, R. (2023). IOC consensus statement on recommendations and regulations for sport events in the heat. *British Journal of Sports Medicine*, 57(1), 8–25. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-105942>
- Ramos-Campo, D. J., Clemente-Suárez, V. J., Cupeiro, R., Benítez-Muñoz, J. A., Caravaca, L. A., & Rubio-Arias, J. Á. (2024). The ergogenic effects of acute carbohydrate feeding on endurance performance: A systematic review, meta-analysis and meta-regression. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(30), 11196–11205. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2233633>
- Rowlands, D. S., Kopetschny, B. H., & Badenhorst, C. E. (2022). The hydrating effects of hypertonic, isotonic and hypotonic sports drinks and waters on central hydration during continuous exercise: A systematic meta-analysis and perspective. *Sports Medicine*, 52(2), 349–375. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01558-y>

- Savoie, F.-A., Kenefick, R. W., Ely, B. R., Cheuvront, S. N., & Goulet, E. D. B. (2015). Effect of hypohydration on muscle endurance, strength, anaerobic power and capacity and vertical jumping ability: A meta-analysis. *Sports Medicine*, 45(8), 1207–1227. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0349-0>
- Sawka, M. N. (1992). Physiological consequences of hypohydration: Exercise performance and thermoregulation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 24(6), 657–670.
- Sawka, M. N., Cheuvront, S. N., & Kenefick, R. W. (2015). Hypohydration and human performance: Impact of environment and physiological mechanisms. *Sports Medicine*, 45(Suppl. 1), S51–S60. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0395-7>
- Shirreffs, S. M., & Sawka, M. N. (2011). Fluid and electrolyte needs for training, competition, and recovery. *Journal of Sports Sciences*, 29(Suppl. 1), S39–S46. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.614269>
- Souissi, A., Haddad, M., Dergaa, I., Ben Saad, H., & Chamari, K. (2021). A new perspective on cardiovascular drift during prolonged exercise. *Life Sciences*, 287, 120109. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2021.120109>
- Trease, L., Singleman, G., Windsor, J., Allan, S., & Albert, E. (2022). Hydration strategies for physical activity and endurance events at high (>2500 m) altitude: A practical management article. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 32(4), 407–413. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000919>
- Turnagöl, H., Aktitiz, S., Korur, D. C., & Kuru, D. (2020). Farklı spor dallarında spor ve enerji içeceklerinin kullanımı ve performansa etkileri. *Spor Bilimleri Dergisi*, 31(1), 29–44. <https://doi.org/10.17644/sbd.669792>
- Ulupınar, S., Özbay, S., & Gençoğlu, C. (2020). Sıklet sporlarında dehidrasyon ve hiponatremi. *Ulusal Spor Bilimleri Dergisi*, 4(2), 103–115. <https://doi.org/10.30769/usbd.782358>
- Ulusoy, Y. (2020). Hidrasyonun egzersiz performansı üzerindeki etkisi ve sıvı alım stratejileri. *Adıyaman Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 6(3), 386–394. <https://doi.org/10.30569/adiyamansaglik.764382>
- Watanabe, K., Stöhr, E. J., Akiyama, K., Watanabe, S., & González-Alonso, J. (2020). Dehydration reduces stroke volume and cardiac output during exercise because of impaired cardiac filling and venous return, not left ventricular function. *Physiological Reports*, 8(11), e14433. <https://doi.org/10.14814/phy2.14433>

5. Bölüm

Sporda Yetenek Belirleme ve Yönlendirme ile Sporcu Gelişimi

Yalçın DALAY¹

Yetenek Kavramı Nedir

Yetenek kavramı, bireylerin sahip oldukları potansiyel özellikler ve bu özelliklerin gelişim süreçleriyle ilişkisi bakımından psikoloji, pedagoji, sosyoloji ve spor bilimleri gibi farklı disiplinlerde ele alınan çok boyutlu bir kavramdır (Muratlı, 1997). Genel anlamda yetenek, bireyin doğuştan sahip olduğu potansiyel güç (Soy, 2019) veya belirli bir beceriyi öğrenme ve gerçekleştirme konusundaki doğal kapasitesi olarak tanımlanmaktadır (Özal, 2003). Spor bilimleri açısından ise yetenek, bireyin belirli bir spor dalında ortalamanın üzerinde performans sergilemesine katkı sağlayabilecek özelliklere sahip olması ve henüz tam olarak gelişmemiş bu özelliklerini uygun eğitim ve antrenman süreçleri aracılığıyla üst düzey sportif performansa dönüştürebilme potansiyeli olarak değerlendirilmektedir (Zhao ve ark., 2024). Bununla birlikte sportif yetenek, yalnızca doğuştan getirilen özelliklerle sınırlı olmayıp psikolojik, sosyal ve çevresel faktörlerin etkileşimiyle şekillenen çok boyutlu bir yapı olarak ele alınmaktadır (Muratlı, 1997). Bu doğrultuda sportif yetenek, uygun antrenman ve gelişim olanaklarıyla niteliksel ve niceliksel açıdan geliştirilebilen; destekleyici koşulların yetersizliğinde ise gelişimi sınırlanabilen dinamik bir potansiyel olarak tanımlanabilir (Muratlı ve ark., 2005).

