

# Antrenman Bilimi ve Spor Performansının Fizyolojik Temelleri



Editörler

Prof.Dr. Fatih ÇATIKKAŞ

Doç.Dr. Tuncay ÖKTEM

Dr. Öğr. Üyesi Zekai ÇAKIR



# **Antrenman Bilimi ve Spor Performansının Fizyolojik Temelleri**

**Editörler**

**Prof.Dr. Fatih ÇATIKKAŞ  
Doç. Dr. Tuncay ÖKTEM  
Dr. Öğr. Üyesi Zekai ÇAKIR**



***Antrenman Bilimi ve Spor Performansının Fizyolojik Temelleri***

***Editörler:** Prof.Dr. Fatih ÇATIKKAŞ, Doç. Dr. Tuncay ÖKTEM  
Dr. Öğr. Üyesi Zekai ÇAKIR*

**Genel Yayın Yönetmeni:** Berkan Balpetek

**Sayfa ve Kapak Tasarımı:** Duvar Design

**Yayın Tarihi:** Aralık 2025

**Yayıncı Sertifika No:** 49837

**ISBN: 978-625-8698-68-8**

© Duvar Yayınları

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

Tel: 0 232 484 88 68

[www.duvar yayinlari.com](http://www.duvar yayinlari.com)

[duvarkitabevi@gmail.com](mailto:duvarkitabevi@gmail.com)



## Editörler

### Prof. Dr. Fatih ÇATIKKAŞ

Manisa Celâl Bayar Üniversitesi  
Spor Bilimleri Fakültesi  
Antrenörlük Eğitimi Bölümü  
Hareket ve Antrenman Bilimleri Anabilim Dalı  
Orcid:0000-0003-4105-2029  
fatihcatikkas@gmail.com

### Doç. Dr. Tuncay ÖKTEM

Bayburt Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi  
Spor Yöneticiliği Bölümü  
Spor Yöneticiliği Anabilim Dalı  
Orcid:0000-0003-2770-1774  
tuncayoktem@bayburt.edu.tr

### Dr. Öğr. Üyesi Zekai ÇAKIR

Bayburt Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi  
Spor Yöneticiliği Bölümü  
Spor Yöneticiliği Anabilim Dalı  
Orcid:0000-0003-2770-1774  
zekaicakir@gmail.com





## İÇİNDEKİLER

### 1.Bölüm.....5

#### EGZERSİZ VE SOLUNUM

*Ensar KÖKTAŞ*

### 2.Bölüm.....19

#### SPORCULARDA YORGUNLUK YÖNETİMİ VE TOPARLANMANIN ANTRENMAN PLANLAMASINDAKİ ROLÜ

*Alırza Han CİVAN, Adem CİVAN*

### 3.Bölüm.....39

#### SPORCU BESLENMESİ VE ENERJİ METABOLİZMASI: PERFORMANSA ETKİSİ

*Yakup KILIÇ*

### 4.Bölüm.....56

#### EGZERSİZLE BİLİŞSEL FONKSİYONLARIN GÜÇLENDİRİLMESİ: NÖROBİLİM TEMELLİ YAKLAŞIMLAR

*Fatma Gözlükaya GİRGİNER, Sinan SEYHAN, Görkem AÇAR*

### 5.Bölüm.....67

#### SPORDA PERFORMANSIN NÖROMÜSKÜLER TEMELLERİ

*Alırza Han CİVAN*

### 6.Bölüm.....89

#### ANTRENMAN VE YORGUNLUK: PERFORMANSIN SINIRLARI

*Yakup KILIÇ*



—◆—  
1. BÖLÜM

—◆—  
EGZERSİZ VE SOLUNUM

Öğr. Gör. Dr. Ensar KÖKTAŞ<sup>1</sup>

**Köktaş, E. (2025).** Egzersiz ve solunum. In **F. Çatikkâş, T. Öktem, & Z. Çakır (Eds.),** *Antrenman bilimi ve spor performansının fizyolojik temelleri* (pp. 5–18). Duvar Yayınları.

---

<sup>1</sup> Karabük üniversitesi Hasan Doğan Spor Bilimleri Fakültesi  
<https://orcid.org/0000-0003-2689-3700> ensarkoktas@karabuk.edu.tr

## **GİRİŞ**

Egzersiz süreci boyunca organizmada yer alan fizyolojik sistemlerin işleyişi, çevresel ve bireysel faktörlerden etkilenebilmektedir. Düzenli antrenman uygulamaları, bireyin adaptasyon kapasitesinin olumlu yönde gelişmesine katkı sağlamaktadır. Uygulanan yüklenmelerin vücut sistemleri üzerindeki yansımaları, kişisel özelliklere bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Özellikle hareketin gerçekleşmesi sırasında kardiyovasküler, solunum ve kas-iskelet sistemlerinin en fazla etkilenen yapılar olduğu ifade edilmektedir. Bununla birlikte fiziksel aktivite yetersizliğine bağlı olarak obezite başta olmak üzere çeşitli hastalıkların görülme sıklığının giderek arttığı bildirilmektedir (Apaydın, 2021).

Kardiyovasküler sistemin başlıca işlevlerinden biri, öncelikli olarak oksijenin taşınması olmak üzere, dokuların gereksinim duyduğu besin öğelerinin hedef dokulara iletilmesini sağlamak ve metabolik süreçler sonucunda ortaya çıkan karbondioksit ile diğer artık maddelerin dolaşımdan uzaklaştırılmasına aracılık etmektir. Fiziksel egzersiz ise organizmada metabolik hızı belirgin düzeyde artıran bir etkinlik olarak tanımlanmaktadır (Uzun, 2016).

Düzenli olarak gerçekleştirilen sportif etkinlikler, bireylerde fizyolojik ve fiziksel gelişimlerin yanı sıra solunum fonksiyonlarında da belirgin uyum süreçlerinin oluşmasına katkı sağlamaktadır. Fiziksel aktivite sırasında dokuların oksijen ( $O_2$ ) gereksinimi arttıkça, solunum sistemi aracılığıyla organizmaya alınan oksijen miktarının da artması zorunlu hale gelmektedir (Yiğit, 2001). Bu süreçte aktif kas gruplarının kandan oksijen alımının yükselmesiyle birlikte solunum yanıtında ek bir artış meydana gelmektedir. Solunum sırasında oluşan bu artış, organizmanın daha fazla oksijen temin etmesine olanak sağlamaktadır. Planlı ve programlı egzersiz alışkanlığına sahip bireylerin, fiziksel olarak inaktif bireylere kıyasla daha yüksek kas kuvveti ve solunum kapasitesine sahip oldukları birçok çalışmada rapor edilmiştir. Ayrıca düzenli egzersiz yapan bireylerin solunum hacim ve kapasitelerinin, benzer yaş, boy ve vücut ağırlığına sahip sedanter bireylere göre daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Noyan, 1999). Aynı şiddette gerçekleştirilen fiziksel aktivitelerde, düzenli egzersiz yapan bireylerin solunum dakika hacminin yaklaşık 200 L/dk, sedanter bireylerde ise 100 L/dk düzeyinde olduğu ifade edilmektedir. Bu farklılığın, egzersize bağlı olarak solunum kaslarının gelişmesi ve güçlenmesiyle ilişkili olduğu belirtilmektedir (Ganong, 1995).

Kardiyovasküler ve solunum sistemlerini etkileyen egzersiz türleri incelendiğinde, yüzme, koşu, bisiklet sürme ve yürüyüş gibi pek çok fiziksel aktivite örnek olarak gösterilebilmektedir. Bu aktiviteler, iç mekânlarda veya açık alanlarda uygulanabilmektedir. Örneğin yüzme deniz ya da havuz ortamında gerçekleştirilirken; koşu ve yürüyüş açık alanlarda ya da koşu bandı (treadmill)

üzerinde yapılabilmektedir. Bununla birlikte bu uygulamalar arasındaki farklılıklar, elektronik destekli sistemlerin devreye girmesiyle bireylerin egzersiz sırasındaki eforlarının desteklenmesine bağlı olarak ortaya çıkabilmektedir. Bu bağlamda mevcut egzersiz yöntemlerine, farklı çalışma prensiplerine sahip cihazların uygun yüklenmelerle eklenmesinin performans gelişimine olumlu katkı sağlayacağı ifade edilmektedir (Apaydın, 2021).

Demir ve Filiz, düzenli olarak gerçekleştirilen egzersizin solunum sistemi üzerindeki olumlu etkileri doğrultusunda, inspirasyon sırasında akciğer kapasitesinde artış meydana geldiğini ve uygulanan yüklenmeler sonucunda solunum ritminin daha düzenli bir yapıya kavuştuğunu belirtmişlerdir. Bu durumun yorgunluğun geciktirilmesine katkı sağladığı, günlük yaşam performansını artırdığı ve bireyin kısa sürede dinlenik duruma ulaşmasına olanak tanıdığı ifade edilmiştir. Ayrıca düzenli egzersizin, psikolojik açıdan özgüvenin gelişmesine, hoşgörü düzeyinin artmasına ve stresin azaltılmasına katkı sunduğu; sonuç olarak egzersizin süreklilik kazandığı durumlarda sağlıklı yaşamın desteklendiği vurgulanmıştır (Demir ve Filiz, 2004).

### **Fiziksel Aktivite**

Bazal metabolik düzeyin üzerinde enerji harcamasını gerektiren ve iskelet kaslarının kasılmasıyla ortaya çıkan tüm bedensel hareketler fiziksel aktivite olarak tanımlanmaktadır. Fiziksel aktivite kavramı, günlük yaşamda gerçekleştirilen kas aktivitelerinin tamamını kapsamakta olup, basit gündelik hareketlerden organize spor etkinliklerine kadar geniş bir yelpazeyi içermektedir. Bahçe işleriyle uğraşma, yük taşıma, merdiven çıkma ve çeşitli sportif uygulamalar bu kapsama örnek olarak verilebilmektedir (Thompson ve ark., 2009). Fiziksel aktivitenin amaca uygun ve düzenli biçimde uygulanması durumunda, her yaş grubunda olumlu etkiler sağladığı belirtilmektedir. Süreklilik gösteren fiziksel aktivite, bireyin fiziksel, ruhsal ve zihinsel açıdan kendini daha iyi hissetmesine katkı sağlamakta; farklı yaşam dönemlerinde gelişim alanlarını destekleyerek yaşam kalitesini artırmaktadır. Bu doğrultuda toplumun bedensel, psikolojik ve bilişsel iyilik hâlinin geliştirilmesi için fiziksel aktiviteye ilişkin farkındalığın artırılması ve düzenli fiziksel aktivite alışkanlığının kazandırılması önem taşımaktadır (İşleyen, 2018).

Hareket kontrolü ise sistemsel, çevresel ve merkezi geri bildirim mekanizmalarıyla etkileşim hâlinde çalışan karmaşık bir sinir ağı tarafından düzenlenmektedir. Bu yapı; serebral korteks, bazal ganglionlar, serebellum, beyin sapı ve omurilik arasında hiyerarşik bir organizasyon içermekte olup, temel olarak

istemli hareketlerin kontrolünden sorumludur (Guskiewicz, 2011; Civan ve ark., 2025).

Fiziksel uygunluk bileşenlerinin sürdürülmesi ve geliştirilmesi amacıyla sistemli, planlı ve düzenli biçimde gerçekleştirilen fiziksel aktiviteler egzersiz olarak tanımlanmaktadır. Egzersiz; esneklik, kuvvet ve dayanıklılık gibi temel fiziksel uygunluk unsurlarının belirli bir program dâhilinde geliştirilmesini sağlarken, bireyin mevcut fiziksel kapasitesinin korunmasına da katkı sunan hareket uygulamalarının tamamını kapsamaktadır (Özer, 2013; Şahin ve ark., 2023).

### **Fiziksel Aktivitenin Yararları**

1. Kas kuvvetini korur ve artırılmasını sağlar.
2. Kas ve eklem esnekliğini artırır.
3. Postürü korur ve daha iyi görünümünü sağlar.
4. Tansiyon, şeker hastalıkları vs. gibi birçok rahatsızlığı kontrol altında tutmayı sağlar.
5. Kendini iyi hissetmeyi sağlar.
6. Olumlu benlik algısı oluşturmayı sağlar.
7. Bireyler arası iletişim becerisinin gelişmesini sağlar.
8. Gelecekte olabilecek bedensel ve ruhsal rahatsızlıkları önlemeye yardımcı olur.
9. Bireyler arası sosyal uyum oranının artmasını sağlar.
10. Yaşamına olan saygıyı ve farkındalığın artmasını sağlar (İşleyen 2018).

### **Fiziksel Aktivitenin Tipleri**

Geçmiş yıllarda fiziksel aktivite ve egzersiz kavramları çoğu zaman birbirinin yerine kullanılmış olsa da, güncel yaklaşımlarda egzersizin fiziksel aktivitenin bir alt bileşeni olduğu kabul edilmektedir. Bu çerçevede egzersiz; fiziksel uygunluğun (fitness) bir ya da birden fazla bileşenini geliştirmeyi hedefleyen, planlı ve programlı biçimde gerçekleştirilen fiziksel aktiviteler olarak tanımlanmaktadır (DHHS, 1996). Ayrıca egzersiz türleri, uygulama sırasında baskın olarak kullanılan enerji sistemlerine göre aerobik ve anaerobik egzersizler şeklinde sınıflandırılmaktadır (Artal ve ark., 1998).

### **Egzersiz**

Egzersiz; kardiyovasküler uygunluk, kas kuvveti ve dayanıklılığı, esneklik ile vücut kompozisyonu gibi fiziksel uygunluğun bir ya da birden fazla bileşenini geliştirmeyi amaçlayan, istemli, planlı ve tekrarlayıcı nitelikteki fiziksel aktiviteler

olarak tanımlanmaktadır. Bu kapsamda egzersiz, zindeliğin artırılması, bedensel performansın geliştirilmesi, vücut ağırlığının kontrol altına alınması ve sağlıklı bir yaşam sürdürülmesi gibi hedeflere yönelik olarak yapılandırılmış hareket uygulamalarını ifade etmektedir (Thompson ve ark., 2009). Ayrıca egzersizin, sağlığın korunması ve geliştirilmesine katkı sağlamak amacıyla belirli bir süre devam eden, sistematik ve planlı hareketlerden oluştuğu belirtilmektedir (Ardıç, 2012).

Planlı ve düzenli biçimde tekrarlanan fiziksel egzersizlerin sağlık üzerindeki önemi giderek artmakta olup, eklem, kemik ve kas yapılarının yanı sıra kalp-damar sistemi fonksiyonlarının uyum içinde çalışmasına katkı sağlamaktadır (Akgün, 1986). Egzersiz uygulamaları, koroner damarlar yoluyla geçen kan akımını artırarak damarların genişlemesini desteklemekte ve kalp kasının daha etkin biçimde kanlanmasına olanak tanımaktadır. Özellikle düzenli olarak gerçekleştirilen aerobik egzersizlerin, orta düzeyde seyreden hipertansiyon olgularında kan basıncının düşürülmesinde etkili olduğu bildirilmektedir (Pehlivan, 2000). Bununla birlikte egzersizin temel amacı; bireyin fiziksel ve psikolojik sağlığını geliştirmek, özgüven düzeyini artırmak ve sonuç olarak üst düzey performansın ortaya konulmasını sağlamaktır (Bilge, 2000).

### **Egzersiz Tipleri**

Sürekli egzersiz, belirli bir şiddetin kesintisiz biçimde sürdürülmesine dayanan bir yüklenme modelidir. Bu egzersiz tipi, sabit yoğunluk altında farklı sürelerde uygulanabilmekte ve özellikle aerobik kapasite ile dayanıklılık gelişimini desteklemektedir. Bu çalışmada uygulanması planlanan submaksimal sürekli aerobik egzersiz yaklaşımının, kalp atım hızının maksimal kalp atım hızının %65–85'i aralığında tutulmasıyla dayanıklılık performansının artırılmasına katkı sağladığı düşünülmektedir (İşleyen, 2018).

Interval egzersiz ise, egzersizin sabit bir yoğunlukta devam ettirilmesi yerine, yüklenme ve dinlenme evrelerinin planlı bir biçimde ardışık olarak düzenlenmesine dayanmaktadır. Bu yöntemde dinlenme evresi, fizyolojik uyum süreçlerinin sürdürülebilmesi amacıyla daha düşük şiddette gerçekleştirilen ve “verimsel dinlenme” olarak adlandırılan bir aşamayı ifade ederken; yüklenme evresi, egzersiz şiddetinin belirgin biçimde arttığı bölümü tanımlamaktadır. Yüksek yoğunluklu interval egzersiz protokollerinde yüklenme evresi genellikle maksimal veya maksimale yakın şiddette ( $KH > \%85$  MKH) uygulanmakta, dinlenme evresindeki egzersiz şiddeti ise seçilen programın özelliklerine göre değişkenlik göstermektedir (Gillen, 2014).

## **Solunum Fizyolojisi**

Solunum fizyolojisi, organizmanın gaz alışverişini sürdürebilmesi için birbiriyle ilişkili çeşitli aşamalardan oluşmaktadır. Bu süreçler; ventilasyon (nefes alma ve verme), diffüzyon (gazların yayılması), perfüzyon (gazların taşınması) ve solunumun düzenlenmesi olarak tanımlanmaktadır (İşleyen, 2018).

Ventilasyon, atmosfer havasının akciğerlere alınması ve akciğerlerden tekrar atmosfere verilmesiyle gerçekleşen mekanik bir süreçtir. Bu süreç, inspirasyon ve ekspirasyon olmak üzere iki temel evreden oluşur ve solunum kaslarının koordineli çalışmasıyla sağlanır. Diyaframın aşağı ve yukarı yönlü hareketleri, göğüs kafesinin ön-arka çapındaki değişimler ve kaburgaların yukarı-aşağı hareketleri sonucunda göğüs boşluğunun hacmi artmakta veya azalmaktadır; böylece solunum gerçekleşmektedir (İşleyen, 2018).

İnspirasyon sırasında görev alan kaslar arasında diyafram, sternokleidomastoid kaslar, interkostal kaslar, kürek kemiğini yukarı çeken kas grupları, ön serratus kasları, skalen kaslar ve omurga ekstansörleri yer almaktadır. Diyafram, göğüs ve karın boşluğunu birbirinden ayıran ve frenik sinir aracılığıyla uyarılan temel solunum kasıdır. Ekspirasyon evresinde ise karın kasları, iç interkostal kaslar ve arka-alt serratus kasları aktif rol oynamaktadır (İşleyen, 2018).

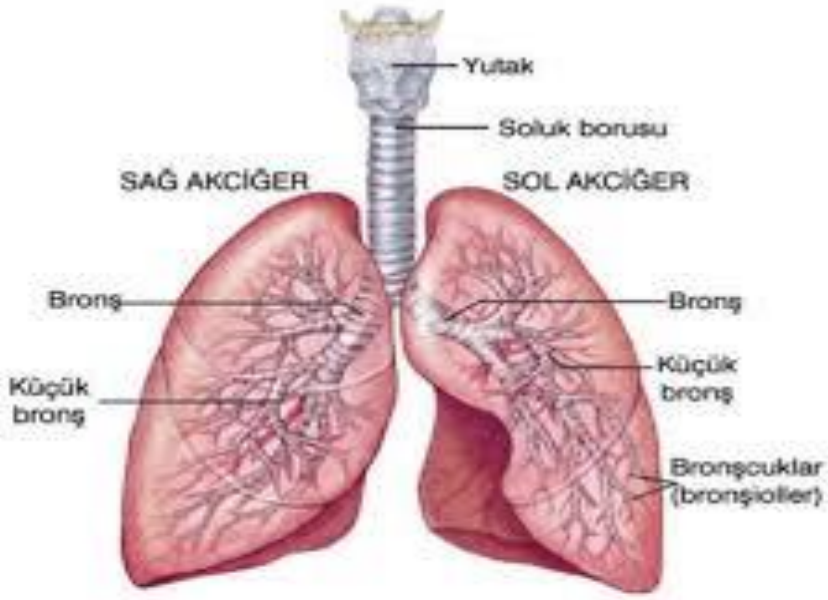
İnspirasyon (soluk alma), havanın akciğerlere doğru çekilmesiyle karakterize edilen aktif bir süreçtir. Solunum kaslarının kasılmasıyla göğüs kafesinin ön-arka çapında genişleme ve dikey yönde uzama meydana gelir. Akciğer hacminin artmasına bağlı olarak intrapulmoner basınç azalır ve bu basınç farkı sonucunda atmosfer havası akciğerlere dolmaktadır (İşleyen, 2018).