Yetenek Belirleme Ölçütleri

Doğal Seçim

Doğal seçim, bireyin belirli bir spor branşına yönelmesinin bilimsel ölçme ve değerlendirme yöntemlerinden ziyade kişisel ilgi ve tercihleri, aile yönlendirmesi, okul gelenekleri ve sosyal çevrenin etkisiyle gerçekleştiği bir yaklaşım olarak tanımlanmaktadır. Bu yöntemde spor branşının belirlenmesi, bireyin fiziksel, fizyolojik ve motorik özellikleri ile ilgili branşın performans gereklilikleri arasında sistematik bir değerlendirme yapılmaksızın gerçekleşebilmektedir. Dolayısıyla bireyin sahip olduğu özellikler ile tercih ettiği

¹ Bağımsız Araştırmacı, Batman, Türkiye.
<https://orcid.org/0000-0001-5151-5942>
yalcindalay7272@gmail.com

spor branşının gereklilikleri arasında uyumsuzluk bulunması, sportif gelişim sürecinin beklenenden daha yavaş ilerlemesine neden olabilmektedir. Bununla birlikte doğal seçim yaklaşımında bireysel ilgi ve tercihlerin ön planda olması, spora katılım ve motivasyon açısından önemli bir unsur olarak değerlendirilebilir. Bu doğrultuda doğal seçim, bireyin sportif potansiyeline en uygun branşın belirlenmesi bakımından bazı sınırlılıklar taşıyabilmektedir (Bompa, 2007).

Bilimsel Seçim

Bilimsel seçim, bireylerin belirli bir spor dalına yönelik yetenek ve gelişim potansiyellerinin bilimsel ölçme ve değerlendirme yöntemleriyle belirlenmesini esas alan sistematik bir yaklaşımdır. Bu yöntemde sporcuların antropometrik, fiziksel, fizyolojik ve motorik özellikleri, ilgili spor branşının performans gereklilikleri doğrultusunda değerlendirilmektedir. Boy uzunluğu, vücut kütlesi, sürat, reaksiyon zamanı, kuvvet, dayanıklılık ve koordinasyon gibi özellikler, standartlaştırılmış test ve ölçümler aracılığıyla incelenerek bireylerin sportif uygunlukları hakkında bilgi elde edilmektedir. Bilimsel seçim yaklaşımının doğal seçime göre temel avantajı, bireysel özellikler ile branşa özgü gerekliliklerin sistematik biçimde karşılaştırılmasına olanak sağlamasıdır. Bu doğrultuda bireylerin sportif potansiyellerine uygun branşlara yönlendirilmesi ve antrenman süreçlerinin daha planlı yürütülmesi amaçlanmaktadır (Bompa, 2007). Bununla birlikte bilimsel seçim yöntemleri, gelecekteki sportif başarıyı kesin olarak öngören uygulamalar şeklinde değerlendirilmemeli; sporcuların biyolojik gelişim düzeyleri, antrenman geçmişleri ve bireysel gelişim farklılıkları da dikkate alınmalıdır.

Sporda Yetenek

Sportif yetenek, bireyin belirli bir spor dalında ortalamanın üzerinde performans sergilemesine katkı sağlayabilecek, ancak gelişim süreci henüz tamamlanmamış potansiyel özellikler bütünü olarak tanımlanmaktadır (Saçaklı, 1998). Bireyin sahip olduğu yetenek, sportif performansının yanı sıra öğrenme kapasitesi, beceri kazanımı ve gelişim süreciyle ilişkili önemli bir unsur olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda yetenek, yalnızca doğuştan getirilen bireysel özelliklerle sınırlı olmayıp uygun eğitim, öğrenme ve çevresel koşulların etkisiyle geliştirilebilen dinamik bir yapıya sahiptir. Nitekim bireyin spor, sanat, eğitim ve mesleki yaşam gibi farklı alanlarda başarıya ulaşmasında, doğuştan sahip olduğu potansiyelin yanı sıra bu potansiyelin geliştirilmesine olanak sağlayan eğitim ve deneyim süreçlerinin de önemli olduğu belirtilmektedir (Yalçınay, 2000). Dolayısıyla sportif yetenek, bireyin mevcut kapasitesi ile bu kapasitenin

sistematik eğitim ve antrenman uygulamaları aracılığıyla geliştirilmesi arasındaki etkileşim çerçevesinde ele alınmalıdır.

Sportif yeteneğin belirlenmesi, bireyin gelişim sürecinin tamamlandığı anlamına gelmemekte; aksine sahip olduğu potansiyelin uygun yönlendirme, eğitim ve antrenman uygulamalarıyla geliştirilmesine yönelik sürecin başlangıcını oluşturmaktadır (Bayar, 1993). Spor bilimlerinde yetenek, bireyin belirli bir sportif hareketi etkili, hızlı ve başarılı biçimde gerçekleştirebilmesine katkı sağlayan psikofizyolojik, antropometrik ve morfolojik özelliklerle ilişkilendirilmektedir. Bununla birlikte sportif performansın gelişimi yalnızca kalıtsal özelliklere bağlı olmayıp bireyin eğitim ve antrenman süreçleriyle kazandığı fiziksel, motorik ve teknik becerilerden de etkilenmektedir. Bu nedenle sporda yetenek belirleme ve geliştirme süreçlerinde bireyin doğuştan sahip olduğu özellikler ile sonradan geliştirdiği performans bileşenlerinin birlikte değerlendirilmesi önem taşımaktadır (Çetin, 1996).

Sportif performans, bireyin sahip olduğu fiziksel ve psikolojik özelliklerin yanı sıra müsabaka koşullarından da etkilenen çok boyutlu bir olgudur. Müsabaka sırasında sergilenen performans, sporcunun mevcut yeterlik düzeyine ilişkin önemli bilgiler sunmakla birlikte, performansın ortaya çıkmasında içsel ve dışsal faktörler birlikte rol oynamaktadır. Antrenman düzeyi, fiziksel uygunluk, yaş, cinsiyet, motivasyon, beslenme durumu ve stres gibi bireysel özellikler içsel faktörler kapsamında değerlendirilirken ortam sıcaklığı, nem, müsabaka zemini ve kullanılan spor malzemeleri gibi çevresel koşullar dışsal faktörler arasında yer almaktadır (Kuter ve Öztürk, 1997). Bu nedenle sporda yetenek belirleme sürecinde yalnızca müsabaka sonuçlarının esas alınması, bireyin sportif potansiyelinin kapsamlı biçimde değerlendirilmesini sınırlandırabilir. Sporcuların performans düzeylerinin bireysel özellikler, antrenman geçmişi ve çevresel koşullar dikkate alınarak değerlendirilmesi, yetenek belirleme ve yönlendirme süreçlerinin daha bütüncül biçimde yürütülmesine katkı sağlayabilir.

Sportif yeteneğin geliştirilmesinde çocukluk döneminden itibaren kazanılan temel hareket becerileri, motorik gelişim ve uygun antrenman deneyimleri önemli bir yere sahiptir. Geleneksel yaklaşımlarda, üst düzey sportif performansa ulaşma potansiyeli taşıyan bireylerin erken yaşlarda belirlenmesi ve ilgili spor branşının gerektirdiği özellikler doğrultusunda yetiştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Özer, 1993). Benzer şekilde sporcunun yetişkinlik döneminde yüksek performansa ulaşabilmesi için çocukluk döneminden itibaren öğrenme süreçlerinin fiziksel ve fizyolojik gelişimle uyumlu biçimde desteklenmesinin önemli olduğu ifade edilmektedir (Özen, 1998). Badminton, cimnastik, dalma, kayak, yüzme ve tenis gibi bazı spor branşlarında erken yaşlarda başlanan

eğitimin teknik becerilerin kazanılması ve sportif gelişimin desteklenmesi açısından önemli olabileceği belirtilmektedir (Dündar, 1998). Bununla birlikte erken yaşta spor eğitime başlanması, bütün sporcuların erken dönemde tek bir branşta uzmanlaşması gerektiği anlamına gelmemektedir. Özellikle çocuk ve genç sporcularda biyolojik olgunlaşma, motorik öğrenme kapasitesi, bireysel ilgi ve gelişim farklılıkları dikkate alınarak uygun antrenman ortamlarının oluşturulması önem taşımaktadır. Bu doğrultuda sportif yeteneğin belirlenmesi ve geliştirilmesi, yalnızca erken dönemde üstün performans gösteren bireylerin seçilmesine değil, farklı gelişim özelliklerine sahip sporcuların uzun vadeli potansiyellerinin ortaya çıkarılmasına yönelik bütüncül bir süreç olarak değerlendirilmelidir.

Spora İlişkin Yeteneğin Erken Tanınması

Genç yeteneğin seçimi okuldaki zorunlu etkinlikler ve spor kulüplerindeki spor etkinlikleri ile başlar (Erdoğan, 2009).

A. Kendi içinde elemekle

B. Çocukların ve yetişkinlerin katıldığı oyunlarda, okullar arası yarışmalarda

C. Özel yarışmalar sırasında uygunluğun etkili olarak belirlenmesi için gerekli olan noktalar.

C.1. Genç yeteneğin çeşitli yollarla incelenmesidir. Fiziksel ve zihinsel yeteneğin çok yönlü incelenmesi gerekir.