Ekspirasyon (soluk verme) ise akciğerlerde bulunan havanın dış ortama atılmasını ifade eden ve genellikle pasif olarak gerçekleşen bir süreçtir. Bu evrede akciğer hacmi azalır ve intrapulmoner basınç artar. Akciğer içi basıncın atmosfer basıncının üzerine çıkmasıyla birlikte hava dış ortama yönlendirilir (İşleyen, 2018).

Diffüzyon, akciğerlere alınan havanın alveollere ulaşmasının ardından gaz değişiminin gerçekleştiği aşamadır. Bu süreçte oksijen, alveol çevresindeki kılcal damarlara geçerken; karbondioksit kandan alveol boşluğuna difüze olur. Gazların bu karşılıklı geçişi, alveol ve kılcal damarlar arasındaki parsiyel basınç farkına bağlı olarak gerçekleşmektedir (İşleyen, 2018).

Perfüzyon ise oksijen ve karbondioksitin dolaşım sistemi aracılığıyla taşınmasını ifade eder. Alveollerden difüze olan oksijen, plazmada çözünmüş halde veya eritrositler içerisindeki hemoglobine bağlanarak dokulara taşınmaktadır. Dokulara

bırakılan oksijen miktarı, dokulardaki karbondioksit parsiyel basıncı, kanın pH değeri ve sıcaklığı gibi faktörlerden etkilenmektedir. Karbondioksitin taşınması da benzer şekilde plazmada çözülmüş halde veya hemoglobine bağlı olarak gerçekleşmektedir (İşleyen, 2018).



**Tablo1.** Solunum sistemi

### Egzersiz ve Solunum

Dokuların gereksinim duyduğu oksijenin ( $O_2$ ) alınması ve metabolik süreçler sonucunda oluşan karbondioksitin ( $CO_2$ ) uzaklaştırılması solunum olarak tanımlanmaktadır. Solunum sistemi; akciğerler, solunum kasları, bu kasların sinirsel kontrolünü sağlayan beyin merkezleri ve ilgili sinir yapılarından oluşan bütüncül bir yapıya sahiptir. İstirahat hâlindeki sağlıklı bir bireyde solunum sayısının dakikada yaklaşık 13–15 arasında olduğu bildirilmektedir. Her bir soluk alıp verme sırasında ortalama 500 mL, dakika başına ise yaklaşık 6–8 L hava akciğerlere girip çıkmaktadır. Alınan hava, alveollerde bulunan gazlarla karıştıktan sonra basit difüzyon yoluyla oksijen akciğer kılcallarındaki kana geçerken, karbondioksit alveol boşluklarına aktarılmaktadır. Bu süreç sonucunda organizmaya dakikada yaklaşık 250 mL  $O_2$  alınmakta, buna karşılık yaklaşık 200 mL  $CO_2$  dışarı atılmaktadır (Kim, 2018).

Solunum yoluyla alınan oksijen ( $O_2$ ) miktarı, dokuların metabolik gereksinimleri doğrultusunda artış göstermektedir. Aerobik enerji sisteminin baskın olarak

kullanıldığı spor dallarında, çalışan kas gruplarının oksijen ihtiyacı belirgin biçimde yükselmektedir. Bu durum, akciğerler, dolaşım sistemi ve kas dokusu arasındaki gaz değişim hızının artmasına yol açmaktadır. Dayanıklılık temelli spor branşlarında sporcuların yüksek şiddetli egzersizleri sırasında, alveoler yüzeyden oksijen alımının istirahat düzeyine kıyasla yaklaşık 25 kat arttığı bildirilmektedir (Ergen, 2007).

Orta şiddette gerçekleştirilen bir antrenman sırasında solunum sisteminin temel işlevi, metabolik gereksinimlere uygun alveoler ventilasyonu sağlarken arteriyel pH değerini istirahat düzeylerine yakın tutmaktır. Egzersiz sürecinde arteriyel kan gazları ve asit-baz dengesinin korunabilmesiyle birlikte, solunumun mekanik iş yükünün en aza indirilebilmesi için uygun şekilde düzenlenmiş bir solunum paternine ihtiyaç duyulmaktadır. Sağlıklı bireylerde egzersiz esnasında ortaya çıkan bu ventilatuvar gereksinimler genellikle sorunsuz biçimde karşılanabilmektedir. Bunun temel nedeni, solunum kaslarının artan ventilasyon taleplerine yapısal ve fonksiyonel olarak uyum sağlayabilmesidir. Diyafragmanın yüksek oksidatif kapasiteye sahip olması bu duruma örnek olarak gösterilmektedir.

Egzersizin ilerleyen evrelerine doğru bireylerde solunum derinliği ve solunum sayısında belirgin bir artış gözlenmektedir. Egzersiz şiddetinin yükselmesiyle birlikte organizmanın oksijen gereksinimi de artmaktadır (Amonette ve ark., 2002). Yüksek yoğunlukta gerçekleştirilen egzersizlerde, solunum kasları istirahat durumuna kıyasla daha yoğun bir aktivite göstermekte; bu durum solunumun sürdürülebilmesi için gerekli metabolik talebin artmasına neden olmaktadır (Sheel ve ark., 2002). Antrenman sırasında uygulanan yüklenme arttıkça, artan ventilatuvar gereksinimi karşılamak amacıyla yardımcı solunum kasları da kademeli olarak sürece dâhil olmaktadır. Egzersiz şiddetine paralel şekilde artan ventilasyon, aktif kas dokularında yükselen oksijen tüketimi ve karbondioksit üretimi ile doğrudan ilişkilidir. Maksimal efor düzeyinde dakika ventilasyonunun belirleyici faktörünün karbondioksit üretimi olduğu belirtilmektedir (McConnell, 2011).

Dayanıklılık temelli egzersizler sonucunda akciğerlerin tidal volümünde artış meydana gelmekte ve yüklenme sırasında dakika ventilasyonunun görece azalması, solunum sisteminin daha ekonomik çalışmasına katkı sağlamaktadır. Bu durum aktif kas gruplarına daha fazla oksijen taşınmasına olanak tanıyarak yorgunluğun gecikmesine yardımcı olmaktadır. Bu nedenle antrene bireylerin, aynı iş yükünde gerçekleştirdikleri egzersizler sırasında dakika ventilasyon değerlerinin, egzersiz alışkanlığı olmayan bireylere kıyasla daha düşük olduğu bildirilmektedir (McConnell, 2011).

Solunum sistemi, insanın aerobik kapasitesinin temel belirleyicilerinden biri olarak kabul edilmekte olup, yaşamın sürdürülebilmesi açısından hayati bir role sahiptir (Yılmaz, 2000). Bu sistem, organizmanın oksijen teminini ve metabolik

artıkların uzaklaştırılmasını sağlayarak fiziksel performansın devamlılığında belirleyici olmaktadır.

Günlük yaşamda bireyin iş yapabilme gücü ve performans kapasitesinin belirlenmesinde solunum sisteminin işlevselliği önemli bir ölçüt olarak değerlendirilmektedir. Solunum sisteminin etkin ve verimli çalışması, bireyin fiziksel aktivite sırasında ve sonrasında ortaya koyduğu performans düzeyini olumlu yönde etkilemektedir (Erkal, 2000).

Solunum sisteminin başlıca görevleri; organizmada gaz değişiminin sağlanması yoluyla oksijenin alınması ve karbondioksitin uzaklaştırılması, vücut ısısı ile pH dengesinin düzenlenmesine katkı sağlanması ve solunum yoluyla ısı ile su kaybının gerçekleşmesidir (Günay, 1998).

### **Pulmoner ventilasyon**

Ventilasyon süreci iki temel başlık altında ele alınmaktadır: pulmoner ventilasyon ve pulmoner alveolar ventilasyon. Pulmoner ventilasyon, havanın akciğerlere giriş ve çıkışını ifade ederken; pulmoner alveolar ventilasyon, alınan havanın alveoller düzeyinde gaz değişiminin gerçekleştiği bölümü tanımlamaktadır (Ganong, 2002).

### **Alveolar solunum**

Solunan hava alveollere ulaştığında, pulmoner kılcal damarlarla temas ederek gaz değişimi sürecine dâhil olmaktadır. Buna karşılık burun, ağız, farenks, larenks, trakea, bronşlar ve bronşiollerden oluşan solunum yollarındaki taze hava, gaz alışverişine katılmadığından anatomik ölü boşluklar olarak adlandırılmaktadır (Brooks, 1984).

İnsanlarda bu anatomik ölü boşluk hacminin, istirahat durumunda erkeklerde ortalama 0,15 L, kadınlarda ise yaklaşık 0,10 L olduğu bildirilmektedir. Alınan havanın yaklaşık %70'inin alveoler ventilasyona katıldığı, %30'unun ise ölü boşluklarda kaldığı ifade edilmektedir. Egzersiz sırasında solunum yollarının genişlemesine bağlı olarak ölü boşluk hacminde yaklaşık iki kat artış meydana gelmektedir. Bununla birlikte tidal volümdeki artış, alveoler ventilasyonu ve gaz değişimini kolaylaştırarak solunumun etkinliğini artırmaktadır (Fox, 2000).

### **Dakika ventilasyonu**

Ventilasyon, solunum sürecinin temel bileşenlerinden biri olup iki ana evrede gerçekleşmektedir. İnspirasyon, atmosfer havasının akciğerlere alınmasını ifade ederken; ekspirasyon, akciğerlerde bulunan havanın dış ortama verilmesini

tanımlamaktadır. Dakika ventilasyonu ise bir dakika içerisinde akciğerlere giren ve çıkan toplam hava miktarı olarak tanımlanır (Ergen, 2002).

Solunum dakika volümü, tidal volüm ve solunum frekansının çarpımıyla hesaplanmaktadır. Tidal volüm (solunum volümü), tek bir soluk sırasında akciğerlere alınan veya akciğerlerden verilen hava miktarını ifade ederken; solunum frekansı, bir dakika içinde gerçekleşen soluk sayısını belirtmektedir. Bu ilişki aşağıdaki eşitlikle gösterilmektedir:

$$SDV = TV \times SF$$

Sağlıklı bireylerde istirahat koşullarında solunum dakika volümü yaklaşık olarak dakikada 6 litre düzeyindedir. Bu durumda tidal volüm genellikle 400–600 ml arasında değişmekte, solunum frekansı ise dakikada yaklaşık 10–15 soluk aralığında seyretmektedir (Günay, 1998).

### **Egzersizde ventilasyon**

Sportif etkinlikler sırasında dokuların oksijen gereksinimi arttıkça, solunum sistemi aracılığıyla organizmaya taşınan oksijen miktarının da yükselmesi gerekmektedir. Metabolik gereksinimlerin artmasına bağlı olarak ortaya çıkan karbondioksit fazlasının uzaklaştırılması ve oluşan ısının tolere edilebilmesi için dolaşım ve solunum sistemleri eş zamanlı olarak görev yapmaktadır. Dakika ventilasyonu, kas dokusunda artan oksijen tüketimi ve karbondioksit üretimine paralel olarak yükselmektedir. Bununla birlikte dakika solunumunun, kardiyorespiratuvar sistemin (kalp, kas ve solunum sistemi) kapasitesini sınırlayıcı bir faktör olmadığı bildirilmektedir (Fox, 2000).

Maksimal egzersiz koşullarında dakika ventilasyonunun, oksijen kullanımından çok karbondioksit üretimi tarafından düzenlendiği ifade edilmektedir. Egzersiz süresince solunum derinliği ve solunum sayısındaki artış, dakika ventilasyonunda belirgin bir yükselmeye neden olmaktadır. Yüksek şiddetli aktivitelerde yetişkin erkeklerde solunum sayısının dakikada 35–45 düzeylerine ulaşabildiği, elit sporcularda ise maksimal yüklenmeler sırasında bu değer 60–76'ya kadar çıkabildiği belirtilmektedir. Uzun süreli egzersizlerde tidal volümün 2 L'nin üzerine çıkabildiği ve buna bağlı olarak dakika ventilasyonunun 100 L'nin üzerine ulaşabildiği rapor edilmiştir (Ergen, 2002).

Egzersiz sırasında inspirasyon evresinde yardımcı solunum kasları aktif hâle gelmekte ve özellikle göğüs kafesini yukarı yönde hareket ettiren kas grupları inspiratuvar faza önemli katkı sağlamaktadır. Artan ventilatuvar gereksinime bağlı olarak inspirasyon, yalnızca diyaframla sınırlı kalmamakta; aksesuar kasların katılımıyla daha etkin bir biçimde gerçekleştirilmektedir. Ekspirasyon süreci ise interkostal kaslar ile abdominal kasların oluşturduğu intratorasik basınç artışı

sayesinde aktif olarak gerçekleşmektedir. Yardımcı solunum kaslarının kuvvetlenmesi, egzersiz sırasında ventilatuar hava akışının en yüksek düzeylere ulaşmasına olanak tanımaktadır (Ergen, 2002).

İstirahat koşullarında yetişkin erkeklerde dokulara iletilen oksijen miktarı yaklaşık 250 ml/dk düzeyindeyken, egzersiz sırasında bu değer 1 L/dk'ya kadar yükselmektedir. Sedarer bireylerde maksimal oksijen sunumu yaklaşık 3 L/dk seviyesine ulaşırken, mukavemet sporlarıyla düzenli olarak ilgilenen bireylerde bu değer 5 L/dk'ya kadar çıktığı bildirilmektedir. Benzer şekilde, karbondioksit atılımı da istirahatte yaklaşık 200 ml/dk iken, yoğun egzersiz sırasında 8 L/dk seviyelerine kadar artış gösterebilmektedir (Günay, 1998).

Egzersizle birlikte oksijen ventilasyonu ve oksijen tüketiminde belirgin bir artış ortaya çıkmaktadır. Sporcularda, solunum sayısındaki yükselmeye ek olarak solunum derinliğinin de arttığı gözlenmektedir. Antrene bireylerin, sedanter bireylere kıyasla aynı iş yükünde daha düşük ventilasyon değerlerine sahip olduğu bildirilmektedir. Egzersiz öncesi ve egzersiz sonrasında ventilasyon düzeylerinde artış meydana gelmekte; egzersiz öncesinde görülen bu artışın, serebral korteksten kaynaklanan merkezi sinir sistemi uyarıları ile ilişkili olduğu ifade edilmektedir (Günay, 1998).

Orta şiddette gerçekleştirilen egzersizlerde ventilasyondaki artışın temel kaynağının, solunum volümünde meydana gelen yükselme olduğu belirtilmektedir. Bu ventilatuar yanıt, oksijen tüketimindeki artışla yakından ilişkilidir. Oksijen alımı ile ventilasyonun dengelendiği noktada, kararlı durum (steady-state) oluşmaktadır. Buna karşılık maksimal egzersiz koşullarında, solunum volümündeki artışa ek olarak solunum frekansında da belirgin bir yükselme gözlenmektedir. Bu şiddetteki egzersizlerde kararlı denge sağlanamadığından, laktik asit birikimi ve artan karbondioksit üretimi ventilasyon hızının daha da artmasına neden olmaktadır (Günay, 1998).

Fiziksel aktivitenin sona ermesinin ardından ventilasyon düzeylerinde başlangıçta hızlı bir azalma gözlenmekte, belirli bir aşamadan sonra ise bu düşüş daha yavaş ve kademeli bir seyir izlemektedir. Ventilasyondaki azalmanın süresi, uygulanan egzersizin şiddetine bağlı olarak uzayabilmektedir. Bu süreç; kas ve eklem reseptörlerinden gelen uyarılar ile egzersiz sonrasında devam eden karbondioksit üretiminin etkisiyle şekillenmektedir (Fox, 2000).

## KAYNAKLAR

- Akgün, N. (1986). *Egzersiz fizyolojisi* (Cilt 3, No. 1, ss. 211–222). Ege Üniversitesi Basımevi.
- Amonette, W. E., & Terry, L. D. (2002). The effects of respiratory muscle training on  $\text{VO}_2\text{max}$ , ventilatory threshold, and pulmonary function. *Journal of Exercise Physiology*, 5(2), 29–35.
- Apaydın, C. S. C. (2021). Düzenli olarak yapılan Skillmill egzersizlerinin anaerobik performans ve solunum fonksiyonları üzerine etkisinin incelenmesi (Yüksek lisans tezi). Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Ardıç, F. (2012). Anthropometry and exercise in obesity. In V. R. Preedy (Ed.), *Handbook of anthropometry: Physical measures of human form in health and disease* (pp. 1919–1935). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1788-1\\_118](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1788-1_118)
- Artal, M., & Sherman, C. (1998). Exercise against depression. *The Physician and Sportsmedicine*, 26(10), 57–61. <https://doi.org/10.3810/psm.1998.10.1318>
- Bilge, M. (2000). Türk bayan hentbol millî takımı oyuncularının somatotip profilleri ve yabancı ülke sporcuları ile karşılaştırılması. *Spor Araştırmaları Dergisi*, 4, 1–10.
- Brooks, G. A., & Fahey, T. D. (1984). *Exercise physiology* (p. 221). Macmillan Publishing Company.
- Civan, A. H., Uzun, M. E., Bezci, Ş., Yayvan, E., Şahin, M., Köktaş, E., & Doğan, İ. (2025). Taekwondo sporcularının esneklik, dikey sıçrama ve denge performanslarının incelenmesi. *Mediterranean Journal of Sport Science*, 8(3), 465–477.
- Ergen, E. (Ed.). (2002). *Egzersiz fizyolojisi* (ss. 39–81). Nobel Yayın Dağıtım.
- Ergen, E. (2007). *Egzersiz fizyolojisi*. Nobel Yayın Dağıtım.
- Erkal, N. (2000). *Yaşam boyu spor* (s. 28). Bağırhan Yayınevi.
- Fox, E. L., Bowers, R. W., & Foss, M. L. (2000). *Beden eğitimi ve sporun fizyolojik temelleri* (H. Yaman, Çev.; 2. baskı, ss. 26–290). Bağırhan Yayınevi. (Orijinal eser 1988’de yayımlanmıştır)
- Ganong, W. F. (1995). *Tıbbi fizyoloji*. Barış Kitabevi.

- Ganong, W. F. (2002). Tıbbi fizyoloji (20. baskı; Türk Fizyolojik Bilimler Derneği, Çev.). Nobel Tıp Kitapevleri. (Orijinal eser 1963'te yayımlanmıştır)
- Gillen, J. B., Percival, M. E., Skelly, L. E., Martin, B. J., Tan, R. B., Tarnopolsky, M. A., & Gibala, M. J. (2014). Three minutes of all-out intermittent exercise per week increases skeletal muscle oxidative capacity and improves cardiometabolic health. *PLOS ONE*, 9(11), e111489. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111489>
- Günay, M. (1998). Egzersiz fizyolojisi (2. baskı, ss. 35–174). Bağırhan Yayınevi.
- İşleyen, G. (2018). Sedanter erkeklerde aerobik egzersizin solunum fonksiyonları ve aerobik kapasite üzerine etkisi. (Yüksek lisans tezi).
- Barrett, K. E. (2011). Ganong'un tıbbi fizyolojisi. Nobel Tıp Kitabevi.
- Demir, M., & Filiz, K. (2004). Spor egzersizlerinin insan organizması üzerindeki etkileri. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 5(2), 109–117.
- McConnell, A. K. (2011). Breathe strong, perform better. *Human Kinetics*.
- Noyan, A. (1999). Fizyoloji. Meteksan A.Ş.
- Pehlivan, A. (2000). Fitness salonlarında risk faktörü taşıyan kişilerde uygulanabilecek interval prensipli aerobik antrenman programı. *Spor Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 1–8.
- Sheel, A. W., Derchak, P. A., Morgan, B. J., Pegelow, D. F., Jacques, A. J., & Dempsey, J. A. (2001). Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex reduction in resting leg blood flow in humans. *The Journal of Physiology*, 537(1), 277–289. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.00277.x>
- Sheel, A. W., Romer, L. M., & Dempsey, J. A. (2002). Respiratory muscle training in healthy individuals: Physiological rationale and implications for exercise performance. *Sports Medicine*, 32(9), 567–581. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232090-00002>
- Şahin, M., Civan, A. H., & Köktaş, E. (2023). Kadınlarda 8 haftalık fonksiyonel antrenman programının fiziksel uygunluk parametreleri üzerine etkisi. *İnönü Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 10(1), 23–31.

- Thompson, W. R., Gordon, N. F., & Pescatello, L. S. (2009). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription (8th ed., pp. 253–255). Lippincott Williams & Wilkins.
- U.S. Department of Health and Human Services. (1996). Physical activity and health: A report of the Surgeon General. <https://www.cdc.gov/nccdphp/sgr/pdf/execsumm.pdf>
- Uzun, M. (2016). Kardiyovasküler sistem ve egzersiz. Journal of Cardiovascular Nursing, 7(2), 48–53.
- Yılmaz, F. (2001). Beden eğitimi ve sporda temel ilkeler (s. 18). Ekin Kitabevi.
- Yiğit, R. (2001). Kardiyopulmoner ve kan fizyolojisi. Nobel Yayınevi.
- — — — —

— ♦ —  
2. BÖLÜM  
— ♦ —

## SPORCULARDA YORGUNLUK YÖNETİMİ VE TOPARLANMANIN ANTRENMAN PLANLAMASINDAKİ ROLÜ

**Dr. Öğr. Üyesi Alırıza Han CİVAN<sup>1</sup>**  
**Prof. Dr. Adem CİVAN<sup>2</sup>**

**Civan, A. H., & Civan, A. (2025).** Sporcularda yorgunluk yönetimi ve toparlanmanın antrenman planlamasındaki rolü. **In F. Çatıkkâş, T. Öktem, & Z. Çakır (Eds.),** *Antrenman bilimi ve spor performansının fizyolojik temelleri* (pp. 19–38). Duvar Yayınları.

---

<sup>1</sup> Karabük Üniversitesi Hasan Doğan Spor Bilimleri Fakültesi  
[alirizahancivan@karabuk.edu.tr](mailto:alirizahancivan@karabuk.edu.tr) Orcid: 0000-0002-0634-3392

<sup>2</sup> Selçuk Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi,  
[acivan@selcuk.edu.tr](mailto:acivan@selcuk.edu.tr) Orcid: 0000-0002-4813-6471

## 1. GİRİŞ

Sporcularda yüksek performansın sürdürülebilmesi, yalnızca yoğun antrenman yüklerine dayanmakla açıklanamaz; bunun kadar önemli bir diğer unsur, yorgunluğun doğru yönetilmesi ve toparlanma süreçlerinin planlı biçimde uygulanmasıdır. Güncel spor bilimi, performansı ortaya çıkaran temel bileşenlerin yüklenme, yorgunluk, toparlanma ve adaptasyon arasındaki sürekli etkileşimle şekillendiğini vurgulamaktadır (Halsen, 2014a). Eğer bu denge bozulur ve sporcu yeterince toparlanamazsa, aşırı yüklenme, kronik yorgunluk ve buna bağlı performans kayıpları kaçınılmaz hâle gelir. Nitekim araştırmalar, düzensiz yük yönetiminin yalnızca performansı düşürmekle kalmayıp sakatlık riskini de artırdığını göstermektedir (Meeusen ve ark., 2013). Bu nedenle yorgunluk yönetimi, modern antrenman anlayışının tamamlayıcı bir unsuru değil, merkezinde yer alan stratejik bir gerekliliktir.

Yorgunluğun ortaya çıkışı tek bir fizyolojik mekanizmayla açıklanamayacak kadar karmaşık bir süreçtir. Fizyolojik, biyokimyasal, nöromusküler ve psikolojik birçok etkenin etkileşimi, sporcularda görülen performans düşüşünün temelini oluşturur (Enoka ve Duchateau, 2016). Geleneksel modeller yorgunluğu çoğunlukla kas içi metabolit birikimi veya enerji tükenmesiyle açıklarken, güncel yaklaşımlar merkezi sinir sisteminin rolüne dikkat çekmektedir. Özellikle motivasyon düzeyi, zihinsel yorgunluk, algılanan tehdit ve çaba düzeyi gibi bilişsel süreçlerin performans üzerinde belirgin etkileri olduğu ifade edilmektedir (Noakes, 2012). Bu nedenle yalnızca kas düzeyindeki değişimlere odaklanan bir yaklaşım, sporcularda görülen yorgunluk profilini tam olarak açıklamak için yeterli değildir; toparlanma planlarının tüm fizyolojik ve psikolojik bileşenleri kapsayacak şekilde tasarlanması gerekir.

Antrenman planlaması açısından değerlendirildiğinde, yorgunluk yönetimi yalnızca yüksek yoğunluklu dönemlerde değil, sezonun tüm evrelerinde kritik bir rol oynar. Sporcu yeterli toparlanma süresi bulamadığında, uygulanan yüklenmeden beklenen fizyolojik adaptasyon gerçekleşmez ve performans gelişimi durma noktasına gelebilir. Uzun süreli yetersiz toparlanma ise fonksiyonel overreaching'in ötesine geçerek overtraining sendromuna kadar ilerleyebilir (Meeusen ve ark., 2013). Bunun yanı sıra, yüklenmenin aniden artırılması ya da bireyselleştirilmemesi, sportif yaralanma riskini belirgin şekilde artırmaktadır (Gabbett, 2016).

### 1.1. Antrenman Yorgunluğu

#### 1.1.1. Merkezi Yorgunluk Mekanizmaları

Performans, nöromusküler, zihinsel ve metabolik nedenlerden etkilenebilir (Zorba ve ark. 2021). Bu bağlamda merkezi yorgunluk, merkezi sinir sisteminin

kaslara yeterli düzeyde uyarı iletememesi sonucu ortaya çıkan bir süreçtir. Bu mekanizma yalnızca fizyolojik süreçlerle sınırlı olmayıp, aynı zamanda davranışsal ve bilişsel faktörlerden de etkilenmektedir. Enoka ve Duchateau (2016), motivasyondaki azalma, dopamin–serotonin dengesindeki bozulma, zihinsel yorgunluk ve genel merkezi sinir sistemi baskılanmasının merkezi yorgunluğun temel belirleyicileri arasında yer aldığını ifade etmektedir. Benzer şekilde Noakes (2012), beynin sporcuyla korumak amacıyla bir tür “güvenlik sınırı” oluşturduğunu ve yorgunluk hissinin bu koruyucu mekanizmanın bir parçası olduğunu öne sürmektedir. Bu yaklaşımlar, psikolojik baskı ve zihinsel tükenmişliğin fizyolojik performans üzerinde doğrudan etkili olabileceğini göstermesi açısından önemlidir.

### 1.1.2. Periferik Yorgunluk Mekanizmaları

Periferik yorgunluk, kas dokusundaki metabolik ve nöromüsküler süreçlerde meydana gelen değişimlerden kaynaklanır. Kısa süreli ve yüksek yoğunluklu egzersizler, enerji tükenmesine, sıvı ve mineral kaybına yol açabilir ve aynı zamanda vücudu strese sokabilir (Şahin ve ark., 2023). Bu fizyolojik stres özellikle kas içi metabolik süreçleri etkileyerek yorgunluk mekanizmalarının ortaya çıkmasını hızlandırmaktadır. Millet (2011), kas içi metabolik stresin hem kısa süreli sprint performansını hem de uzun süreli dayanıklılık çalışmalarını olumsuz yönde etkilediğini belirtmektedir. Bu tür yorgunluk, kas fonksiyonlarını çeşitli yollarla kısıtlar. Öne çıkan mekanizmalar arasında ATP ve fosfokreatin depolarının azalması, laktat ve hidrojen iyonu birikiminin artması, hücre içi iyon dengesinin bozulması, motor ünitelerin etkin biçimde devreye sokulamaması ve kas elastikiyetinin geçici olarak azalması yer almaktadır. Bu değişikliklerin tümü, kasın kuvvet üretme kapasitesini doğrudan etkiler ve performans düşüşüne yol açar.

### 1.1.3. Enerji Sistemlerinin Tükenmesi

Egzersiz sırasında baskın olan enerji sistemi ve kullanılan substratlar, egzersizin şiddeti, süresi ve bireyin kondisyon düzeyine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Köktaş, 2024). Bu doğrultuda enerji sistemleri, egzersizin türü ve süresine bağlı olarak farklı oranlarda devreye girer ve her bir sistemin tükenme dinamikleri birbirinden farklıdır (Brooks ve ark., 2005). Abbiss ve Laursen (2005), antrenman türüne bağlı olarak enerji üretim mekanizmalarının da farklı hızlarda sınırlanabileceğini vurgulamıştır. Örneğin ATP-PCr sistemi kısa süreli ve patlayıcı egzersizlerde hızla tükenirken (Bogdanis ve ark., 1996), glikolitik sistemde laktat ve hidrojen iyonu birikiminin erken yorgunluğa yol açtığı bilinmektedir (Sahlin ve ark., 1998).

#### 1.1.4. Sinir–Kas İletimi ve Motor Ünite Aktivasyonu

Ağır antrenman yükleri sonrasında sinir–kas ileti hızında geçici azalmalar görülebilir. Motor ünitelerin ateşleme frekansı düşer ve özellikle Type II hızlı kasılan liflerde belirgin bir yorgunluk ortaya çıkar. Enoka ve Duchateau’nun (2016) çalışmaları, yüksek şiddetli tekrarların bu liflerin nöromüsküler etkinliğini geçici olarak sınırladığını ve kas performansında gözle görülür azalmaya yol açtığını göstermektedir.

#### 1.1.5. Yorgunluğun Belirti ve Göstergeleri

Yorgunluk yalnızca performansın düşmesiyle sınırlı değildir; fizyolojik ve davranışsal birçok belirtiyi kendini gösterir. Kalp atım hızı toleransında azalma, egzersiz sonrası kalp atım hızının normale dönme süresinin yavaşlaması (HRR), RPE değerlerinde artış, uyku kalitesinde bozulma, motivasyon düşüklüğü ve artan kas ağrısı yaygın göstergeler arasındadır. Daanen ve ark. (2012), özellikle HRR ölçümlerinin sporcunun antrenman durumundaki değişimleri takip etmek için güvenilir bir parametre olduğunu bildirmektedir.

#### 1.2. Antrenman Yüğü ve Yorgunluk İlişkisi

Yorgunluk yönetiminin temelini oluşturan unsurlardan biri, sporcuya uygulanan toplam antrenman yüküdür. Antrenman yükü; sporcunun maruz kaldığı içsel ve dışsal stres faktörlerinin bütünüdür ifade eder ve yalnızca antrenmanın süresi ya da şiddeti üzerinden değerlendirilmez. Bu yükün sporcuda nasıl algılandığı da en az uygulanan fizyolojik uyaran kadar önemlidir. Foster ve ark. (2001), antrenman yükünün mutlaka hem iç hem dış bileşenleriyle birlikte ele alınması gerektiğini vurgulamaktadır. İç yük; egzersiz esnasında sporcunun verdiği fizyolojik ve psikolojik tepkileri içerir. Bu kapsamda algılanan zorluk derecesi (RPE), kalp atım hızı gibi göstergeler ve laktat düzeyindeki değişimler sıklıkla kullanılan takip yöntemleridir (Impellizzeri ve ark., 2005). Saha pratiğinde RPE’nin yaygın biçimde tercih edilmesinin temel nedeni, ekipman gerektirmemesi ve antrenmanın sporcu üzerindeki gerçek etkisini doğrudan yansıtabilmesidir.

Dış yük ise uygulanan antrenmanın nesnel ve ölçülebilir yönlerini tanımlar. Yapılan çalışmanın süresi, kat edilen mesafe, tekrar sayısı, hız–tempo değerleri veya kaldırılan ağırlık miktarı bu kapsamda değerlendirilir. Bununla birlikte, aynı dış yük iki sporcu üzerinde farklı düzeylerde stres yaratabilir. Bu nedenle dış yük tek başına anlamlı değildir; iç yük göstergeleriyle birlikte yorumlandığında gerçek antrenman etkisini ortaya koyar. Bourdon ve ark. (2017), modern yük yönetimi yaklaşımlarında bu iki yük türünün birlikte analiz edilmesini temel bir ilke olarak önermektedir.

Antrenman yükü ile yorgunluk arasındaki ilişkiyi belirleyen en önemli faktörlerden biri, yükün zamansal dağılımıdır. Yani sporcuya verilen toplam yükün nasıl ve ne kadar hızlı artırıldığıdır. Gabbett (2016), antrenman yükünde ani artışların sakatlık riskini belirgin şekilde yükselttiğini ve özellikle haftalık yükte %10'un üzerindeki artışların risk faktörü olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermiştir. Yüklenmenin kontrolsüz biçimde artırılması, fonksiyonel overreaching'den başlayarak non-fonksiyonel overreaching ve overtraining sendromuna kadar uzanan bir dizi olumsuz tabloya yol açabilir. Fonksiyonel overreaching uygun şekilde planlandığında kısa süreli performans düşüşünün ardından artan adaptasyon sağlayabilir; ancak toparlanma yeterli olmazsa bu süreç uzun süreli performans kaybı ve motivasyon düşüşü gibi ciddi sonuçlara dönüşebilir (Meeusen ve ark., 2013). Bu nedenle antrenman planlamasında yük ve toparlanma mutlaka birlikte düşünülmeli, sporcuya verilen uyarının şiddeti kadar toparlanma süresinin yeterliliği de hassas biçimde takip edilmelidir.

### 1.3. Aşırı Yüklenme, Overreaching ve Overtraining

Aşırı yüklenme, sporcunun karşılaştığı antrenman stresinin toparlanma kapasitesini aştığı durumlarda ortaya çıkan ve hem performansı hem de genel sağlık durumunu olumsuz etkileyen bir süreçtir. Bu durum genellikle üç aşamada değerlendirilir: fonksiyonel overreaching, non-fonksiyonel overreaching ve overtraining sendromu (Meeusen ve ark., 2013). Fonksiyonel overreaching bilinçli olarak uygulanan, kısa süreli performans düşüşüne rağmen uygun toparlanma sonrasında daha yüksek bir performans düzeyi sağlayabilen bir strateji olarak kabul edilir. Özellikle dayanıklılık sporlarında dönemsel yüksek yüklenmenin ardından gelen toparlanma evreleriyle süperkompensasyon elde edilmesi, performans geliştirme programlarının önemli bir parçasıdır (Soligard ve ark., 2016).

Non-fonksiyonel overreaching ise daha problemlili bir süreci ifade eder. Bu durumda performans düşüşü birkaç günden daha uzun sürer ve toparlanma süresi öngörülemez hâle gelir. Sporcu genellikle yoğun yorgunluk, isteksizlik, uyku düzensizlikleri ve genel bitkinlik gibi belirtiler yaşar. Meeusen ve ark. (2013), bu düzeye ulaşıldığında erken teşhisin kritik olduğunu ve gerekli önlemlerin alınmaması halinde daha ağır tabloların gelişebileceğini belirtmiştir. Bu aşamada yükün azaltılması, toparlanma stratejilerinin artırılması ve gerektiğinde profesyonel tıbbi veya psikolojik destek sağlanması gerekir.

Overtraining sendromu ise aşırı yüklenmenin en ciddi boyutunu oluşturur. Performans kaybının aylarca sürebilmesi, kronik yorgunluk, iştahsızlık, hormonal dengesizlikler, bağışıklık sisteminde zayıflama, uyku bozuklukları ve psikolojik

tükenmişlik gibi belirtiler bu sendromun tipik özellikleridir (Drew ve Finch, 2016). Gabbett (2016), bu sendromun en önemli belirleyicisinin uzun süre yüksek antrenman yükünün uygulanması ve buna eşlik eden yetersiz toparlanma olduğunu vurgulamaktadır. Dolayısıyla aşırı yüklenmenin önlenmesi için yalnızca antrenman şiddeti ve hacminin değil, toparlanma sürecinin de titizlikle planlanması ve düzenli olarak izlenmesi gerekir. Erken uyarı işaretlerinin dikkate alınması, yük artışlarının kademeli biçimde yapılması ve sporcunun öznel geri bildirimlerinin değerlendirilmesi, overtraining riskini azaltmada temel stratejiler arasında yer alır.

#### 1.4. Toparlanma (Recovery) Kavramı ve Önemi

Toparlanma, antrenman ya da müsabaka sonrasında bozulan fizyolojik ve psikolojik dengenin yeniden kurulması ve sporcunun bir sonraki yüklenmeye hazır hâle gelmesi sürecini ifade eder. Bu süreçte amaç yalnızca başlangıç düzeyine geri dönmek değildir; doğru planlandığında performansın mevcut seviyenin üzerine çıkması da mümkündür. Bu yaklaşım, superkompensasyon modeliyle açıklanmakta ve yeterli toparlanma süresi tanındığında performans kapasitesinin başlangıç düzeyinin üstüne taşındığı belirtilmektedir (Barnett, 2006). Buna karşılık toparlanma eksik kaldığında bu mekanizma bozulur; performans artışı yerine düşüş, kronik yorgunluk ve sakatlık riskinde belirgin artış görülebilir.

Toparlanma çok yönlü bir süreçtir ve enerji depolarının yenilenmesi, kas dokusundaki mikroskobik hasarların onarılması, sıvı-elektrolit dengesinin yeniden sağlanması, nöromusküler sistemin toparlanması ve merkezi sinir sistemi kaynaklı yorgunluğun azalması gibi birçok fizyolojik bileşeni kapsar (Bishop ve ark., 2008). Akut toparlanma egzersiz sonrası ilk saatlerde gerçekleşirken, kronik toparlanma günler veya haftalar sürebilen daha uzun süreli hormonal, biyokimyasal ve yapısal adaptasyonları içerir (Dupuy ve ark., 2018). Dolayısıyla antrenman yalnızca uyarıyı sağlar; gelişim ve adaptasyonun büyük bölümü toparlanma döneminde gerçekleşir. Halson (2014b) da toparlanmanın yeterli olmadığı durumlarda en iyi hazırlanmış antrenman planlarının bile beklenen performansı sağlayamayacağını vurgulamaktadır.

Bu nedenle toparlanma, performans planlamasının çevresinde değil, merkezinde yer alması gereken aktif bir süreçtir. Uyku düzeni, besin alımının zamanlaması, hidrasyon, sıcak-soğuk uygulamaları, masaj, esneme teknikleri, stres yönetimi ve psikolojik destek gibi unsurlar toparlanmanın hızını ve kalitesini doğrudan etkiler. En etkili toparlanma stratejisi ise sporcunun bireysel özellikleri, branşın talepleri, antrenman düzeyi ve sezon takvimi göz önünde bulundurularak kişiye özgü şekilde planlanmalıdır.

### 1.5. Bilimsel Toparlanma Yöntemleri

Yorgunluğun kontrol altına alınması ve toparlanmanın hızlandırılması amacıyla uzun yıllardır farklı toparlanma yöntemleri kullanılmakta ve bu yöntemlerin etkililiği çok sayıda bilimsel araştırmada değerlendirilmektedir. En yaygın uygulamalar arasında aktif ve pasif toparlanma, soğuk suya daldırma, kompresyon giysileri, masaj, esneme teknikleri, sıvı stratejileri, termal yöntemler ve psikolojik toparlanma yaklaşımları yer almaktadır (Kellmann, 2010). Bu yöntemler arasında yer alan sporcu beslenmesi; fiziksel etkinlikler için enerji sağlanması, vücudun onarım ve toparlanma süreçlerinin desteklenmesi, spor müsabakalarında performansın optimize edilmesi ile sağlık ve estetik görünümün korunması amacıyla beslenme bilgisinin günlük diyet planlarına uygulanması olarak tanımlanmaktadır (Bezci ve ark., 2018).

Aktif toparlanma; düşük yoğunluklu koşu, bisiklet ya da yüzme gibi hareketlerle kan akımını artırarak metabolik yan ürünlerin daha hızlı uzaklaştırılmasını hedefler. Laktat temizliğinin pasif toparlanmaya göre daha hızlı gerçekleştiği ve kas içi dolaşımın iyileştirildiği çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir (Monedero ve Donne, 2000). Özellikle maç ya da yoğun interval antrenmanlarının ardından yapılan hafif aerobik çalışmaların sonraki performans için olumlu etkiler sağladığı bilinmektedir.