C.2. Seçme genel ve özel yeteneklerin iki aşamada değerlendirilmesi şeklinde yürütülmelidir. İlk genel aşamada, genel sporsal yeteneğe sahip tüm öğrenciler seçilir, bunu çocukların geliştirebilecekleri potansiyel göz önünde tutularak, belli bir sınıfa özgü yeteneklere dayanan bir seçim takip eder.

C.3. Var olan yeteneklerin ortaya çıkarılması nesnelleştirilmelidir. Şöyle ki;

C.3.1. O andaki verim seviyesinin çeşitli ve koordineli testleri

C.3.2. Nasıl geliştiklerini görmek için çocukların çeşitli antrenman biçimlerine katılımlarını sağlamak.

D. Seçme işlemi sporsal yeterliliğe ulaşmada etkili bir rol oynayan belirleyici verim faktörlerine dayandırılmalıdır.

E. Belirleyici verim faktörlerin oluşma derecesi fiziksel gelişmenin bireysel düzeyini bağlantılı olarak değerlendirilmelidir.

F. Aynı yaştaki öğrenciler arasında erken veya geç öğrenenlerin bulunduğu bilinmektedir. Biyolojik olgunluk düzeyindeki farklılıkların bireyin sporsal verimi ile ilgisi vardır.

G. Seçme işlemi, sporla uğraşan çocuğun gelişme düzeyine ve kişilik potansiyelinin etrafı olarak değerlendirilmesine dayanılarak yapılmalıdır (Erdoğan, 2009).

Sporda Yetenek Seçimi

Sporda yetenek seçimi, bireylerin sahip oldukları fiziksel, fizyolojik, motorik ve psikolojik özelliklerin değerlendirilerek sportif potansiyellerine uygun branşlara yönlendirilmelerini amaçlayan sistematik bir süreçtir. Bu süreçte temel amaç, yalnızca mevcut performans düzeylerine göre sporcuların seçilmesi veya elenmesi değil, bireylerin sahip oldukları yeteneklerin erken dönemlerde belirlenerek gelişim özelliklerine uygun spor branşlarına yönlendirilmeleridir (Kanat-Usta, 2019). Sporda yetenek seçimi ve yönlendirmeye yönelik uygulamalar, farklı ülkelerde çeşitli yöntem ve değerlendirme modelleri çerçevesinde ele alınmıştır. Bu kapsamda Fransa, Almanya, Amerika Birleşik Devletleri ve Balkan ülkelerinde sportif yeteneklerin belirlenmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Sporda yetenek seçimi ve yönlendirmeye ilişkin farklı yaklaşımlar bulunmakla birlikte, bütün spor branşlarında geçerli olabilecek standart bir seçim modelinin geliştirilmesi çeşitli güçlükler içermektedir. Özellikle bireysel sporlarla takım sporlarının performans gerekliliklerinin farklılaşması, yetenek değerlendirme süreçlerinin karmaşıklığını artırmaktadır Taşkiran (1997). Reilly ve ark., (2000) sportif yetenek belirleme sürecinin çok boyutlu niteliğine dikkat çekerek özellikle takım sporlarında performansın farklı özelliklerin etkileşimi sonucunda ortaya çıktığını ele almıştır. Bu bağlamda her spor branşının kendine özgü fiziksel, fizyolojik, motorik ve teknik gerekliliklerinin bulunması, yetenek seçimi sürecinde branşa özgü değerlendirme yöntemlerinin kullanılmasını gerekli kılmaktadır. Sporcuların kuvvet, sürat, dayanıklılık, çeviklik, denge ve koordinasyon gibi motorik özelliklerinin uygun testlerle değerlendirilmesi, bireysel performans profillerinin belirlenmesine ve branşların gereklilikleriyle karşılaştırılmasına katkı sağlayabilmektedir (Zorba, 2001). Bununla birlikte bu ölçümlerin, gelecekteki sportif başarıyı tek başına belirleyen kesin göstergeler olarak değerlendirilmemesi önem taşımaktadır.

Sportif yetenek seçimi, özellikle futbol gibi profesyonel spor dallarında antrenörlerin, spor bilimcilerin ve spor yöneticilerinin üzerinde önemle durduğu konular arasında yer almaktadır (Morris, 2000). Sporcuların antropometrik ve fiziksel özellikleri, branşa özgü performans gerekliliklerinin değerlendirilmesinde önemli bilgiler sunabilmektedir. Nitekim farklı spor dallarında üst düzey performans sergileyen sporcuların fiziksel özelliklerinin branşların gerekliliklerine bağlı olarak farklılaşabildiği belirtilmektedir (Açıkada ve ark., 2001). Bu doğrultuda antropometrik ölçümler ve fiziksel performans testlerinden elde edilen bulguların birlikte değerlendirilmesi, bireylerin özelliklerine uygun spor branşlarının belirlenmesine yardımcı olabilmektedir (Arıtan, 1994). Ancak yetenek seçimi ve yönlendirme süreçlerinde yalnızca mevcut fiziksel üstünlüklerin esas alınması, özellikle çocuk ve genç sporcuların

gelişim potansiyellerinin yeterince değerlendirilmesini sınırlandırabilir. Bu nedenle branşa yönlendirme kararlarında antropometrik ve motorik göstergelerin yanı sıra biyolojik olgunlaşma, antrenman geçmişi, bireysel ilgi ve gelişim farklılıklarının da dikkate alınması gerekmektedir. Böylece yetenek seçimi, yalnızca kısa vadeli sportif başarıya odaklanan bir uygulama olmaktan çıkarılarak uzun vadeli sporcu gelişimini destekleyen bütüncül bir süreç olarak yapılandırılabilir.

Yetenekli Sporcuların Özellikleri

Yetenekli sporcuları belirlerken onları diğer bireylerden ayıran özellikleri göz önüne alınmaktadır. Bu özellikler spor dalları için farklılık göstermektedir. Basketbol için temelde değerlendirilen özellikler; fiziki değerler, patlayıcı güç, sürat, çabukluk, dayanıklılık, koordinasyon ve beceri gibi faktörlerdir. Yetenek seçiminde değerlendirilen özellikler aşağıdaki gibi gruplandırılabilir (Sevim, 1997; Ülker, 2011).

- Antropometrik özellikler (boy, kilo, vücut yapısı, vücudun ağırlık merkezi vb.)
- Kondisyonel motorik özellikler (dayanıklılık, statik ve dinamik kuvvet, sürat, reaksiyon yeteneği, beceri, hareketlilik vb.)
- Tekno-motorik özellikler (denge yeteneği, yer, mesafe ve tempo hissi, topa yatkınlık vb.)
- Öğrenim yeteneği (algılama, gözlem, analiz etme vb.)
- Performans için ön şartlar (yüklenmelere dayanabilme, antrenman isteği, başarıya ulaşma arzusu)
- Zihinsel (kognitif) yetenekler (dikkat, motorik akıcılık, yaratıcılık, inisiyatif kullanabilme yeteneği, taktik yetenek vb.)
- Sosyal faktörler (liderlik, sorumluluk takıma, takım anlayışı vb.)
- Psikolojik ön şartlar (sağlam psikolojik yapı, strese dayanabilme, müsabakaya hazır olma, zoru başarıma isteği), (Sevim, 1997; Ülker, 2011).

Yetenek Belirlemeyi Etkileyen Değişkenler

Büyüme, Antropometri ve Biyolojik Olgunlaşma

Sporla yetenek belirleme sürecinde boy uzunluğu, vücut kütlesi ve vücut oranları gibi antropometrik özellikler, sporcuların fiziksel gelişimlerinin değerlendirilmesinde önemli göstergeler arasında yer almaktadır. Bununla birlikte, bu özelliklerin tek bir zaman diliminde ölçülmesiyle gelecekteki üst düzey sportif performansın güvenilir biçimde öngörülmesi güçtür. Beunen ve Malina (2007), çocukluk ve ergenlik dönemlerinde büyüme ve biyolojik

olgunlaşmanın fiziksel performans üzerindeki etkilerini ortaya koyarak aynı kronolojik yaş grubundaki bireylerin farklı olgunlaşma düzeylerine sahip olabileceğini vurgulamıştır. Dolayısıyla genç sporcular arasında kuvvet, sürat ve dayanıklılık bakımından gözlenen farklılıkların yalnızca bireysel yetenek düzeyinden kaynaklandığı düşünülmemelidir.

Biyolojik olgunlaşmanın erken gerçekleşmesi, özellikle fiziksel kapasitenin belirleyici olduğu spor dallarında geçici performans avantajları sağlayabilmekle birlikte, bu avantajların yetişkinlik dönemindeki sportif başarıya doğrudan yansıtacağı varsayılmamalıdır. Ayrıca biyolojik olgunlaşmayı tahmin etmek amacıyla kullanılan yöntemlerin kendilerine özgü sınırlılıkları bulunmaktadır (Malina ve ark., 2015). Bu nedenle yetenek belirleme sürecinde antropometrik ölçümler, biyolojik olgunlaşma göstergeleri, performans gelişimi ve antrenman geçmişi birlikte değerlendirilmeli; seçim kararları yalnızca mevcut fiziksel üstünlüklere dayandırılmamalıdır (Beunen ve Malina, 2007; Vaeyens ve ark., 2008).

Motorik ve Fizyolojik Performans

uvvet, sürat, dayanıklılık, koordinasyon, çeviklik, denge ve hareket kontrolü gibi motorik ve fizyolojik özellikler, spor dallarının gerektirdiği performans bileşenlerine bağlı olarak yetenek belirleme sürecinde farklı düzeylerde önem taşımaktadır. Sprint ve sıçrama testleri sürat ve patlayıcı kuvvet kapasitesinin değerlendirilmesine, aerobik performans testleri ise dayanıklılık özelliklerinin belirlenmesine katkı sağlayabilmektedir. Bununla birlikte, tek bir motorik ya da fizyolojik göstergenin tüm spor dallarında gelecekteki elit performansı güvenilir biçimde öngörebildiğine ilişkin yeterli kanıt bulunmamaktadır. Dolayısıyla bu değerlendirmeler, sporcuların mevcut performans düzeylerini ve gelişim eğilimlerini belirlemek amacıyla kullanılmalı; tek başına kesin seçim veya eleme ölçütleri olarak değerlendirilmemelidir (Vaeyens ve ark., 2008).