Pasif toparlanma ise tam dinlenmeyi ifade eder ve bazı yüksek şiddetli anaerobik yüklenmelerden sonra yararlı olabilir. Ancak genel olarak bakıldığında, tek başına pasif dinlenmenin fizyolojik iyileşmeyi aktif toparlanma kadar hızlı desteklemediği bildirilmiştir (Barnett, 2006). Bu nedenle günümüzde iki yöntem çoğunlukla bir arada uygulanmakta ve sporcuya özgü kombinasyonlar oluşturulmaktadır.

Soğuk suya daldırma (CWI), özellikle DOMS ve inflamasyonun azaltılması amacıyla spor dünyasında oldukça yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Leeder ve ark. (2012), meta-analizlerinde soğuk su uygulamasının kas ağrısını azalttığını bildirmiştir. Benzer şekilde Bleakley ve Davison (2010), soğuk uygulamaların inflamatuvar yanıtı sınırlayarak iyileşme sürecini destekleyebildiğini belirtmiştir. Yine de uzun vadeli adaptasyonlar üzerindeki etkileri konusunda tartışmalar devam ettiğinden uygulama sıklığı ve zamanlaması dikkatle yönetilmelidir.

Kompresyon giysileri kas titreşimini azaltarak, venöz dönüşü artırarak ve ödem oluşumunu sınırlayarak toparlanmayı destekleyebilir. Higgins ve ark. (2012), kompresyonun kas ağrısını azalttığını ve sporcuların subjektif toparlanma hissini iyileştirdiğini ortaya koymuştur. Masaj ise hem kas dokusundaki gerginliğin azalmasına hem de zihinsel rahatlamaya katkı sağlayan bir yöntemdir. Bishop ve ark. (2008), masajın subjektif rahatlama üzerinde etkili olduğunu, ancak performans göstergelerine etkisinin daha sınırlı kaldığını ifade etmektedir.

Esname ve ısınma, toparlanma kapsamında sık başvuru alan bir yöntem olmasına rağmen kas ağrısını azaltma konusunda etkisinin zayıf olduğu bildirilmektedir (Barnett, 2006). Isınma süresi ve yoğunluğunun kas yorgunluğu ve performans üzerindeki etkilerini şekillendirdiğini bildirilmektedir (Ağaoğlu ve ark., 2025). Buna karşın hareket açıklığını korumada ve hareket kalitesini artırmada fayda sağlayabilir. Beslenme ve sıvı stratejileri ise toparlanmanın temel bileşenlerindendir. Özellikle antrenman sonrası yeterli karbonhidrat ve protein alımı glikojen depolarının yenilenmesine ve kas proteini sentezinin desteklenmesine önemli katkı sağlar (Fullagar ve ark., 2015).

Termal tedaviler, sauna veya sıcak su uygulamalarıyla gerçekleştirilir ve kas gevşemesi, kan akımının artırılması ve iyi oluş hâlinin desteklenmesi gibi kazanımlar sunabilir. Dupuy ve ark. (2018), bu uygulamaların bazı durumlarda psikolojik toparlanmayı olumlu etkileyebildiğini bildirmiştir. Psikolojik toparlanmanın kendisi de çoğu zaman fiziksel toparlanma kadar önemlidir. Stres yönetimi, nefes egzersizleri ve sosyal destek, sporcunun genel iyilik hâlini artırarak toparlanma sürecine katkı sağlayabilir (Fullagar ve ark., 2015).

### 1.6. Uyku ve Performans

Sporcularda toparlanmayı etkileyen en güçlü etmenlerden biri uykudur. Uyku süresince büyüme hormonunun salgılanması artar, kas dokusunda gerçekleşen onarım süreçleri hızlanır ve sinir sistemi kendini yeniden düzenler. Aynı zamanda gün içinde öğrenilen motor becerilerin pekiştirilmesi de büyük ölçüde bu dönemde gerçekleşir. Ancak araştırmalar, birçok elit sporcunun önerilen uyku süresinin altında uyuduğunu ve uyku kalitesinin çoğu zaman ideal seviyeye ulaşmadığını göstermektedir (Lastella ve ark., 2014). Özellikle 6,5 saatten daha az uyku alınması, yoğun antrenman ve maç dönemlerinde toparlanma kapasitesini azaltmakta ve yorgunluğun birikmesine neden olabilmektedir.

Yetersiz uyku; reaksiyon zamanında yavaşlama, karar verme hızında düşüş, dikkat ve konsantrasyon bozuklukları, dayanıklılık performansında azalma ve kuvvet çıktısında gerileme gibi çeşitli olumsuz sonuçlar yaratır (Malhotra, 2017). Kısa süreli uyku eksikliği dahi teknik becerileri ve taktiksel karar verme süreçlerini olumsuz etkileyebilirken, uzun süreli uyku yetersizliği bağışıklık sisteminin zayıflamasına, sakatlık riskinin artmasına ve sporcunun genel yaşam kalitesinin düşmesine yol açabilmektedir. Bu nedenle uyku, toparlanma planlamasında göz ardı edilebilecek bir unsur değil, temel bir gereklilik olarak ele alınmalıdır.

Uyku kalitesini artırmak amacıyla pratik ve etkili bazı alışkanlıklar önerilmektedir. Düzenli uyku-uyanma saatlerinin oluşturulması, yatmadan önce ekran maruziyetinin azaltılması, kafein tüketiminin kontrol altında tutulması ve uyku

ortamının karanlık, sessiz ve serin bir şekilde düzenlenmesi bu öneriler arasındadır. Ayrıca antrenman ve müsabaka saatlerinin mümkün olduğunca biyolojik ritme uygun biçimde planlanması, sporcunun sirkadiyen düzenini korumasına yardımcı olur (Fullagar ve ark., 2015). Özellikle uzun yolculuklar, kamplar ve turnuvalar gibi uyku düzenini bozabilecek dönemlerde, bu değişimlere yönelik önleyici stratejilerin oluşturulması performansın sürdürülebilirliği açısından son derece önemlidir.

### 1.7. Yorgunluğun İzlenmesi ve Değerlendirilmesi

Sporcularda antrenman yükünün ve toparlanma düzeyinin düzenli olarak izlenmesi, güncel performans yönetimi anlayışının temelini oluşturur. Yorgunluk çok boyutlu bir olgu olduğundan, değerlendirme sürecinde hem öznel hem de nesnel göstergelerin birlikte kullanılması önerilmektedir (Halsen, 2014b). Antrenörlerin pratikte sıkça başvurduğu yöntemlerden biri, sporculardan alınan günlük öznel ölçekleri fizyolojik verilerle aynı çizelgede takip etmektir. Bu yaklaşım, yüklenmeye bağlı performans düşüşlerinin veya aşırı stres belirtilerinin erken dönemde fark edilmesine önemli ölçüde yardımcı olur (Bourdon ve ark., 2017).

Öznel değerlendirme araçları içinde en yaygın kullanılan yöntem RPE ve bunun süreyle birleştirilmiş hâli olan session-RPE uygulamasıdır. Sporcuya antrenmanın ne kadar zor hissedildiğinin sorulmasıyla elde edilen bu değer, hem pratik hem de güvenilir bir iç yük göstergesidir (Foster ve ark., 2001). Antrenman süresi ile RPE'nin çarpımı sonucu elde edilen iç yük skoru, özellikle saha sporlarında antrenman dozunun takip edilmesinde oldukça işlevseldir (Impellizzeri ve ark., 2005). RPE'nin en önemli avantajı ekipman gerektirmemesi ve sporculardaki günlük form değişimlerini hassas biçimde yansıtabilmesidir.

Buna ek olarak, wellness anketleri sporcuların günlük iyilik hâlini izlemek için etkili bir araçtır. Bu anketlerde genellikle uyku kalitesi, kas ağrısı, genel yorgunluk düzeyi, stres ve motivasyon gibi parametreler yer alır. Yapılan çalışmalar, bu tür öznel değerlendirmelerin performans düşüşünü öngörmede beklenenden daha duyarlı olduğunu ortaya koymaktadır (Bourdon ve ark., 2017).

Nesnel göstergeler açısından en sık kullanılan verilerden biri kalp atım hızı (HR) ve kalp atım hızı toparlanmasıdır (HRR). Egzersiz sonrasında kalp atım hızının düşüş hızı, otonom sinir sistemiyle ilişkili olduğu için sporcunun fizyolojik durumunu yansıtır. HRR'nin normalden daha yavaş gerçekleşmesi genellikle artan yorgunluğun bir işareti olarak kabul edilir (Daanen ve ark., 2012). Bunun yanında sıçrama yüksekliği (CMJ) veya kısa sprint süreleri gibi basit performans testlerinde gözlenen küçük değişimler bile nöromüsküler yorgunluk hakkında erken bilgiler sağlayabilir (Halsen, 2014a).

Daha ayrıntılı değerlendirmelerde biyokimyasal göstergelere de başvurulabilir. Kreatin kinaz (CK), üre, laktat veya çeşitli inflamasyon belirteçlerinde görülen artışlar özellikle yoğun antrenman dönemlerinde kas hasarıyla ilişkili olabilir (Peake ve ark., 2017). Ancak bu ölçümlerin günlük kullanım için her zaman uygun olmadığı, daha çok kamp dönemleri veya araştırma amaçlı uygulanabileceği belirtilmektedir.

Sonuç olarak, yorgunluğun sağlıklı bir biçimde izlenebilmesi için tek bir ölçütün yeterli olmayacağı açıktır. Bu nedenle öznel ve nesnel verilerin birlikte değerlendirilmesi, sporcu hakkında daha bütüncül ve güvenilir bir yorgunluk profili oluşturmak açısından en doğru yaklaşım olarak görülmektedir (Halsen, 2014a).

### 1.8. Toparlanmanın Antrenman Planlamasına Entegrasyonu

Toparlanma, etkili bir antrenman planlamasının temel bileşenlerinden biridir ve yüklenme-toparlanma dengesinin doğru kurulamadığı durumlarda sporcu adaptasyonu sekteye uğrar. Bu da hem performans düşüşüne hem de sakatlık riskinin artmasına yol açabilir. Güncel antrenman anlayışı, artık yalnızca klasik dönemleme modellerine dayanmak yerine, yük yönetimi ile toparlanmayı aynı çerçevede ele alan daha bütüncül bir yaklaşımı benimsemektedir (Meeusen ve ark., 2013).

Dönemleme sistemlerinin temel prensibi, farklı dönemlerde yük miktarını bilinçli biçimde değiştirerek kontrollü yorgunluk oluşturmak ve ardından toparlanma fazları ile performansı yükseltmektir (Soligard ve ark., 2016). Hazırlık dönemleri genellikle yüksek hacimli çalışmaların uygulandığı ve toparlanma uyaranlarının yoğunlaştığı evrelerdir. Yarışma dönemlerinde ise yüklenme daha dikkatli düzenlenir; toparlanma, maç performansını destekleyen ana unsur hâline gelir.

Sporcularda aşırı yüklenme riskini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan ölçütlerden biri akut/kronik yük oranıdır. Akut yük son bir haftadaki toplam yükü, kronik yük ise son üç-dört haftanın ortalamasını temsil eder. Akut yükün kronik yükün belirli seviyelerin üzerine çıkması, sakatlık riskinin ciddi şekilde arttığını göstermektedir (Gabbett, 2016). Bu nedenle yük artışlarının kontrollü ve kademeli olması kritik öneme sahiptir. Maupin ve ark. (2020) tarafından yapılan meta-analiz de ani yük artışlarının yaralanma olasılığını anlamlı ölçüde yükselttiğini ortaya koymaktadır.

Yarışma dönemine yaklaşırken uygulanan tapering stratejisi, toparlanmanın planlamaya entegre edilmesinin en net örneklerinden biridir. Bu süreçte antrenman hacmi azaltılırken yoğunluk büyük ölçüde korunur. Amaç, sporcunun yarışma gününde yorgunluk etkilerinden arınmış şekilde en yüksek performansına ulaşmasını sağlamaktır. Özellikle dayanıklılık sporlarında doğru uygulanmış bir tapering

programı performansta %2–6 arasında artış sağlayabilmektedir (Fullagar ve ark., 2015).

Takım sporlarında yoğun maç takvimi toparlanmanın önemini daha da artırır. Haftada birden fazla maç oynanan yoğun dönemlerde yük doğru yönetilmediği takdirde sporcularda kronik yorgunluk ve sakatlık riski hızla artar (Drew ve Finch, 2016). Bu nedenle maç sonrası ilk 24 saat kritik bir toparlanma dilimi olarak kabul edilir ve aktif toparlanma, yeterli beslenme, hidrasyon, uyku düzeni ve gerektiğinde soğuk su uygulamaları bu süreçte öncelik taşır.

Genç sporcularda toparlanmanın planlamaya dahil edilmesi çok daha dikkat gerektirir. Büyüme plakaları, kemik ve kas gelişimi ile hormonal değişiklikler dikkate alındığında aşırı yüklenme, yetişkin sporculara kıyasla çok daha ciddi sonuçlara yol açabilir. Bu yüzden gençlerde yüklenme günleri arasına yeterli toparlanma süresi yerleştirilmeli ve haftada en az bir tam dinlenme gününe mutlaka yer verilmelidir (Meeusen ve ark., 2013).

### 1.9. Örnek Toparlanma Programları

Teorik bilgilerin antrenman sahasına yansıtılabilmesi için farklı sporcu profilleri ve branşlara yönelik örnek toparlanma planları oldukça faydalıdır. Bu bölümde takım sporları, dayanıklılık sporları, güç/kuvvet sporları, genç sporcular ve amatör sporcular için pratik örnek mikro döngüler yer almaktadır. Modeller, literatürde bildirilen toparlanma ilkeleri ve yük yönetimi prensiplerine dayanmaktadır (Fullagar ve ark., 2015).

#### 1.9.1. Takım Sporlarında Toparlanma Örneği

Profesyonel futbol veya basketbol takımlarında haftalık yükün en kritik bileşeni maçıdır. Maç öncesi ve sonrası toparlanma, haftalık performans seyrini belirler. Aşağıda pazar günü maç oynayan bir takım için örnek bir mikro döngü yer almaktadır. Bu yapı, yüksek–orta–yüksek–orta–düşük şeklinde dalgalanan bir yük profili ve araya serpiştirilmiş toparlanma odaklı günlerle hem performansın korunmasını hem de sakatlık riskinin azaltılmasını hedefler (Soligard ve ark., 2016).

**Tablo 1.** Takım sporlarında toparlanma örneği

| Gün                             | Antrenman / Aktivite İçeriği                                                                                                                          | Amaç                                                 |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Pazar<br/>Maç Günü</b>       | Maç öncesi ısınma; maç sonrası 10–15 dk düşük tempolu koşu/bisiklet; 5–10 dk hafif esneme; 10–15 dk soğuk su uygulaması; karbonhidrat + protein öğünü | Dolaşımı artırma, DOMS azaltma, glikojen yenilenmesi |
| <b>Pazartesi<br/>Toparlanma</b> | 20–30 dk düşük şiddetli aerobik; mobilite; hafif masaj/foam roller                                                                                    | Aktif toparlanma ile kas gerginliğini azaltma        |

|                                        |                                                                                                   |                                                   |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Salı<br/>Orta Yük</b>               | Az süre alanlara yüksek, çok süre alanlara orta yük; teknik–taktik çalışmalar; interval içerikler | Bireysel yük yönetimi, maç etkisinin dengelenmesi |
| <b>Çarşamba<br/>Yüksek<br/>Yük</b>     | Haftanın en yoğun günü; sprint, yön değiştirme, maç benzeri oyunlar; RPE 7–8                      | Ana uyararı oluşturma, yüksek şiddetli adaptasyon |
| <b>Perşembe<br/>Orta/Düşük<br/>Yük</b> | Hafif teknik çalışmalar; pozisyon oyunları                                                        | Yoğun gün sonrası toparlanma                      |
| <b>Cuma<br/>Hafif Yük</b>              | Kısa, patlayıcı ama hacmi düşük çalışmalar; duran top; RPE $\leq 3$                               | Maç öncesi keskinlik geliştirme                   |
| <b>Cumartesi<br/>Aktivasyon</b>        | 15–20 dk aktivasyon; mobilite; reaksiyon çalışmaları; uyku ve beslenme odaklı hazırlık            | Nöromüsküler hazırlık ve mental odaklanma         |

### 1.9.2. Dayanıklılık Sporcularında Toparlanma Planlaması

Maraton, triatlon, yol bisikleti gibi dayanıklılık sporlarında yorgunluk birikimi daha belirgin ve süregen yapıdadır. Bu nedenle toparlanma yalnızca yarış sonrası değil, haftanın ve sezonun geneline yayılmış şekilde planlanmalıdır (Abbiss ve Laursen, 2005). Uzun koşu veya uzun bisiklet sonrasında ertesi günün hafif şiddetli, kısa süreli bir toparlanma çalışması olarak planlanması hem kas hasarını hem de subjektif yorgunluk algısını azaltabilir (Dupuy ve ark., 2018). Özellikle yüksek sıcaklık veya nem koşullarında yapılan dayanıklılık antrenmanlarının ardından sıvı ve elektrolit dengesinin sağlanması ve uykuya öncelik verilmesi büyük önem taşır (Fullagar ve ark., 2015).

**Tablo 2.** Dayanıklılık sporcularında toparlanma planlaması

| Gün                                          | Antrenman İçeriği                    | Amaç                                           |
|----------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------|
| <b>Gün 1</b><br><b>Uzun Dayanıklılık</b>     | Uzun koşu/biniş, kontrollü tempo     | Ana metabolik yük; aerobik temel geliştirme    |
| <b>Gün 2</b><br><b>Orta Aerobik</b>          | 45–60 dk aerobik çalışma, RPE 4–5    | Oksidatif kapasiteyi destekleme                |
| <b>Gün 3</b><br><b>İnterval / Tempo</b>      | Kısa-orta interval setleri           | VO <sub>2</sub> max ve laktat eşiği geliştirme |
| <b>Gün 4</b><br><b>Aktif Toparlanma</b>      | 30–40 dk çok hafif aerobik; mobilite | Kas hasarını azaltma                           |
| <b>Gün 5</b><br><b>Orta Şiddetli Aerobik</b> | Süre odaklı aerobik çalışma          | Kondisyon sürdürme                             |
| <b>Gün 6</b><br><b>Hafif Aktivite</b>        | Hafif bisiklet/yüzme; esneme         | Sistemik yorgunluğu azaltma                    |
| <b>Gün 7</b><br><b>Dinlenme</b>              | Tam dinlenme                         | Supercompensation için gereklidir              |

### 1.9.3. Güç ve Kuvvet Sporcularında Toparlanma Yaklaşımı

Güç ve kuvvet sporları (halter, güç sporları, yoğun direnç antrenmanları vb.) özellikle nöromüsküler yorgunluğu artırır. Bu nedenle antrenmanlar arasında sinir kas sisteminin toparlanmasına fırsat verecek aralıklar bırakmak gerekir (Enoka ve Duchateau, 2016). Kuvvet sporcularında yoğun bir antrenman seansı sonrası kas hasarı belirgin olabileceği için, toparlanmayı desteklemek amacıyla uyku süresinin artırılması, yeterli protein alımı ve aşırı psikolojik stresin sınırlandırılması önem taşır (Peake ve ark., 2017).

**Tablo 3.** Güç ve kuvvet sporcularında toparlanma örneği

| Gün                                             | İçerik                                        | Amaç                                     |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------|
| <b>Pazartesi</b><br><b>Ağır /Alt Vücut</b>      | Squat, deadlift; düşük tekrar, yüksek şiddet  | Nöromüsküler uyaran oluşturma            |
| <b>Salı</b><br><b>Hafif / Toparlanma</b>        | Hafif üst vücut; çok hafif aerobik            | Motor ünitelerin toparlanmasını sağlama  |
| <b>Çarşamba</b><br><b>Ağır Üst Vücut</b>        | Bench press, row, overhead press              | Üst vücut kuvvet uyararı                 |
| <b>Perşembe</b><br><b>Mobilite / Toparlanma</b> | Yürüyüş, mobilite, core                       | Kas sertliğini azaltma, eklem rahatlatma |
| <b>Cuma</b><br><b>Güç ve Hız</b>                | Pliometrik çalışmalar, hafif yük + yüksek hız | Güç üretim hızını artırma                |
| <b>Hafta Sonu</b>                               | Hafif çalışma veya tam dinlenme               | Yorgunluğu azaltma, adaptasyon           |

#### 1.9.4. Genç Sporcularda Yorgunluk ve Toparlanma Planı

Genç sporcularda toparlanma stratejileri planlanırken büyüme ve gelişim süreçleri mutlaka dikkate alınmalıdır. Aşırı yüklenme özellikle büyüme plakaları ve bağ yapıları üzerinde olumsuz etki yapabilir, bu da uzun vadeli sakatlıklara zemin hazırlayabilir (Meeusen ve ark., 2013).