Motorik ve fizyolojik testlerin uygulanmasında ölçümlerin standardizasyonu, güvenilirliği, sporcuların kronolojik yaşları, biyolojik gelişim düzeyleri ve antrenman deneyimleri dikkate alınmalıdır. Nijenhuis ve ark., (2024) tarafından raket sporlarına yönelik gerçekleştirilen sistematik derlemede, fizyolojik ve teknik performans özelliklerinin yetenek belirleme ve geliştirme süreçleri açısından önem taşıdığı gösterilmiştir. Bununla birlikte, çok boyutlu ve boylamsal değerlendirme yaklaşımlarının sağladığı ilave katkıya ilişkin kanıtların henüz sınırlı olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle motorik ve fizyolojik performans göstergelerinin branşa özgü gereklilikler doğrultusunda değerlendirilmesi ve araştırma sonuçlarının farklı spor dallarına genellenmesinde dikkatli olunması gerekmektedir.

Psikolojik ve Bilişsel Değişkenler

Motivasyon, öz düzenleme, dikkat, karar verme ve öğrenmeye açıklık gibi psikolojik ve bilişsel özellikler, sporcuların antrenman süreçlerine katılımını, beceri kazanımını ve sportif gelişimini etkileyebilecek önemli değişkenler arasında değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, bu özelliklerin çocukluk ve ergenlik dönemlerinde yapılan tek bir değerlendirmeye gelecekteki elit sportif performansı kesin biçimde öngördüğü söylenemez. Ericsson ve ark., (1993) uzmanlık düzeyindeki performansın kazanılmasında amaçlı ve sistematik alıştırmanın rolünü ele alarak uzun süreli beceri gelişiminin önemine ilişkin kuramsal ve ampirik bir temel sunmuştur. Ancak bu çalışma, genç sporcuların psikolojik özelliklerini ölçmeye yönelik doğrudan doğrulanmış bir yetenek seçimi modeli olarak değerlendirilmemelidir.

Nijenhuis ve ark., (2024) sistematik derlemesinde ise psikolojik ve taktiksel özelliklerin yetenek belirleme ve geliştirme açısından potansiyel önem taşıdığı, ancak bu alanlardaki araştırma kanıtlarının fizyolojik ve teknik özelliklere kıyasla daha sınırlı olduğu belirtilmiştir. Bu doğrultuda psikolojik ve bilişsel değerlendirmelerin yalnızca sporcuların seçilmesi veya elenmesi amacıyla değil, bireysel gelişim gereksinimlerinin belirlenmesi, öğrenme süreçlerinin desteklenmesi ve uygun antrenman ortamlarının oluşturulması amacıyla kullanılması önerilebilir.

Aile, antrenör ve çevresel olanaklar

Sporda yetenek belirleme ve geliştirme süreçleri, bireyin fiziksel ve psikolojik özelliklerinin yanı sıra aile desteği, antrenör niteliği, antrenman olanaklarına erişim ve sportif çevrenin sunduğu gelişim fırsatlarıyla da ilişkilidir. Côté (1999), elit sporcuların aileleriyle gerçekleştirdiği nitel araştırmada ailelerin sportif gelişimin farklı dönemlerinde üstlendikleri rollerin değiştiğini ortaya koymuştur. Araştırma, aile katılımının sportif gelişim sürecindeki yerini anlamak açısından önemli bilgiler sunmakla birlikte, sınırlı örneklemi nedeniyle bulgularının bütün sporculara genellenmesinde dikkatli olunmalıdır.

Li ve ark., (2014) sportif yetenek gelişimini etkileyen çevresel faktörleri inceleyerek bu faktörleri çevresel koşullar, bireyler ve sağlanan olanaklar kapsamında sınıflandırmıştır. Bu yaklaşım, sportif başarının yalnızca bireysel yetenek özellikleriyle açıklanamayacağını ve sporcuların gelişim ortamlarının da değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu nedenle yetenek belirleme sürecinde mevcut performansı görece düşük olan sporcuların önceki antrenman deneyimleri, aile ve antrenör destekleri, sportif olanaklara erişimleri ve gelişim fırsatları dikkate alınmalıdır. Böylece yetenek belirleme ve yönlendirme süreci, yalnızca mevcut performansı yüksek bireylerin seçilmesine değil, farklı gelişim

koşullarındaki sporcuların uzun vadeli potansiyellerinin ortaya çıkarılmasına da odaklanabilir.

Uzun Vadeli Sporcu Gelişimi

Spor da yetenek belirleme ve yetenek geliştirme süreçlerinin birbirinden bağımsız değerlendirilmesi, sporcuların uzun vadeli gelişim potansiyellerinin ortaya çıkarılmasını ve sportif başarının sürdürülebilirliğini sınırlandırabilmektedir. Bu nedenle, yetenek belirleme sürecinde elde edilen başlangıç değerlendirmelerinin yanı sıra sporcuların gelişimsel özelliklerinin, antrenman ortamlarının, destek mekanizmalarının ve sportif gelişim fırsatlarının bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir. Descheemaeker ve ark., (2026) tarafından gerçekleştirilen ve 60 sistematik derleme ile meta-analizi kapsayan şemsiye derlemede, genç sporcuların gelişimini etkileyen çok sayıda belirleyici ortaya konulmuş ve etkili yetenek geliştirme sistemlerinin oluşturulmasında çok boyutlu, kanıta dayalı politikalara duyulan ihtiyaç vurgulanmıştır. Benzer şekilde Côté (1999), sporcuların gelişimsel dönemleri boyunca ailelerin üstlendiği rollerin değiştiğini ve aile desteğinin sportif yetenek gelişiminde önemli bir unsur olduğunu göstermiştir. Li ve ark., (2014) ise sportif yetenek gelişimini etkileyen çevresel faktörleri sistematik biçimde inceleyerek bu faktörleri çevresel koşullar, bireyler ve sağlanan olanaklar kapsamında sınıflandırmıştır. Bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, genç sporcuların uzun vadeli gelişimlerinin yalnızca antrenman yükü veya başlangıç performans ölçütleri üzerinden izlenmemesi; beceri kazanımı, nitelikli antrenman olanaklarına erişim, sosyal destek ve gelişim fırsatları gibi çok boyutlu göstergelerin de dikkate alınması gerektiği anlaşılmaktadır. Bu doğrultuda, yetenek belirleme ve geliştirme süreçlerinin bütünleştirilmesi, özellikle farklı gelişim hızlarına sahip sporcuların potansiyellerini ortaya koyabilecekleri esnek ve kapsayıcı gelişim yollarının oluşturulmasına katkı sağlayabilir.

Sonuç

Spor da yetenek belirleme ve yönlendirmenin temel yaklaşımı, mevcut performansı yüksek bireyleri erken dönemde seçmeye dayalı geleneksel anlayıştan, bireysel gelişim potansiyelini esas alan bilimsel ve bütüncül bir değerlendirme anlayışına doğru geliştirilmelidir. Bu kapsamda spor branşlarının fiziksel ve motorik gereklilikleri ile sporcuların biyolojik olgunlaşma düzeyleri, psikolojik özellikleri, öğrenme kapasiteleri ve çevresel olanakları birlikte dikkate alınmalıdır. Ayrıca sporcu seçimi ve branşa yönlendirme kararlarının kesin ve değişmez sonuçlar olarak değerlendirilmemesi, bireylerin gelişim süreçlerine göre yeniden gözden geçirilmesi önem taşımaktadır. Hareket ve Antrenman

Bilimleri açısından değerlendirildiğinde, yetenek belirleme programlarının başarı sı yalnızca seçilen sporcuların kısa dönemli performanslarıyla değil, bu sporcuların uzun vadeli gelişimlerinin ne ölçüde desteklendiğiyle de ilişkilendirilmelidir. Bu doğrultuda gelecekteki araştırmaların branşa özgü yetenek belirleme ölçütlerinin öngörü geçerliğine, biyolojik olgunlaşmanın seçim kararları üzerindeki etkilerine ve farklı gelişimsel özelliklere sahip sporcuların uzun vadeli performans değişimlerine odaklanması önemlidir. Böyle bir yaklaşım, sporda yetenek belirleme ve yönlendirme süreçlerinin bilimsel niteliğini güçlendirirken sportif potansiyelin daha kapsayıcı, sürdürülebilir ve gelişim odaklı biçimde değerlendirilmesine katkı sağlayacaktır.