Genç sporcular için önerilen temel ilkeler şöyle özetlenebilir:

- ❖ Haftalık yoğun antrenman sayısının yaşa ve düzeye göre sınırlandırılması,
- ❖ Aynı gün içinde birden fazla yüksek şiddetli antrenmandan kaçınılması,
- ❖ Haftada en az bir, tercihen iki gün tam dinlenme veya çok hafif aktivite günü bırakılması,
- ❖ Uyku düzeninin korunması (ergenler için 8–10 saat),
- ❖ Yeterli enerji ve besin ögesi alımının sağlanması (Fullagar ve ark., 2015).

#### 1.10. Yapılan Bilimsel Çalışmalar

Ulusoy (2020) yaptığı araştırmada uykunun sporcularda performans, toparlanma ve bilişsel süreçler üzerindeki etkilerini incelemiştir. Literatür taramasına dayanan çalışmada, uykunun sporcular için yalnızca temel bir ihtiyaç değil, antrenman dışı performansın korunmasında kritik bir unsur olduğu belirtilmektedir. Bulgular, sporcuların genellikle 6–8 saat uyku ile yeterli toparlanma sağlayabildiğini, tek gecelik uyku eksikliğinin ise her zaman belirgin performans kaybı yaratmadığını göstermektedir. Ayrıca triptofan içerikli besinlerin uykuya katkı sağladığı, kafein ve alkolün ise uyku kalitesini olumsuz etkileyebileceği vurgulanmıştır.

Baydil ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada total klasik vücut masajının bazı toparlanma parametreleri üzerine etkisini incelemiştir. Düzenli egzersiz yapan 14 erkek üniversite öğrencisi masaj ve kontrol gruplarına ayrılmış, tüm katılımcılara 30 saniyelik Wingate anaerobik test uygulanmıştır. Egzersiz sonrası ve 15 dakikalık toparlanma döneminde kalp atım hızı, sistolik–diastolik kan basıncı ve kan laktat düzeyleri ölçülmüştür. Toparlanma sürecinde masaj grubuna klasik masaj uygulanırken kontrol grubu pasif dinlendirilmiştir. Sonuçlara göre masajın kalp atım hızı ve kan basıncı üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmazken ( $p > .05$ ), her iki grupta da laktat düzeyleri anlamlı şekilde düşmüştür. Laktat azalmasının masaj grubunda (%51,60) kontrol grubuna (%24,63) göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu nedenle araştırmacılar, total vücut masajının laktik asit uzaklaştırılmasını hızlandırabileceğini belirtmiştir.

Chaouachi ve ark. (2015), milli kürekçilerde 8 set 30 saniyelik DG gerçekleştirdikten 10 dakika sonra kalça fleksiyon hareket açıklığında %6.3'lük bir artış olduğunu bulmuştur. Ryan ve ark. (2014), rekreasyonel olarak aktif erkeklerde

sırasıyla 6 ve 12 dakikalık dinamik germeden sonra otur-uzan puanlarında %9.3 ve %7.6 artış olduğunu tespit etmiştir.

Aybek ve ark. (2004) amatör futbolcuların tekrarlı sprint testiyle yorgunluk ve toparlanma düzeylerini incelemiştir. Çalışmaya 19 amatör futbolcu ve 19 kontrol katılmış; katılımcılar 34,2 metrelik parkurda 25 saniyelik dinlenmelerle 7 sprint yapmıştır. Analizler sonucunda yorgunluk değeri deney grubunda 0,40 sn, kontrol grubunda 0,43 sn olarak bulunmuştur ( $p < .05$ ). Ayrıca amatör futbolcuların toparlanma nabızları ve sprint sonrası kalp atım hızlarının kontrol grubuna göre daha iyi olduğu belirlenmiştir. Araştırma, futbolcuların hem sprint performansı hem de toparlanma kapasitesinde üstün olduğunu göstermektedir.

Kurt ve Kafkas'ın (2018) yaptığı derleme, foam roller ile uygulanan self-myofasyal gevşetme (SMR) egzersizlerinin toparlanma amaçlı kullanımını incelemiştir. Elde edilen bulgulara göre SMR'nin özellikle psikolojik toparlanma üzerindeki etkilerinin daha belirgin olduğu, fizyolojik ve performans parametreleri üzerindeki toparlanma etkilerinin ise literatürde çelişkili sonuçlar içerdiği ifade edilmiştir. Bununla birlikte SMR'nin kas ağrısı algısını azaltması, basınç ağrı eşliğini artırması ve çeviklik gibi bazı performans göstergelerinde olumlu gelişmelere yol açması nedeniyle toparlanma aracı olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

Akgönül ve ark. (2023), elit bisiklet sporcularının kullandıkları toparlanma stratejileri ile bu yöntemleri tercih etme nedenlerini incelemiştir. Araştırmaya haftada en az 5 gün ve 16 saat antrenman yapan 32 bisikletçi katılmış, sporcuların toparlanma davranışları “Sporcu Toparlanma Formu” ile değerlendirilmiştir. Bulgular, sporcuların en çok soğuk uygulama (%65,6), masaj (%62,5), özel beslenme (%53,1) gibi yöntemleri tercih ettiğini; daha düşük oranlarda kompres giysiler, sıcak uygulama ve foam roller kullandıklarını göstermektedir. Sporcuların birden fazla toparlanma yöntemini birlikte kullandıkları ve tercihlerin antrenman içeriği, süresi, çevresel koşullar ve içinde bulunulan döneme göre değiştiği bildirilmiştir. Çalışmada toparlanma yöntemi seçme gerekçeleri arasında en yüksek oranın kişisel tercihe ait olduğu, bunu antrenör-arkadaş tavsiyesi, kolaylık, maliyet ve literatür bilgisinin izlediği belirtilmiştir. Ayrıca kişisel tercih ile belirlenen yöntemlerde soğuk uygulama, kompres giysiler, masaj ve özel beslenmenin daha yüksek oranlara sahip olduğu da ifade edilmiştir.

Çevirken ve Keskin (2025), egzersiz sonrası toparlanma stratejilerinin fizyolojik etkilerini incelemiştir. Araştırmada toparlanmanın metabolik atıkların uzaklaştırılması, enerji depolarının yenilenmesi ve su-elektrolit dengesinin düzenlenmesi gibi çok boyutlu bir süreç olduğu vurgulanmıştır. Yazarlar, toparlanma programlarının sporcuların fizyolojik, psikolojik ve davranışsal ihtiyaçlarına göre

kişiselleştirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Toparlanma yöntemleri aktif (yürüme, mobilite, hafif egzersiz) ve pasif (masaj, sıcak-soğuk banyolar, dinlenme) olarak iki grupta ele alınmıştır. Çalışmada sporcuların tek bir yöntem yerine birden fazla toparlanma stratejisini birlikte kullanmaya yöneldiği, bunun da farklı profesyonel yaklaşımlara maruz kalmalarından kaynaklandığı ifade edilmiştir.

Topçu ve ark. (2022), submaksimal egzersiz sonrası üç farklı toparlanma yönteminin foam roller (FR), dinamik germe (DG) ve pasif toparlanma (PT) işitme engelli basketbolcularda dikey sıçrama (DS) ve eklem hareket açıklığına (ROM) etkisini incelemiştir. Çalışmaya 18–30 yaş aralığında 12 sensörinöral işitme engelli sporcu katılmış ve cross-over tasarım kullanılarak her sporcu üç yöntemi de uygulamıştır. Egzersiz öncesi, sonrası ve toparlanma sonrası DS ve ROM ölçümleri alınmıştır. Analiz sonuçlarına göre, sağ bacak ROM değerleri DG ve FR uygulamalarında PT'ye kıyasla anlamlı biçimde artmıştır. Sol bacakta ise FR, PT'ye göre daha yüksek ROM sağlamıştır. Dikey sıçrama performansında toparlanma yöntemleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Araştırmacılar, egzersiz veya müsabaka sonrasında ROM'u geliştirmek için FR ve DG yöntemlerinin tercih edilebileceğini, ancak DS açısından yöntemler arasında belirgin bir farklılık olmadığını belirtmiştir.

Sonuç olarak, sporcularda yorgunluk yönetimi ve toparlanmanın antrenman planlamasındaki önemi modern spor biliminde giderek daha fazla vurgulanmaktadır. Yorgunluğun merkezi sinir sistemi, kas dokusu, enerji metabolizması ve psikolojik etkenlerin ortak etkisiyle oluşan çok boyutlu bir süreç olduğu göz önüne alındığında, etkin bir yönetimin ancak iç ve dış yükün düzenli takibiyle, öznel ve nesnel göstergelerin birlikte değerlendirilmesiyle ve bireysel farklılıkların dikkate alınmasıyla mümkün olduğu görülmektedir. Toparlanma stratejileri aktif toparlanma, uyku, beslenme, soğuk su uygulamaları, kompresyon ve psikolojik destek gibi yöntemler yük yönetiminin yerine geçmese de performans gelişimini destekleyen önemli tamamlayıcı araçlardır. Özellikle akut kronik yük oranının kontrol edilmesi, ani yük artışlarından kaçınılması ve genç sporcularda yük toparlanma dengesinin hassas biçimde korunması, sakatlık riskini azaltmada kritik bir rol oynar. Bu nedenle yorgunluk yönetimi ve toparlanma, yüksek performans hedefleyen her sporcu ve antrenman ekibi için planlamanın merkezinde yer alması gereken temel bir bileşen olarak değerlendirilmelidir.

## KAYNAKLAR

- Abbiss, C. R., & Laursen, P. B. (2005). Models to explain fatigue during prolonged endurance cycling. *Sports Medicine*, 35(10), 865–898.
- Ağaoğlu, C., Kızılet, T., Civan, A. H., Şahin, M., Uzun, M. E., Köktaş, E., & Akalan, C. (2025). Investigation of the effect of different warm-up exercises on some physical fitness parameters in football players. *Cuestiones de Fisioterapia*, 54(2), 3155–3167.
- Akgönül, E. K., Özen, G., & Boyraz, Ö. C. (2023). Elit bisiklet sporcularının toparlanma davranışlarının incelenmesi. *Gaziantep Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 8(2), 116–130.
- Aybek, S., Ağaoğlu, Y. S., Ağaoğlu, S. A., & Eker, H. (2004). Amatör futbolcuların tekrarlı sprint testi ile yorgunluk ve toparlanma düzeylerinin belirlenmesi. *Sportmetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 2(4), 171–177.
- Barnett, A. (2006). Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: Does it help? *Sports Medicine*, 36(9), 781–796.
- Baydil, B., Gürses, V. V., & Koç, M. C. (2017). Masajın bazı toparlanma parametrelerine etkisi. *Sportif Bakış: Spor ve Eğitim Bilimleri Dergisi*, 63–69.
- Bezci, Ş., Eskici, G., Pak, E. N., Şahin, M., & Günay, M. (2018). Taekwondo sporcularının beslenme davranışlarının değerlendirilmesi. *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 23(2), 119-130.
- Bishop, P. A., Jones, E., & Woods, A. K. (2008). Recovery from training: A brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 1015–1024.
- Bleakley, C. M., & Davison, G. W. (2010). What is the biochemical and physiological rationale for using cold-water immersion in sports recovery? A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 44(3), 179–187.
- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., Lakomy, H. K. A., & Nevill, A. M. (1996). Recovery of power output and muscle metabolites following 30 s of maximal sprint cycling in man. *The Journal of Physiology*, 482(2), 467–480. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1996.sp020533>
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., ... & Cable, N. T. (2017). Monitoring athlete training loads: Consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(s2), S2-161.
- Brooks, G. A., Fahey, T. D., Baldwin, K. M., & White, T. P. (2005). *Exercise physiology: Human bioenergetics and its applications* (4th ed.). McGraw-Hill.
- Chaouachi, A., Padulo, J., Kasmi, S., Othmen, A. B., Chatra, M., & Behm, D. G. (2017). Unilateral static and dynamic hamstrings stretching increases contralateral hip flexion

range of motion. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 37(1), 23-29.  
<https://doi.org/10.1111/cpf.12263>

- Çeviren, B., & Keskin, B. (2025). Egzersiz sonrası kullanılan toparlanma stratejilerinin fizyolojik parametrelere etkisi. *Yalova Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 4(2), 19–37.
- Daanen, H. A. M., Lamberts, R. P., Kallen, V. L., Jin, A., & Van Meeteren, N. L. U. (2012). A systematic review on heart-rate recovery to monitor changes in training status in athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(3), 251–260.
- Drew, M. K., & Finch, C. F. (2016). The relationship between training load and injury, illness and soreness: A systematic and literature review. *Sports Medicine*, 46(6), 861–883.
- Dupuy, O., Douzi, W., Theurot, D., Bosquet, L., & Dugue, B. (2018). An evidence-based approach for choosing post-exercise recovery techniques: A systematic review with meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 9, 403.
- Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2016). Translating fatigue to human performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(11), 2228–2238.
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., ... & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 109–115.
- Fullagar, H. H. K., Skorski, S., Duffield, R., Hammes, D., Coutts, A. J., & Meyer, T. (2015). Sleep and athletic performance: Implications for training, tournament preparation and competition. *Sports Medicine*, 45(2), 161–186.
- Gabbett, T. J. (2016). The training–injury prevention paradox: Should athletes be training smarter and harder? *British Journal of Sports Medicine*, 50(5), 273–280.
- Halsen, S. L. (2014a). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44(Suppl 2), S139–S147.
- Halsen, S. L. (2014b). Sleep in elite athletes and nutritional interventions to enhance sleep. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(5), 685–692.
- Higgins, T. R., Heazlewood, I. T., & Climstein, M. (2012). Are compression garments effective for the recovery of exercise-induced muscle damage? A systematic review with meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(2), 576–592.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A. J., Sassi, A. L. D. O., & Marcora, S. M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(6), 1042–1047.
- Kellmann, M. (2010). Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20, 95-102.

- Köktaş, E. (2024). Egzersiz ve vücut kompozisyonu. S. Asan & T. Altuğ (Ed.), *Spor ve egzersiz performansında yenilikçi yaklaşımlar içinde* (ss. 3–38). Duvar Yayınları.
- Kurt, C., & Kafkas, M. E. (2018). Foam roller’la uygulanan myofasyal gevşetme egzersizlerinin toparlanma amaçlı kullanımı. *İnönü Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 5(2), 25–38.
- Lastella, M., Roach, G. D., Halson, S. L., & Sargent, C. (2014). Sleep/wake behaviours of elite athletes from individual and team sports. *European Journal of Sport Science*, 15(2), 94–100.
- Leeder, J., Gissane, C., van Someren, K., Gregson, W., & Howatson, G. (2012). Cold water immersion and recovery from strenuous exercise: A meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 46(4), 233–240.
- Malhotra, R. K. (2017). Sleep, recovery, and performance in sports. *Neurologic Clinics*, 35(3), 577–589.
- Maupin, D., Schram, B., Canetti, E., & Orr, R. (2020). The relationship between acute: chronic workload ratios and injury risk in sports: A systematic review. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 11, 51–75.
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., ... & Urhausen, A. (2013). Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome. *European Journal of Sport Science*, 13(1), 1–24.
- Millet, G. Y. (2011). Can neuromuscular fatigue explain running performance decrements under heat stress? *European Journal of Applied Physiology*, 111(3), 439–446.
- Monedero, J., & Donne, B. (2000). Effect of recovery interventions on lactate removal and subsequent performance. *International Journal of Sports Medicine*, 21(8), 593–597.
- Noakes, T. D. (2012). Fatigue is a brain-derived emotion that regulates the exercise behavior to ensure the protection of whole body homeostasis. *Frontiers in Physiology*, 3, 82.
- Peake, J. M., Neubauer, O., Walsh, N. P., & Simpson, R. J. (2017). Recovery after exercise: What is the current state of play? *Current Opinion in Physiology*, 10, 17–26.
- Ryan, E. D., Everett, K. L., Smith, D. B., Pollner, C., Thompson, B. J., Sobolewski, E. J., & Fiddler, R. E. (2014). Acute effects of different volumes of dynamic stretching on vertical jump performance, flexibility and muscular endurance. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 34(6), 485–492. <https://doi.org/10.1111/cpf.12122>
- Sahlin, K., Tonkonogi, M., & Söderlund, K. (1998). Energy supply and muscle fatigue in humans. *Acta Physiologica Scandinavica*, 162(3), 261–266.
- Soligard, T., Schweltnus, M., Alonso, J. M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P., ... & Engebretsen, L. (2016). How much is too much? (Part 1) International Olympic

Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *British Journal of Sports Medicine*, 50(17), 1030–1041.

Şahin, M., Özdemir, S., Civan, A. H., Uzun, M. E., Çetin, T., & Pişkin, M. (2023). Acute Effect of Anaerobic Exercise on Cortisol, Growth and Testosterone Hormone Levels. *The Online Journal of Recreation and Sports*, 12(4), 566-572.

Topçu, H., Güngör, A. K., Arabacı, R., & Şahin, Ş. (2022). Farklı toparlanma yöntemlerinin işitme engellilerde dikey sıçrama ve eklem hareket açıklığına etkisi. *Spor Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 7(2), 323–333.

Ulusoy, Y. (2020). Uykunun egzersiz performansı üzerine etkisi: Uyku, beslenme ve toparlanma ilişkisi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 3(3), 1–22.

Zorba, E., Şahin, M., Doğan, İ., & Acar, K. (2021). *Examination of the relationship between anthropometric characteristics of elite wrestlers and their strength and vertical jump performance. Sportif Bakış: Spor ve Eğitim Bilimleri Dergisi*, 8(2), 208–216.

— — — — —

— ♦ —  
3. BÖLÜM  
— ♦ —

## SPORCU BESLENMESİ VE ENERJİ METABOLİZMASI: PERFORMANSA ETKİSİ

Doç. Dr. Yakup KILIÇ<sup>1</sup>

Kılıç, Y. (2025). Sporcu beslenmesi ve enerji metabolizması: Performansa etkisi. In F. Çatikkâş, T. Öktem, & Z. Çakır (Eds.), *Antrenman bilimi ve spor performansının fizyolojik temelleri* (pp. 39–55). Duvar Yayınları.

---

<sup>1</sup> Orcid: 0000-0003-4889-5571

E-mail: [yakupkiloc@firat.edu.tr](mailto:yakupkiloc@firat.edu.tr)

## GİRİŞ

Spor, maddi-manevi başarıyı hedeflerken (Albay ve ark., 2008; Güneş ve ark., 2023; Bayram ve ark., 2025); beden eğitimi fiziksel-psikolojik gelişim açısından önemli bir noktada yer almaktadır (Cengiz ve ark., 2018; Toprak ve ark., 2021). Spor performansı da bu olguların birleşimi olarak yüksek düzeyde fiziksel, teknik, psikolojik becerileri sergileme ve bu performans becerilerini sürdürebilme yeteneğine bağlı gelişir (Birrer ve Morgan, 2010; Tomporowski ve Pesce, 2019; Ceviz ve Kılıcı, 2025). Bununla birlikte beslenme ve enerji metabolizması ile de doğrudan bağlantılı olduğundan da bahsedilebilir. Yapılan çalışmalarda sıvı tüketimi, makro-mikro besinlerin dengeli ve yeterli alımının, performans süreçlerinin yönetimi ile optimizasyonu açısından dikkate değer unsurlar arasında yer aldığını bildirmektedir (Ersoy, 2011; Sencer ve Orhan, 2005; Yel ve ark., 2024).