Kaynakça

- Açıkada, C., ve Ergen, E., (1990). *Bilim ve spor*. Büro Tek Ofset Matbaacılık, Ankara.
- Arıtan, S. (1994). Dik Gülle Atma Sporlarında Yetenek Seçiminde Kullanılan Kriterlerin Belirlenmesini Etkileyen Faktörler. *Atletizm Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 14, 9-13.
- Bayar, P. (1993). Orta ve Uzun mesafe Koşucularında Yetenek Seçimi ve Yönlendirme. *Atletizm Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 10, 8-13.
- Beunen, G., & Malina, R. M. (2007). *Growth and biologic maturation: Relevance to athletic performance*. In H. Hebestreit & O. Bar-Or (Eds.), *The young athlete* (pp. 3-17). Blackwell Publishing.
<https://doi.org/10.1002/9780470696255.ch1>
- Bompa, T. O. (2009). *Antrenman kuramı ve yöntemi*. Ankara: Spor Yayınevi.
- Côté, J. (1999). The influence of the family in the development of talent in sport. *The Sport Psychologist*, 13(4), 395-417. <https://doi.org/10.1123/tsp.13.4.395>
- Çetin, A. (1996). Atletizmde Yetenek Seçiminde Kullanılan Testler ve Yoğunluk Parametreleri (koşular ve atmalar). *Atletizm Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 21, 26-28.
- Descheemaeker, K., Shibli, S., Weissensteiner, J. R., & De Bosscher, V. (2026). Youth sport and talent development policies: An umbrella review of the foundation and talent phases for future high performance. *Journal of Sports Sciences*, 44(17-18), 2218-2250.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2025.2569267>
- Dündar, U. (1998). *Antrenman Teorisi*. Nobel Yayınevi. Ankara.
- Erdoğan, U. (2004). *Halk Oyunlarına Yönelik Yetenek Testlerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Ericsson, K. A., Krampe, R. T., & Tesch-Römer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, 100(3), 363-406. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.100.3.363>
- Kanat-Usta, H. (2019). *Yapay Sinir Ağları Temelli Sporda Yetenek Yönlendirme Karar Destek Sistemi Tasarımı*. Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Kuter, M., ve Öztürk, F. (1997). *Antrenör ve Sporcu El Kitabı*. Nobel Yayınevi. Ankara.
- Li, C., Wang, C. K. J., & Pyun, D. Y. (2014). Talent development environmental factors in sport: A review and taxonomic classification. *Quest*, 66(4), 433-447.
<https://doi.org/10.1080/00336297.2014.944715>

- Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho e Silva, M. J., & Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of youth athletes: Assessment and implications. *British Journal of Sports Medicine*, 49(13), 852–859.
- Morris, T., (2000). Psychological Characteristics and Talent Identification in Soccer. *Journal of Sport Sciences*, 18, 715–726. <https://doi.org/10.1080/02640410050120096>
- Muratlı, S. (1997). *Çocuk ve spor*. Ankara: Bağırman.
- Muratlı, S., Şahin, G., ve Kalyoncu, O. (2005). *Antrenman ve müsabaka*. İstanbul: Yayılm.
- Nijenhuis, S. B., Koopmann, T., Mulder, J., Elferink-Gemser, M. T., & Faber, I. R. (2024). Multidimensional and longitudinal approaches in talent identification and development in racket sports: A systematic review. *Sports Medicine - Open*, 10, Article 4. <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00669-2>
- Özal, M., Gökdemir, K., Arslan, C., ve Orhan, S. (2003). Güreş eğitim merkezlerine yetenekli sporcu seçme sınavlarına uygulanan testlere ilişkin bir araştırma. *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Dergisi*, 8(2), 20.
- Özen, Ö. (1998). Çocuk ve Gençlerde Kuvvet Antrenmanları. *Atletizm Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 32, 19–26.
- Özer, K. (1993). *Antropometri: Sporda morfolojik planlama*. Kazancı Matbaacılık.
- Reilly, T., Williams, A. M., Nevill, A., ve Franks, A., (2000). A Multidisciplinary Approach to Talent identification in Soccer. *Journal of Sport Sciences*, 18, 695 702. <https://doi.org/10.1080/02640410050120078>
- Saçaklı M. (1998) *Dört yüz Minik-Yıldız 14/16 Genç Takım Futbolcularında Kuvvet Parametrelerinin Tespiti ve Yetenek Seçimindeki Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi. M. Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Sevim, Y. (1997). *Antrenman bilgisi*. Ankara.
- Soy, E. (2019). *8 - 10 Yaş Grubu Çocuklarda Sporda Yetenek Seçimi ile Kinestetik Zeka ve Fiziksel Öz Saygınlık Arasındaki İlişki*. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Taşkıran, Y. (1997). *Hentbolde Performans*. Bağırman Yayınevi. Ankara.
- Ülker, F. H. (2011). *Basketbol İçin Bulanık Mantık Temelli Bir Yetenek Belirleme Uzman Sistemi Geliştirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A. M., & Philippaerts, R. M. (2008). Talent identification and development programmes in sport: Current models and future directions. *Sports Medicine*, 38(9), 703–714. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838090-00001>

- Yalçınay, M. (2000). *Birey Değerlendirmede Psikomotor Yetenekler ve Bir Uygulama Çalışması*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Sosyal Bilimler Enstitüsü Anabilim Dalı.
- Zhao, J., Xiang, C., Kamalden, T. F. T., Dong, W., Luo, H., & Ismail, N. (2024). Differences and relationships between talent detection, identification, development and selection in sport: A systematic review. *Heliyon*, 10(6), e27543. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27543>
- Zorba, E. (2001). *Fiziksel Uygunluk*. İkinci baskı, Ankara, Gazi kitabevi.