Dolayısıyla sporcu performansı açısından beslenmenin önemi dikkat çekmektedir. Beslenme; besinlerin büyüme, hayatın devamı ve sağlığın korunması açısından kullanımı olarak tanımlanır (Ünsal, 2019; ). Sporcu beslenmesi de sportif performansın korunması ve geliştirilmesi açısından aynı derecede öneme sahiptir (Sezer, 2009; Sarıtaş ve Koç, 2018 ).

Göral ve arkadaşları (2010) tarafından yapılmış olan çalışmada sağlıklı ve doğru beslenmenin performansın iyileştirilmesinde dikkate değer bir unsur olduğundan bahsetmişlerdir. Nitekim dengeli, yeterli ve sağlıklı besin tüketimi, egzersize katılan çoğu kişi için önceliklidir. Müsabakalara katılan sporcular içinse besin tercihleri (yiyecek-içecek) daha da önemlidir. Bu durum müsabakayı kazanma ya da kaybetmeyi belirlemektedir (Ersoy, 2013; Göncü ve Kardeş, 2023). Güncel araştırmalar, fiziksel aktivite düzeyi yüksek bireylerde beslenmeye yönelik tutumların yalnızca sağlıkla değil, aynı zamanda performansın sürdürülebilirliği ve enerji metabolizmasının etkin yönetimi ile de ilişkili olduğunu göstermektedir (Soylu ve ark., 2021; Genç ve ark., 2025).

Alınan besinin enerji metabolizmasında etkileri ise değişkendir. Bu anlamda enerji sistemleri, ATP üretim mekanizmaları ile doğrudan bağlantılıdır. Kasların çalışmasını ve hareketini sağlayan ATP bileşenidir. ATP'nin olmaması durumunda ise kas hareketinin gerçekleşmediği bilinmektedir (Kara ve Gökbel, 1994). ATP resentezine üç metabolik süreç katılır. Bunlar; Oksijen sistem (Aerobik glikoz sistemi), Fosfojen sistem (ATP-PC sistemi) ve Laktik asit sistemdir (Anaerobik glikoz) (Günay ve ark., 2006).

Sporcular sağlıklı yaşam biçimi davranışları konusunda bilgilendirilmeye ihtiyaç duyarlar (Pepe ve ark., 2015). Bu bağlamda, spor dallarının enerji sistemleri

üzerindeki farklı talepleri beslenme stratejilerinin bireysel ve branşa özgü olarak planlanmasını ve bireylerin bilgilendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Literatürde farklı spor branşlarında bireylerin bazal metabolik hız (BMH) düzeyleri ile beslenme bilgi düzeyleri arasında ilişki olduğu ve bu ilişkilerin enerji metabolizmasının düzenlenmesi ile performans çıktılarının iyileştirilmesinde önemli potansiyele sahip olduğu belirtilmiştir (Hepsert ve ark., 2024). Dolayısıyla yetersiz veya hatalı beslenme uygulamaları; erken yorgunluk, toparlanma süresinin uzaması ve performans düşüşü gibi olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir (Bozkurt 2001; Sevim, 2007; Ersoy, 2011).

Yapılan çalışmada beslenme, makro ve mikro besinler ve sporcu beslenmesinin enerji metabolizması açısından öneminin incelenmesi amaçlanmaktadır.

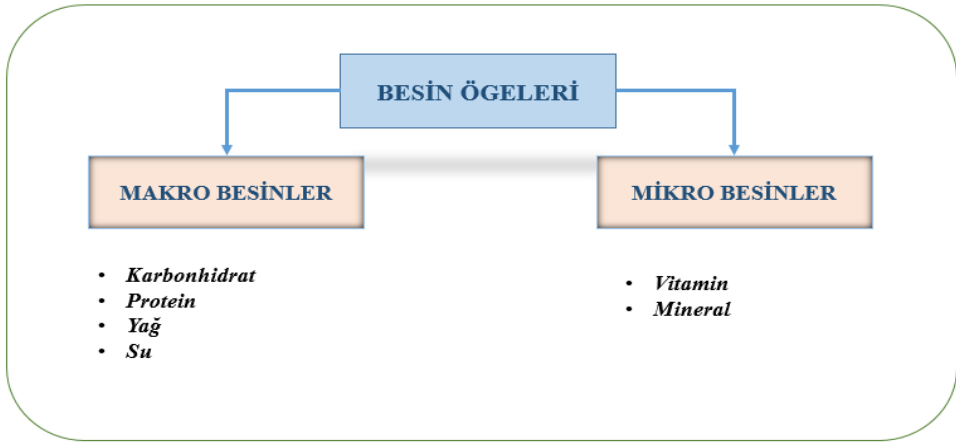
### **Beslenme**

Besin, gıdaların içerisinde bulunan ve kişilerin hayatlarını devam ettirmek, büyümek, metabolizmanın aktivitesini gerçekleştirmek, üremek, iş yapabilmek açısından dışarıdan alımı zorunlu olunan enerji substratları, yapı taşları ya da biyolojik katalizörlerdir (Sencer ve Orhan, 2005). Beslenme ise açıklanan sebepler için besinlerin kullanılmasıdır (Baysal, 2012).

Bireyler sağlıklı ve üretken olabilmek için çok yönlü (bedensel, zihinsel, sosyal vb.) olarak gelişmiş bir vücuda sahip olmalıdır. Bu durum da uzun süre bozulmadan devam ettirilmelidir. Bunun içinse insan sağlığı önem arz eder. İnsan sağlığını beslenme, kalıtım, iklim ve çevre koşulları gibi bazı faktörler etkilemektedir. Beslenme bu faktörler arasında önceliklidir. İnsan yaşamında ihtiyaçlar arasında ilk sırada yer alan beslenme, bireyin yaşamını idame ettirebilmesi için var olan enerji ihtiyacını karşılamasıdır (Ersoy, 2011). Baysal (2012) beslenmeyi; büyüme, yaşamın devam ettirilmesi ve sağlığın korunması açısından besinlerin vücutta kullanılması olarak tanımlanmaktadır. Maughan ve Burke (2012) ve Baycar, (2023) ise belirli bir ısı uygulanarak muhafaza süresi ve dayanımı artırılan yiyecek ve içeceklerin yeterli ve uygun miktarda tüketilmesi ile yaşam boyu sağlığı korumak, iyileştirmek ve vücudun ihtiyacı olan enerjiyi sağlamak adına uygulanan zorunlu bir eylem olarak açıklamışlardır

- *Yeterli ve dengeli beslenme:* Vücudun gereksinimi kadar enerjinin sağlanabilmesi için besinlerin (karbonhidrat, yağlar, proteinler, mineraller ve vitaminler) tüketilmesidir. Alınması gereken besin öge miktarı ise kişilerin uyguladıkları fiziksel aktivite türüne göre değişkenlik gösterir (Turgay, 2025).

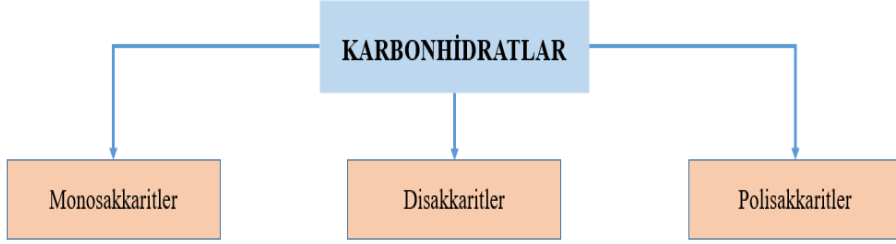
Besin öğeleri temelde karbonhidratlar, proteinler, yağlar, vitaminler, mineraller ve sudan meydana gelir. Karbonhidratlar, proteinler ve yağlar vücudun ana yakıtı olarak kullanılır. Bununla birlikte kişilerin gündelik enerji kaynaklarıdır. Fakat vitaminler, mineraller ve suyun vücut için bir enerji değeri yoktur. Yalnızca vücudun aktivite devamlılığı açısından gereklidirler. Besin öğeleri temelde iki gruba ayrılır. Bu gruplar makro besinler ve mikro besinlerdir. Makro besinler karbonhidrat, proteinler, yağlar ve sudur. Mikro besinler ise vitaminler ve minerallerdir (Pehlivan, 2006).



## Makro Besin Öğeleri

### Karbonhidratlar

Karbonhidrat denilen besin ögesi Karbon, hidrojen ve O<sub>2</sub> atomlarından oluşan organik bir bileşiktir. İnsan ve hayvan sisteminde glikojen, bitki yapısında ise nişasta ve selüloz olarak bulunmaktadır. Karbonhidratların başlıca görevi enerji sağlamaktır. Beslenmede de oldukça önemli olan yiyecek ve içeceklerin yapısında bulunan karbonhidratlar, vücudun ihtiyaç duyduğu temel besin kaynaklarındandır (Kardeş ve Baycar, 2022). Üç grupta değerlendirilen yağlar; monosakkaritler, disakkaritler, polisakkaritlerdir (Güneş, 2015).



Şekil 1. Karbonhidratlar

| Tablo 1. Karbonhidrat Grupları |          |                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| MONOSAKKARİT                   | Glikoz   | Beyin dokusu ve alyuvarların ana enerji kaynağı olan glikoz kanda serbest şekilde bulunmaktadır (Güneş, 2015)                                                                                                         |
|                                | Fruktoz  | Meyve şekeri olarak bilinen fruktoz, incir, bal, dut, üzüm ve pekmezde bulunmaktadır. Alımından itibaren hızla emilir (Bektaş ve Ulusoy, 2025).                                                                       |
|                                | Galaktoz | Süt şekerinde bulunan bu monosakkarit çeşidi beyindeki maddelerin ve sinir hücrelerinin parçasıdır (Baron, 2002).                                                                                                     |
| DISAKKARİT                     | Sakkaroz | Moleküler açıdan 1 glikoz+1 fruktoz'dan oluşan sakkaroz (Tayar ve ark., 2011) şeker kamışı ve pancardan oluşur (Güneş, 2015).                                                                                         |
|                                | Laktoz   | Süt şekeri olarak bilinir. 1 glikoz+1 galaktoz'un birleşimi ile oluşur (Gropper ve ark., 2022).                                                                                                                       |
|                                | Maltoz   | 1 glikoz+1 glikoz'un birleşimi ile meydana gelen maltoz, çimlenen hububat tohumlarında yer almaktadır (Baron, 2002).                                                                                                  |
| POLİSAKKARİT                   | Nişasta  | Çoklu glikoz'un bir araya gelmesi ile oluşan nişasta, bitkilerin tohum yapılarında ve yumrulara birikir. Bununla birlikte bağırsaklarda glikoza çevrilir ve kullanıma hazır hale gelir (Güneş, 2015; Çakıroğlu, 1997) |
|                                | Glikojen | Kaslarda, karaciğerde ve hayvansal dokularda bulunan glikojen (Tayar ve ark., 2011), vücut sistemi için yedek enerjidir. Çalışma sırasında ATP üretimi için glikoza dönüşmektedir (Güneş, 2015)                       |
|                                | Selüloz  | Bitkisel yapıda bulunup yiyeceklerin sindirilmeyen kısmını oluşturur (Güneş, 2015).                                                                                                                                   |

Karbonhidratların fayda ve zararları incelendiğinde ise yeterli alımında proteinlerin parçalanmasını ve enerji ihtiyacı için kullanımını engeller; eksik

alımının enerji ile dikkat eksikliği, vücut sıvısında asitlilik oranında artış, sinirlilik ve gerginlik belirtileri; fazla alımında ise vücudun bölgelerinde yağ olarak depo edilir ve B1 vitamininin azalmasına sebep olur (Zorba, 2006).

### **Proteinler**

Aminoasitlerin bir araya gelmesi ile oluşan proteinler hücrenin yapıtaşdır (Çakıroğlu, 1997). Yaşamın devamlılığı açısından gereklilik gösteren proteinler, bazı enzim ve hormonlarda bulunur (Ör: Alyuvar rengi; Aktin ve Miyozin). Bununla birlikte 22 amino asitten oluşan proteinlerin 8 adedi dışarıdan alınan besinler tarafından karşılanır (Güneş, 2015).

Proteinlerin fayda ve zararları incelendiğinde ise yeterli alımında kanın pıhtılaşmasını, hastalıkla mücadeleyi ve O<sub>2</sub> taşımaya destek olur; eksik alımının çocukluk çağında büyümede olumsuz yönde etkilere, vücudun direncinde azalma ve vücuda alınan besinlerin emilmesinde zorluklara; fazla alımında ise vücudun bölgelerinde yağ olarak depo edilmeye, hayvansal proteinler kalp-damar hastalıkları riskinin artmasına ve idrar yoluyla atılırken kalsiyum atımının da artışa sebep olur (Zorba, 2006).

### **Yağlar**

Yağlar, 1 gliserol+3 yağ asit molekülünün birleşimi ile oluşur. 2'ye ayrılır. Doymuş ve doymamış yağ asitleri olarak; doymamış yağlar da kendi aralarında tekli ve çoklu yağ asitleri olarak ayrılmaktadır (Kolukısa ve Eyipinar, 2020).

Doymamış yağlara Omega-3 yağ asitleri örnek gösterilebilir. Bu yağlar çoklu doymuş yağ kategorisinde değerlendirilmektedir. Trans Yağ Asitleri; Hidrojenasyon işlemleri sırasında oluşmaktadır. Hidrojenleşmiş Yağ Asitleri ise Doymamış yağların hidrojen ile doyurulması sonucu ortaya çıkmaktadır. Burada hedef oda sıcaklığında daha dayanıklı ve daha katı yağ elde etmektir. Bu durum yağların ömrünü uzatmaktadır. Kolesterol, yağ ve yağ benzeri maddelerin tümü lipid olarak değerlendirilir. Bu maddelerin ortak özellikleri ise suda çözünememeleridir (Duyff, 2013).

Yağların sindiriminin büyük kısmı ince bağırsaklarda gerçekleşir. Yağlar; safra asidinin salınımı ile küçük parçalara ayrılır. Lipaz; yağları, yağ asidi ve gliserole ayırır. Böylece yağlar kullanıma hazır hale gelir (Harvard, 2020).

Yağların fayda ve zararları incelendiğinde ise yeterli alımında kalp beyin vb. organları soğuğa karşı korumasına, A, D, E, K vitaminlerini taşımaya; eksik alımının A, D, E, K vitaminlerinin vücutta eksilmesine, hormon dengesizliğine, vücudun direncinde azalmaya; fazla alımında ise vücudun iç ısının artması, kas

gelişiminin engellenmesi ve şeker hastalık riskine sebep olduğu bilinmektedir (Zorba, 2006).

## SU

Vücudun en önemli bileşeni olan su, hidrojen ve O<sub>2</sub> birleşimi mükemmel bir çözücüdür (Schwenk ve Schwenk, 2006). Vücutta su %70 hücre içinde (intraseküller) ve %30'u hücre dışında bulunmaktadır (Guyton ve Hall 1999). Yağ oranına göre değişim gösterir. Örneğin yağ oranı daha az olan kişilerin vücut su ağırlığı %60-70'iken, obezlerde sadece %45-55 civarındadır (Baysal, 2012). Bu bağlamda sporcuların kas kütlelerinden kaynaklı su oranlarının daha yüksek olabileceği söylenebilir (Corrigan, 2019). Bu anlamda temel besin öğeleri arasında yer alan suyun sporcu beslenmesi açısından önemi dikkate değerdir (Applegate, 2011).

Bu anlamda sporcuların besin tüketiminin yanında sıvı tüketimine de gerekli özeni göstermeleri sporcu sağlığı açısından son derece önemlidir. Sporcu beslenmesinde vücudun yeterli miktarda sıvı alamaması veya normalde fazla su ve elektrolit kaybetmesi ile oluşan dehidrasyonun engellenmesi için sporda terle kaybedilen sıvının en kısa sürede yerine konması gerekmektedir (Ersoy, 2011; Sencer ve Orhan, 2005). Ter ile kaybedilen sıvı miktarı antrenmanın şiddetine bağlı olarak değişmekle birlikte 1-4 litre arasında olabilmekte ve mevsimsel şartlara bağlı olarak bu miktar yükselip azalabilmektedir (Paker, 1996). Kaybedilen sıvı ise kalbin normalden daha fazla çalışmaya başlamasına, soluk alışverişinin güçleşmesine yol açmakta, yorulma ve çalışma süresi kısalmakta, reflekslerde yavaşlamalara sebep olmaktadır (Parker, 1996; Grubb, 2007).

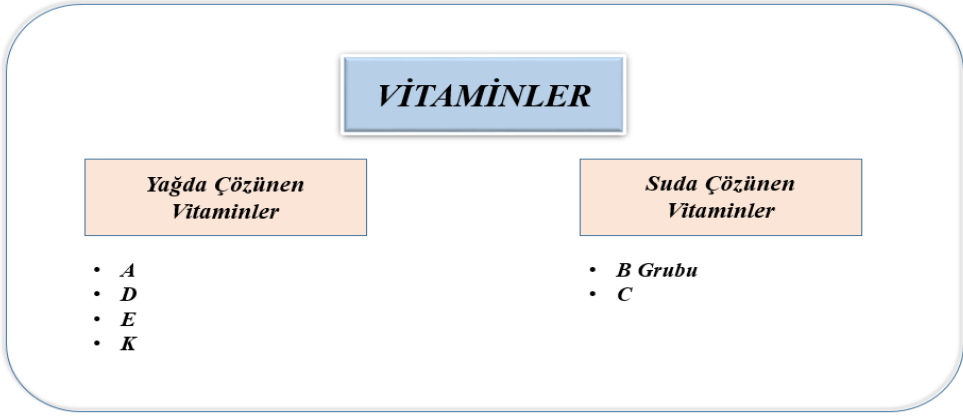
Dolayısıyla kaybedilen su ve elektrolitlerin tekrar vücuda kazandırılması sporcunun hızlı bir şekilde toparlanmasına, terleme ile kaybettiği sıvıların yeniden alınarak vücut fonksiyonlarının işlevini yerine getirmesinde büyük öneme sahiptir. Suyun vücuttan atılımı cilt, akciğerler, gastrointestinal sistem ve böbrekler yoluyla olmaktadır ve normalde günlük atılan miktar 2500 ml.'dir (Rhoades ve Pflanzner, 1996, West, 1991). Bu bağlamda kişilerin ve sporcuların gündelik almaları gereken miktar önceliklidir.

## Mikro Besin Öğeleri

### Vitaminler

Vitaminler enerji kaynakları olarak değerlendirilmeseler de sağlıklı büyüme ve gelişim için gereklidir. Sinir sisteminin normal çalışmasından vücut sağlığının korunmasına kadar birçok görevi olan vitaminler, vücutta üretilmemektedir.

Dolayısıyla dışarıdan besin olarak alınması zorunludur. Yağda ve suda eriyebilmelerine göre 2 gruba ayrılmaktadırlar (Güneş, 2015).



**Yağda çözünen Vitaminler:** Vücutta emiliminin oluşması için yağlara ihtiyaç duyan bu vitamin grubu A, D, E ve K vitaminlerini içerir (Kolukisa ve Eyipınar, 2020).

**A Vitamini:** Görme, kan hücresi üretimi, hücre büyümesinin sağlanması ve bağışıklığın gelişiminde aktif rol oynamaktadır (Stevens, 2021).

**D Vitamini:** Bağışıklık sistemi, kan şekeri dengesi ve kemik gelişiminin devamlılığını sağlamaktadır (Erkul ve Öniz, 2023).

**E Vitamini:** Antioksidan özelliği olan bu vitamin çeşidi hayati önem taşımaktadır (Kolukisa ve Eyipınar, 2020).

**K Vitamini:** Kan akışı kontrolü ve pıhtılaşmada görev almaktadır (Gropper ve ark., 2022).

#### **Suda çözünen Vitaminler:**

**B<sub>1</sub> Vitamini (Tiamin):** Sinir sistemini desteklemektedir (Fox ve ark., 1999).

**B<sub>2</sub> Vitamini (Riboflavin):** Cilt sağlığı, kan hücre yapımı ve enerji metabolizmasında aktif rol alır (Saedisomeolia ve Ashoori, 2018).

**B<sub>3</sub> Vitamini (Niasin):** Protein metabolizmasında etkin rol alan niasin, dolaşım sisteminde etkindir (Kolukisa ve Eyipınar, 2020).

**B<sub>5</sub> Vitamini (Pantotenik Asid):** Yiyecekleri enerjiye dönüştürmeye yardımcı olur (Kolukisa ve Eyipınar, 2020).

**B<sub>6</sub> Vitamini (Pridoksin):** Glikojen katabolizmasında işlev görür (Abosamak ve Gupta, 2022).

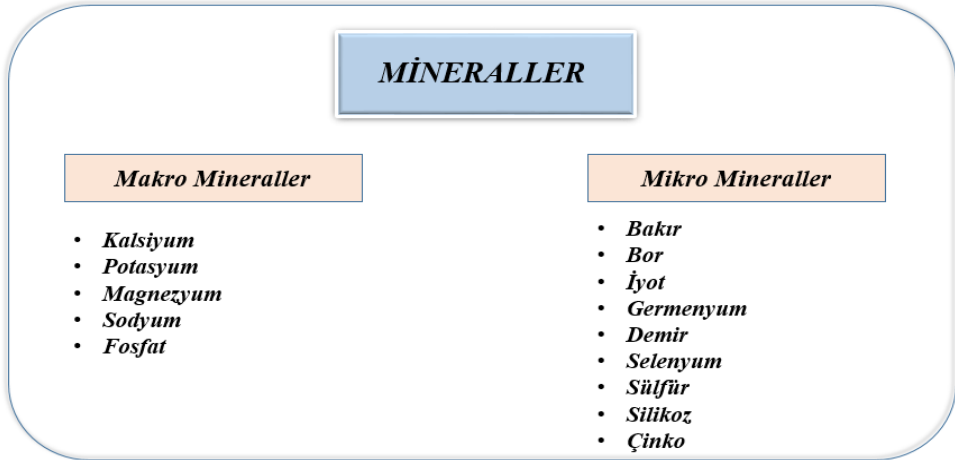
**B<sub>9</sub> Vitamini (Folik Asit):** Bir diğer adıyla folat vücudun DNA ve RNA yapımı ile hücre bölünmesi için elzemdir (Moll ve Davis, 2017).

**B<sub>12</sub> Vitamini (Kobalamin):** İnsan vücudunda bağırsakta üretilen kobalamin, kırmızı kan oluşumu, DNA sentezi ve sinir sistem işleyişi için gereklidir (Molloy, 2018).

**C Vitamini (Askorbat/Askorbit Asit):** Doku onarımı için gerekli olan bu vitamin vücuttaki çoğu enzimin işleyebilmesi için önceliklidir. Bu anlamda alımı önem teşkil eder (Applegate, 2011).

### **Mineraller**

Kaynağı hayvansal veya bitkisel olmayıp, yaşayan organizmalarca yok edilemeyip dünyada doğal olarak bulunan elementlere mineral denir. Mineraller vücuda bitkilerden, hayvansal besinlerden ve sudan doğrudan alınmaktadır (Erdoğan, 2009). Bununla birlikte miktarına göre 2'ye ayrılır. Vücuda daha fazla gereksinim duyulan mineraller makro mineraller daha az olanlar ise mikro mineraller şeklinde çeşitlenmektedir (Kolukisa ve Eyipinar, 2020).



### **Makro Mineraller:**

**Kalsiyum:** Süt ve süt ürünlerinde bulunur. Kemik ve diş sağlığı için önceliklidir.

**Magnezyum:** Kas gevşemesi ve sinir hücrelerinin ihtiyacı olan besinlerin emilimini sağlar.

**Potasyum:** Kas kasılması ve asit-baz dengesinin düzenlenmesinde görev alır.

**Sodyum:** Su dengesini sağlar. Ter ve idrar yoluyla vücuttan atılan sodyum, kas ve sinir sistemi için vazgeçilmezdir.

### Mikro Mineraller:

**Bakır:** Demirin emiliminin sonrasında taşınması ve hemoglobine ulaşımını sağlar.

**İyot:** Tiroid bezi fonksiyonlarını düzenlemekle görevli iyot minerali, vücudun üretemediği bir mineraldir.

**Demir:** Hemoglobin, miyoglobin ve enzimlerin üretimi açısından gereklidir. Kadınlar için önemi artan demir, yorgunluğa karşı bir mineraldir.

**Selenyum:** Tiroid hormonunun üretimi, kas atrofisi ve bağışıklığın gelişiminde görevlidir (Baysal, 2012).

**Çinko:** Sindirim sisteminin düzenli çalışmasında, prostat ve üreme organlarının fonksiyonları açısından gereklidir.

Bu makro ve mikro besin öğelerinin beslenme yeterli ve dengeli biçimde alınmasının fizyolojik performansı ve duyuşsal kaliteyi artırarak sağılık üzerinde sinerjik bir etki oluşturduğu da bilinmektedir (Baycar, 2023).

### Enerji Sistemleri

Enerji; iş yapabilme veya bunu ortaya koyabilme yeteneğidir. Enerji birimi olarak joule (j) ve kalorige (cal) kullanılmaktadır (Ergen ve ark., 2002). Vücudumuza alınan gıdalar enerji oluşumunda görev alırlar. Bu gıdalar birçok kimyasal süreçten geçtikten sonra ATP'yi (adenozintrifosfat) meydana getirir. Dolayısıyla kimyasal süreçlerin bilinmesi kişilerin antrenman programları, beslenme şekilleri, kas yoğunlukları ve ısı dengeleri açısından detaylı bilgi edinimine destek sağlar. Besinlerin direkt olarak parçalara ayrılması iş yapabilme açısından yeterli değildir (Fox ve ark., 1999). Bu anlamda enerji sistemleri, ATP üretim mekanizmaları olarak bilinmektedir. Kasların çalışması ve hareketi ile ilişkilendirilir. Kasların çalışmasını ve hareketini sağlayan ATP bileşenidir. ATP'nin olmaması durumunda ise kas hareketinin gerçekleşmediği bilinmektedir (Kara ve Gökbel, 1994).

ATP'nin dönüşüm ürünleri ise "ADP+Pi" ya da "Adenozin difosfatı+inorganik fosfat'tır". Kas hareketi için gereken enerjiyi açığa çıkarmak için dönüşürler. Fiziksel aktivite devamlılığı içinde kas hücrelerindeki ATP deposu miktarının sınırlı olması gerekir (Guyton ve Hall, 1996). Fiziksel egzersiz türüne göre ATP resentezine üç metabolik süreç katılır. Bunlar (Günay ve ark., 2006);

- Oksijen sistemi (Aerobik glikoz sistemi),
- Fosfojen sistem (ATP-PC sistemi),
- Laktik asit sistemidir (Anaerobik glikoz).

**Anareobik Metabolizması:** ATP-PC ve laktik asit sistem ATP'nin yenilenmesi ile ilgilidir. Yani vücutta oluşan tepkimeler sırasında oksijen kullanılmaması demektir (Fox ve ark., 1999). ATP'nin devamlı olarak üretilmesi için anaerobik glikoliz sistemi devreye girer. O<sub>2</sub> kullanımı olmadan gerçekleşen bu sistemde glikojen (karbonhidrat depo formu) glukozla dönüştürülür. Glukoz ise enerji üretimi için kullanılır (Gastin, 2001).

• **Anaerobik Glikoliz (Laktik Asit Sistem):** O<sub>2</sub> olmadan karbonhidratların laktik aside dönüştüğü sisteme anaerobik glikoliz denir. Vücutta bulunan karbonhidrat glikoz olarak ya da glikojen olarak depo edilir (Fox ve ark., 1999). Enerji ihtiyacı açısından anaerobik sistem kullanıldığında laktik asit açığa çıkmaktadır. Laktik asit oranı arttıkça yorgunluk oluşur (Ergen ve ark., 2002).

**ATP-CP (Fosfajen Sistemi):** ATP ve fosfokreatin (CP) kas hücrelerinde depolanmaktadır. CP ile ATP arasındaki ilişki ise bir fosfat bileşeni bileşikden kopartıldığında büyük bir enerji açığa çıkarmasıdır. Böylece CP, ATP'ye benzer. Parçalanma sonucunda kreatin (C) ve inorganik fosfat (P) açığa çıkar. ATP'nin yenilenmesi için hemen biyokimyasal bir reaksiyona girer. CP kaslarda ATP'den daha fazla depolanmaktadır. Bunun nedeni ise CP'nin ATP yenilenmesi için enerji ihtiyacını karşılamasıdır (Şenel, 1995). Bu sistem egzersizlerin kısa süreli ve yoğun uygulanması sırasında devreye giren enerji transfer sistemidir (Ör: halter, sprintler, 100 metre kısa mesafe koşuları, ağırlık kaldırma, 25 metre hızlı yüzme (Yıldız, 2012)). Kas dokularında bulunan ATP ve PC kaynaklıdır (Åstrand, 2003). Fakat dokularda bulunan ATP-PC depoları hızla tükenir (Ulupınar ve ark., 2012)

**Aerobik Metabolizması:** Hızlı çalışan anaerobik enerji sisteminin tersine, aerobik sistem yavaş bir şekilde enerji sistemlerine dahil olur. Lipidler veya karbonhidratların enerji üretebilmek için kullanıldığı bu sistemde dayanıklılık egzersizleri sırasında ana enerji mekanizması olarak hizmet verilmektedir (Plowman ve Smith, 2013). Genel anlamda uzun süreli etkinliklerde devreye giren aerobik sistem (Ör: aralıklı sprintler yapıldığında arada geçirilen dinlenme sürelerinde) O<sub>2</sub> kullanımı ile glikoz ve yağlardan enerji kazanımı gerçekleştirir (Spencer et al., 2005). Karbonhidrat ve yağların oksijenin ortamda bulunmasıyla su ve karbondioksit parçalanması aerobik enerji metabolizması ile meydana gelmektedir. Bununla birlikte bu sistemde tepkimeler hücrenin daha gelişmiş kısımları olan mitokondride meydana gelir. (Fox ve ark., 1999; Svedahl ve MacIntosh, 2003).

- **Aerobik glikoz (Oksijen sistemi):** Glikolitik ve krebs döngüsünde üretilen elektronlar, elektron taşıma zinciri aracılığıyla oksijene iletilir. Bu sistem aracılığıyla glikoliz tepkimesi oluşur. Buradaki fark anaerobik sistemde son ürün olarak laktik asitken aerobik sistemde laktik asidin birikiminin engellenmesidir (McArdle ve ark., 2006; Åstrand, 2003).

**Krebs Döngüsü:** Bu sistem aerobik glikoliz sırasında ortaya çıkan pirüvik asidin tepkimelere girerek parçalanmaya devam etmesidir. Krebs dönüşümü anında meydana gelen olaylar:

- **Karbondioksit üretimi:** CO<sub>2</sub>'in ayrışması ile üçlü karbon bileşiği olan pirüvik asit, hızlı bir şekilde ikili karbon bileşiği olan asetil grubuna dönüşür. Dönüşen bu asetil grubu bir CoA ile birleşerek asetil-koenzim A'yı meydana getirir. Bu süreçte CO<sub>2</sub> oluşmakta olup oluşan CO<sub>2</sub> kana karışarak ciğerlere ve oradan da dışarıya atılır (Fox ve ark., 1999; Savaş ve Uğraş, 2004).

**Elektron Taşıma Sistemi (ETS):** Krebs döngüsü sonucu koparılan hidrojen iyonları ve elektronlar soluduğumuz oksijen yardımıyla birleşerek suyu oluşturur, glikojenin ise parçalanmasına devam edilir. Suyun oluşmasına neden olan tepkimeler, elektron taşıma sistemi veya solunum zinciri olarak adlandırılmaktadır (Savaş ve Uğraş, 2004; Günay ve ark., 2006). Bu elektronlar ve hidrojen iyonları yüksek enerji seviyelerine sahiptir. Yüksek enerji düzeyinden düşük enerji düzeyine geçiş sırasında meydana gelen reaksiyonlarda enerji açığa çıkarır ve bu enerji, ATP sentezi için gerekli olan reaksiyonları sağlar (Joyner, 1993).

### **Sporcu Beslenmesi için Enerji Kaynaklarının Önemi**

Beslenme insan yaşamının devamlılığı için zorunlu bir gereksinimdir. Sporcu beslenmesi de sportif performansın devamlılığı ve iyileştirilmesi açısından aynı derece öneme sahiptir (Sezer, 2009; ; Şarvan Cengiz ve ark., 2022). Müsabaka yapan sporcular içinse yiyecek ve içecek tercihindeki doğru seçimler sporcunun müsabakayı kazanma ile kaybetme arasındaki farkı belirlemektedir. Bu noktada egzersiz açısından yeterli ve dengeli beslenme başarının anahtarıdır (Ersoy, 2013; Göncü ve Kardeş, 2023). Destekler nitelikte Bozkurt (2001) tarafından yapılmış olan çalışmada da yeterli ve dengeli beslenmenin başarılı bir müsabaka açısından gerekli olduğu belirtilmiştir.

Beslenme ve egzersiz bilimi arasındaki bağlantı ile gelişim gösteren sporcu beslenmesi (Fink ve Mikesky, 2015); spora olan ilginin ve beslenmenin sporcu sağlığı açısından öneminin artması ile birlikte araştırılan bir uzmanlık haline gelmiştir (Süel ve ark., 2006). Destekler nitelikte Ceviz ve Kardeş (2023) yapmış oldukları çalışmalarında sporcunun sağlığını korumanın yanı sıra vücudun geliştirilebilmesi, bağışıklığın güçlü tutulabilmesi ve performansın yükseltilebilmesi için amaca uygun beslenmenin gerekliliğinden bahsetmişlerdir. Nitekim doğru beslenmenin sporcunun performansını arttırmada öncelikli olduğu bilinmekle birlikte (Özmerdivenli ve Karacabey, 2002) sporcuların beslenme açısından besin öğeleri gereklilikleri; cinsiyetlerine, yaşlarına, kilolarına, bireysel farklılıklarına, sağlık durumuna, yaptıkları spor türüne, sıklığına, şiddetine ve süresine göre değişkenlik gösterebilir (Güneş, 2015; Baysal, 2012).

Bu anlamda sporcuya yönelik bir beslenme programı yağsız vücut kitlesinde iyileştirmeye ve antrenmanda adaptasyona destek sağlamalıdır. Nitekim müsabaka döneminde ve sonrası toparlanmada sporcuya yönelik düzenlenen beslenme programlarının uygulanması dikkate değerdir (Ersoy, 2011). Dolayısıyla sporcu için beslenme, müsabakalara yönelik bir sınırlandırma dışında yaşama entegre edilerek bilimsel bir beslenme alışkanlığı şeklinde olmalıdır (Sevim, 2007). Kısacası sporcunun performans gelişimi; rehabilitasyon sürecinde dayanıklılık, sakatlıklardan korunma ve vücut direncinin artırılması, zihinsel ve taktiksel antrenman programı ile beraber uygulanan etkin ve doğru beslenme programları sayesinde mümkün olabilmektedir. (Gezgez, 2016).

### **Sonuç ve Öneriler**

Beslenmenin insan yaşamındaki yeri tartışılmazdır. Sporcu içinse bu durum daha büyük önem teşkil eder. Sporcu beslenmesi ve enerji metabolizması, performansın devamlılığı ve gelişim belirleyicilerden biridir. Dolayısıyla performansın yalnızca fiziksel kapasite ile değil aynı zamanda enerji metabolizması ve besin öğeleri ile doğrudan bağlantılı olduğundan bahsedilebilir.

Performansın makro ve mikro öğelerle ilerlemesi, bu anlamda beslenmenin bireyselleştirilmesinin zorunlu hale getirebilir. Nitekim yeterli ve dengeli beslenmenin gerçekleşmediğinde kas depolarının erken tükendiği, yorgunluğun olduğu ve toparlanmanın geciktiği yapılan çalışmalarla ortaya konmaktadır. Bu doğrultuda sporculara uygun programların oluşturulması gereklidir. Bununla birlikte sıvı-elektrolit dengesi ve besin zamanlamasının, enerji metabolizması üzerindeki düzenleyici rolü güncel literatür tarafından güçlü biçimde desteklenmektedir.

Antrenörler ve spor bilimleri uygulayıcıları, beslenmeyi antrenman programlarının ayrılmaz bir parçası olarak görmeli; sporcuların enerji metabolizmasına ilişkin farkındalığını artırmaya yönelik eğitimler planlamalıdır. Gelecek araştırmalarda ise farklı spor branşlarında enerji metabolizmasının biyokimyasal ve hormonal göstergelerle birlikte ele alınması, beslenme-performans ilişkisine dair daha kapsamlı sonuçlar elde edilmesini sağlayabilir önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abosamak, N., & Gupta, V. (2023). *Vitamin B6 (Pyridoxine)*. StatPearls Publishing.
- Albay, M. D., Tutkun, E., Ağaoğlu, Y. S., Canikli, A., & Albay, F. (2008). Üniversite takımlarının bazı motorik ve antropometrik özellikleri. *Sportmetre*, 6(1), 13-20.
- Applegate, L. (2011). *Beslenme ve diyet* (H. Özpınar, Çev.). İstanbul Tıp Kitabevi.
- Åstrand, P. O. (2003). *Textbook of work physiology: Physiological bases of exercise*. Human Kinetics.
- Baron, D. K. (2002). *Sporcuların optimal beslenmesi* (S. Ömeroğlu & S. Hasırcı, Çev.). Bağırzan Yayınevi.
- Baycar, A. (2023). Işkının (*Rheum ribes* L.) besin öğeleri ve fonksiyonel niteliği. *Türkiye Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 4(1), 1-11.
- Baycar, A. (2023). Mutfakta ısı var: Beslenme ve mutfak termodinamiği. In M. Doğan (Ed.), *Gastronomi mühendisliği* (ss. 145-162). Nobel Yayınları.
- Bayram, A., Yalçın, İ., Şahin, E., Ekinci, N. E., Talaghir, L. G., & Iconomescu, T. M. (2025). Recreational flow experience and well-being. *Frontiers in Psychology*, 16, 1574337.
- Baysal, A. (2012). *Beslenme* (14. bs.). Hatiboğlu Yayınları.
- Bektaş, İ. A., & Ulusoy, M. (2025). Endüstriyel ve doğal fruktozun alkole bağlı olmayan yağlı karaciğer hastalığı ile ilişkisine güncel yaklaşımlar. *Güncel Gastroenteroloji Dergisi*, 27(2), 65-71.
- Birrer, D., & Morgan, G. (2010). Psychological skills training as a way to enhance an athlete's performance in high-intensity sports. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(1), 78-87.
- Bozkurt, İ. (2001). *Beden eğitimi ve spor yüksekokullarında aktif spor yapan öğrencilerin beslenme alışkanlıklarının belirlenmesi ve değerlendirilmesi* (Yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Cengiz, Ö., Kılıç, M. A., & Soylu, Y. (2018). Ortaokul öğrencilerinin beden eğitimi dersine yönelik tutumlarının incelenmesi. *Sosyal Bilimler Akademik Dergisi*, 1(2), 141-149.
- Ceviz, E., & Kardeş, M. (2023). Besinlerin antioksidan etkisi ve egzersiz performansı. In M. Kul, Ü. Erbaş, & M. A. Ceyhan (Eds.), *Farklı boyutlarıyla spor araştırmaları 3* (ss. 31-53). Duvar Yayınları.
- Ceviz, E., & Kılıcı, A. (2025). Comparison of endurance and speed performance of soccer players in different divisions. *Journal of Education and Recreation Patterns*, 6(1), 86-100.

- Corrigan, M. L. (2019). Klinikle ilgili: Su, elektrolitler ve asit-baz dengesi. In G. Kaner (Çev.), *Krause besin ve beslenme bakım süreci* (14. bs.). Nobel Tıp Kitabevi.
- Çakıroğlu, M. İ. (1997). *Antrenman bilgisi* (2. bs.). Şeker Matbaacılık.
- Duyff, R. L. (2003). *Amerikan Diyetisyenler Derneği besin ve beslenme rehberi* (S. Yücecan, B. Nursal, G. Pekcan, & H. T. Besler, Çev.). Acar Matbaacılık.
- Erdoğan, S. (2009). *Beslenme ve besin teknolojisi* (2. bs.). Detay Yayıncılık.
- Ergen, E., Demirel, H., Güner, R., Turnagöl, H., Başoğlu, S., Zergeroğlu, A. M., & Ülkar, B. (2002). *Egzersiz fizyolojisi*. Nobel Yayın Dağıtım.
- Erkul, C., & Öniş, A. (2023). Vitaminler. In A. Özenoğlu (Ed.), *Temel beslenme ilkeleri ve laboratuvar uygulamaları*. Eğitim Yayınevi.
- Ersoy, G. (2011). *Egzersiz ve spor yapanlar için beslenme*. Nobel Yayın Dağıtım.
- Ersoy, G. (2013). *Fiziksel uygunluk (fitness): Spor ve beslenme ile ilgili temel öğretiler*. Ata Ofset Matbaacılık.
- Fink, H. H., & Mikesky, A. E. (2015). *Practical applications in sports nutrition*. Jones & Bartlett Learning.
- Fox, E. L., Bowers, R. W., & Foss, M. L. (1999). *Beden eğitimi ve sporun fizyolojik temelleri* (M. Cerit, Çev.; H. Yaman, Ed.). Bağırhan Yayınevi.
- Gastin, P. B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine*, 31(10), 725-741.
- Genç, H. İ., Hepsert, S., Öktem, T., Kiratlı, T., Yildirim, Y., & İlgin, Ö. (2025). Orthorexia nervosa: An investigation in the context of personality, body image, and physical activity. *Frontiers in Psychology*, 16, 1672773.
- Gezgez, T. Z. (2016). *Modern antrenörlük*. Ofis Matbaacılık.
- Göncü, B. S., & Kardeş, M. (2023). Sporcu içecekleri ve beslenme. In M. Güçlü, F. Çatıkkaş, & Z. Çakır (Eds.), *Farklı boyutlarıyla spor araştırmaları 2* (ss. 80-94). Duvar Yayınları.
- Göral, K., Saygın, Ö., & Karacabey, K. (2010). Amatör ve profesyonel futbolcuların beslenme bilgi düzeylerinin incelenmesi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 7(1), 836-856.
- Gropper, S. S., Smith, J. L., & Carr, T. P. (2022). *Advanced nutrition and human metabolism* (8th ed.). Cengage.
- Grubb, P. B. (2007). *The fainting phenomenon* (2nd ed.). Blackwell Publishing.
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (1996). *Tıbbi fizyoloji* (B. Çağlayan, Çev.). Nobel Tıp Kitabevleri.
- Günay, M., Cicioğlu, İ., & Kara, E. (2006). *Egzersize metabolik ve ısı adaptasyonu*. Gazi Kitabevi.
- Günay, M., Tamer, K., & Cicioğlu, İ. (2006). *Spor fizyolojisi ve performans ölçümü*. Gazi Kitabevi.
- Güneş, U., Güney, G., & Cengiz, Ö. (2023). Türkiye’de sporda şiddet ve saldırganlık üzerine yapılan çalışmaların analizi: Bir meta-sentez çalışması. *Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (32), 592-610.
- Güneş, Z. (2015). *Antrenör ve sporcu el kitabı: Spor ve beslenme* (7. bs.). Nobel Yayın Dağıtım.
- Harvard Health Publishing. (2020). *How to boost your immune system*. Harvard Medical School. <https://www.health.harvard.edu/stayinghealthy/how-to-boost-your-immune-system> Erişim Tarihi: 10.11.2025

- Hepsert, S., Sezer, B. S., Evin, T. E., & Kılıç, Y. (2024). Farklı spor branşındaki bireylerin bazal metabolik hız ve beslenme bilgi düzeylerinin incelenmesi. *The Online Journal of Recreation and Sports*, 13(4), 410-415.
- Joyner, M. J. (1993). Physiological limiting factors and distance running: Influence of gender and age on record performances. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 21(1), 103-134.
- Kara, M., & Gökbek, H. (1994). Anaerobik eşik ve önemi. *Spor Hekimliği Dergisi*, 29, 161-175.
- Kardeş, M., & Baycar, A. (2022). Kültür, sağlık ve beslenme bağlamında kahve. In S. Batal (Ed.), *Sosyal ve beşeri bilimlerde uluslararası araştırmalar IV* (ss. 164-177). Serüven Yayınları.
- Kolukisa, Ş., & Eyipinar, C. D. (2020). *Sporcu beslenmesi ve egzersiz*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Maughan, R. J., & Burke, L. M. (2012). *Sports nutrition: More than just calories - Triggers for adaptation*. Karger Medical and Scientific Publishers.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2006). *Essentials of exercise physiology*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Moll, R., & Davis, B. (2017). Iron, vitamin B12 and folate. *Medicine*, 45(4), 198-203.
- Molloy, A. M. (2018). Should vitamin B12 status be considered in assessing risk of neural tube defects? *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1414(1), 109-125.
- Özmerdivenli, R., & Karacabey, K. (2002). Sporcularda yolculukta ve müsabakalarda sıvı alınımları ve beslenme. *Atatürk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 4(2), 28-32.
- Paker, H. S. (1996). Besinlerin Yenebilen 100 gramlarının Enerji ve Besin Öğeleri Değerleri, Sporda Beslenme. *Ankara: Gen Matbaacılık ve Reklamcılık*.
- Pehlivan, A. (2006). *Sporda beslenme*. Morpa Kültür Yayınları.
- Pepe, O., Atar, Ö., & Koç, M. (2015). Health promoting behaviours of sub-elite athletes. *Journal of Athletic Performance and Nutrition*, 2(1), 1-5.
- Plowman, S. A., & Smith, D. L. (2013). *Exercise physiology for health, fitness, and performance*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Rhoades, R., & Pflanzer, R. (1996). *Human physiology* (3rd ed.). Cengage Learning.
- Saedisomeolia, A., & Ashoori, M. (2018). Riboflavin in human health: A review. *Advances in Food and Nutrition Research*, 83, 57-81.
- Sarıtaş, N., & Koç, M. (2018). Beslenme boyutuyla kadın ve spor. In Ş. Kırbaş (Ed.), *Kadın ve spor* (pp. 211-235). Gazi Kitabevi.
- Savaş, S., & Uğraş, A. (2004). Sekiz haftalık sezon öncesi antrenman programının üniversiteli erkek boks, taekwondo ve karate sporcularının fiziksel ve fizyolojik özellikleri üzerine etkileri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24(3).
- Schwenk, G. H., & Schwenk, M. (2006). *Beslenme atlası* (G. Alav, Çev.). ODTÜ Yayıncılık.
- Sencer, E., & Orhan, Y. (2005). *Beslenme*. İstanbul Medikal Yayıncılık.
- Sevim, Y. (2007). *Antrenman bilgisi* (7. bs.). Nobel Yayın Dağıtım.
- Sezer, M. (2009). *Beslenmenin sporcular için önemi*. Derdi-Deva Yayınları.
- Soylu, Y., Turgut, M., Canikli, A., & Kargün, M. (2021). Fiziksel aktivite, duygusal yeme ve ruh hali ilişkisi: Kovid-19 ve üniversite öğrencileri. *Spor Eğitim Dergisi*, 5(2), 88-97.

- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities. *Sports Medicine*, 35(12), 1025-1044.
- Spencer, S. J., Zanna, M. P., & Fong, G. T. (2005). Establishing a causal chain. *Journal of Personality and Social Psychology*, 89(6), 845-851.
- Stevens, S. L. (2021). Fat-soluble vitamins. *Nursing Clinics of North America*, 56(1), 33-45.
- Süel, E., Şahin, İ., Karakaya, M. A., & Savucu, Y. (2006). Elit seviyedeki basketbolcuların beslenme bilgi ve alışkanlıkları. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 20(4), 271-275.
- Svedahl, K., & MacIntosh, B. R. (2003). Anaerobic threshold: The concept and methods of measurement. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28(2), 299-323.
- Svedahl, K., & MacIntosh, B. R. (2003). Anaerobic threshold: The concept and methods of measurement. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28(2), 299-323.
- Şarvan Cengiz, Ş., Örcütaş, H., Ulaş, A. G., Ateş, B. (2022). Sedanter Bireylerin Yeme Bozukluğu, Beden Algısı ile Fiziksel Aktiviteye Karşı Tutum ve Davranışlarının Belirlenmesi. *Uluslararası Güncel Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 8(1), 198-214.
- Şenel, Ö. (1995). *Aerobik ve anaerobik antrenman programlarının 13-16 yaş grubu erkek öğrencilerin bazı fizyolojik parametreleri üzerindeki etkileri* (Doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tayar, M., Haşıl-Korkmaz, N., & Özkeleş, H. E. (2011). *Beslenme ilkeleri* (1. bs.). Dora Basım Yayın.
- Tomporowski, P. D., & Pesce, C. (2019). Exercise, sports, and performance arts benefit cognition via a common process. *Psychological bulletin*, 145(9), 929.
- Toprak, M., Avcı, Y. E., & Cengiz, O. (2021). School physical education courses: A study on challenges and on restoring their functions. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 11(4), 306-315.
- Turgay, N. (2025). Kur'an'da beslenme. In M. E. Kurt (Ed.), *Tıbb-ı nebevî'de beslenme ilkeleri* (s. 54). Orient Yayınevi.
- Ulupınar, S., Özbay, S., Gençoğlu, C., Franchini, E., Kışalı, N. F., & İnce, İ. (2021). Effects of sprint distance and repetition number on energy system contributions in soccer players. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 19(3), 182-188.
- Ünsal, A. (2019). Beslenmenin önemi ve temel besin öğeleri. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2(3), 1-10.
- West, J. B. (1991). Regulation of volume and osmolality of the body fluids. In J. B. West (Ed.), *Best and Taylor's physiological basis of medical practice* (12th ed., ss. 478-485). Williams & Wilkins.
- Yel, K., Şencan, D., Güzel, S., & Erkilic, A. O. (2024). Physical activity, nutrition, and healthy living. *International Journal of Health, Exercise, and Sport Sciences (IJOSS)*, 1(3), 15-28. <https://www.ijoss.org/Archive/ijoss-Volume1-issue3-02.pdf>
- Yıldız, S. A. (2012). Aerobik ve anaerobik kapasitenin anlamı nedir? *Solunum Dergisi*, 14(1), 1-8.
- Zorba, E. (2006). *Yaşam boyu spor* (2. bs.). Nobel Yayın Dağıtım.

—◆—  
4. BÖLÜM  
—◆—

## EGZERSİZLE BİLİŞSEL FONKSİYONLARIN GÜÇLENDİRİLMESİ: NÖROBİLİM TEMELLİ YAKLAŞIMLAR

**Fatma Gözlükaya GİRGİNER<sup>1</sup>**  
**Sinan SEYHAN<sup>2</sup>**  
**Görkem AÇAR<sup>3</sup>**

**Girginer, F. G., Seyhan, S., & Açar, G. (2025).** Egzersizle bilişsel fonksiyonların güçlendirilmesi: Nörobilim temelli yaklaşımlar. **In F. Çatikkâş, T. Öktem, & Z. Çakır (Eds.), *Antrenman bilimi ve spor performansının fizyolojik temelleri* (pp. 56–66).** Duvar Yayınları.

---

<sup>1</sup> Pamukkale University, Faculty of Sports Sciences, Denizli, Türkiye

<https://orcid.org/0000-0002-0211-6512> fgirginer@pau.edu.tr

<sup>2</sup> Department of Coaching Education, Faculty of Sport Sciences, Manisa Celal Bayar University, 45040 Manisa, Turkey. [sinan.seyhan@cbu.edu.tr](mailto:sinan.seyhan@cbu.edu.tr) ORCID: 0000-0002-4979-7992

<sup>3</sup> Department of Sport Science, Institute of Graduate Education, Manisa Celal Bayar University, 45040 Manisa, Turkey. [gorkemacar2@gmail.com](mailto:gorkemacar2@gmail.com) ORCID: 0000-0002-0970-8625

## Giriş

Bilişsel fonksiyonlar, bireyin çevresine uyum sağlamasında, öğrenme süreçlerini yönetmesinde ve günlük yaşam aktivitelerini verimli biçimde sürdürebilmesinde temel rol oynayan zihinsel becerilerdir. Dikkat, bellek, yürütücü işlevler, problem çözme, karar verme ve planlama bu beceriler arasında yer almaktadır (Diamond, 2013). Modern yaşamın getirdiği stres, teknolojik bağımlılıklar ve fiziksel aktivite yoksunluğu, bu bilişsel işlevlerin erken yaşlardan itibaren zayıflamasına neden olabilmektedir (Stillman vd., 2020). Nörobilimsel araştırmalar, fiziksel aktivitenin bu süreçler üzerindeki etkilerini aydınlatmakta ve egzersizin nörolojik sistem üzerinde nasıl işlev gördüğünü ortaya koymaktadır (Ratey & Loehr, 2011).

Düzenli fiziksel aktivitenin, nörobiyolojik düzeyde yarattığı olumlu değişimler sayesinde bilişsel fonksiyonları desteklediği bilimsel olarak kanıtlanmıştır (Erickson vd., 2011; Mandolesi vd., 2018). Egzersiz; hipokampal nörojenesis, sinaptik plastisite, serebral kan akışında artış ve nörotrofik faktörlerin (özellikle BDNF) salgılanması gibi mekanizmalar yoluyla bilişsel süreçler üzerinde doğrudan etki göstermektedir (Hillman, Erickson, & Kramer, 2008). Araştırmalar, fiziksel aktivitenin özellikle prefrontal korteks ve hipokampus gibi bilişsel işlevlerde rol oynayan beyin bölgelerinde pozitif değişiklikler yarattığını göstermektedir (Hillman vd., 2008). Aerobik egzersizler, dikkat süresini uzatmakta, bilgi işleme hızını artırmakta ve hafıza kapasitesini geliştirmektedir. Ayrıca, düzenli egzersizin depresyon ve anksiyete semptomlarını azaltarak bireyin motivasyonunu ve öğrenme kapasitesini artırdığı gözlemlenmiştir (Tomprowski vd., 2008; Şakar vd., 2024). Bruijn (2017) yaptığı meta-analizde, uzun süreli fiziksel aktivite programlarının yürütücü işlevler, dikkat ve akademik performansta (matematik, okuma, yazma) pozitif etkiler yarattığını göstermiştir. Verburgh (2014) ise aerobik ve bilişsel açıdan zenginleştirilmiş egzersizlerin özellikle yürütücü işlevlerde (işleyen bellek, inhibisyon, esneklik) anlamlı gelişmeler sağladığını ortaya koymuştur.

Günümüzde fiziksel aktivitenin yalnızca kas-iskelet sistemi ve kardiyovasküler sistem üzerindeki etkileri değil, aynı zamanda merkezi sinir sistemi üzerindeki nörobiyolojik yansımaları da yoğun biçimde araştırılmaktadır. Nörobilimsel çalışmalar, düzenli egzersizin beynin hem yapısal hem de işlevsel özellikleri üzerinde anlamlı değişiklikler oluşturduğunu göstermektedir (Stillman vd., 2020). Özellikle dikkat, bellek, yürütücü işlevler ve öğrenme gibi üst düzey bilişsel süreçlerin düzenlenmesinde rol oynayan beyin bölgeleri —örneğin prefrontal korteks, anterior singulat korteks ve hipokampus— egzersize yüksek düzeyde duyarlılık göstermektedir (Kujach vd., 2021).

Bu etkilerin temelinde beynin nöroplastisite kapasitesi yer almaktadır. Nöroplastisite, çevresel ve içsel uyaranlara yanıt olarak sinir sisteminin yeniden yapılanabilme becerisini ifade eder. Araştırmalar, düzenli fiziksel aktivitenin sinaptogenez (yeni sinaps oluşumu), nörojeniz (özellikle dentat girusta yeni nöron üretimi) ve angiogenez (yeni kan damarı oluşumu) gibi hücresel düzeydeki yeniden yapılanma süreçlerini desteklediğini ortaya koymuştur (Batouli & Saba, 2020).

Özellikle hipokampus bölgesinde gözlemlenen yapısal büyüme ve artan sinaptik yoğunluk, egzersizin öğrenme ve hafıza süreçleri üzerindeki pozitif etkilerini açıklamaktadır (Kandola vd., 2020). Bu süreçlerde anahtar moleküler düzenleyici olarak öne çıkan Beyin Türevi Nörotrofik Faktör (BDNF), nöronal hayatta kalma, sinaptik plastisite ve uzun süreli potansiyasyon (LTP) gibi öğrenmeye aracılık eden mekanizmaların merkezindedir. Düzenli fiziksel egzersiz, BDNF ekspresyonunu artırarak nöronal ağların güçlenmesine ve yeni bağlantıların oluşmasına katkı sağlamaktadır (de Sousa vd., 2021).

Bununla birlikte, egzersiz sırasında artan IGF-1 (İnsülin Benzeri Büyüme Faktörü-1) ve VEGF (Vasküler Endotelyal Büyüme Faktörü) düzeyleri hem nörojeniz hem de beyin damar sağlığı açısından kritik roller üstlenmektedir. Bu moleküller, sinir hücrelerinin beslenmesini kolaylaştırmakta ve nörodejeneratif süreçlere karşı koruyucu bir etki oluşturmaktadır (Wang vd., 2021).

Fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) çalışmaları da bu biyolojik değişimleri desteklemekte; egzersiz yapan bireylerde prefrontal korteks ve hipokampus gibi bölgelerde artmış sinirsel aktivite ve daha iyi bağlantısalılık (functional connectivity) tespit edilmektedir (Voss vd., 2022). Bu veriler, fiziksel aktivitenin yalnızca yapısal değil, aynı zamanda fonksiyonel düzeyde de bilişsel sistemler üzerinde derinlemesine etkiler yarattığını ortaya koymaktadır.

Özellikle orta ve yüksek şiddette yapılan aerobik egzersizlerin yaşa bağlı bilişsel gerilemeyi yavaşlattığı, Alzheimer hastalığı gibi nörodejeneratif süreçlerin başlangıcını geciktirebileceği yönünde bulgular da artmaktadır (Zhao vd., 2022).

Özetle, düzenli fiziksel aktivite; sinir sistemi sağlığını destekleyen nörotrofik faktörlerin aktivasyonunu artırmakta, beyinde yapısal ve fonksiyonel değişimlere yol açmakta ve bilişsel performansı güçlendirmektedir. Bu etkiler hem sağlıklı bireylerde hem de çeşitli nörolojik ya da psikiyatrik sorunları olan bireylerde pozitif yönde gözlemlenmiştir.

## **1. Egzersiz Türlerine Göre Bilişsel Etkiler**

Bilişsel fonksiyonlar, bireyin çevresine uyum sağlamasını ve üst düzey zihinsel becerilerini sürdürebilmesini sağlayan dikkat, bellek, yürütücü işlevler ve karar

verme gibi süreçleri içerir. Son yıllarda yapılan nörobilim temelli araştırmalar, fiziksel aktivitenin yalnızca bedensel sağlığı değil, aynı zamanda bilişsel kapasiteyi de önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymuştur (Hillman, Erickson & Kramer, 2008). Ancak egzersizin bilişsel performans üzerindeki etkisi, egzersizin türüne, süresine, yoğunluğuna ve uygulandığı yaş grubuna göre değişkenlik gösterebilmektedir. Bu nedenle, farklı egzersiz türlerinin bilişsel işlevler üzerindeki etkilerini değerlendirmek literatür açısından önem arz etmektedir.

### **Aerobik Egzersiz ve Bilişsel Fonksiyonlar**

Aerobik egzersizler (yürüme, koşma, yüzme, bisiklet gibi) oksijen tüketimini artırarak beyin metabolizmasını iyileştirir. Birçok çalışmada, özellikle orta ve yüksek şiddette uygulanan aerobik egzersizlerin, yürütücü işlevler, dikkat, bilgi işleme hızı ve hafıza üzerinde olumlu etkiler yarattığı gösterilmiştir (Colcombe & Kramer, 2003). Aerobik egzersiz, hipokampusta nörojenezi destekler ve BDNF seviyelerini artırarak öğrenme ve hafıza süreçlerini kolaylaştırır (Erickson vd., 2011). Yaşlı bireylerde yapılan randomize kontrollü çalışmalarda, haftada en az 3 gün 30 dakika uygulanan aerobik egzersizlerin, özellikle kısa süreli bellek ve dikkat süreçlerinde belirgin gelişim sağladığı saptanmıştır. (Kramer & Erickson, 2007).

### **Direnç Antrenmanı ve Bilişsel İşlevler**

Direnç antrenmanları (ağırlık çalışmaları, izometrik egzersizler) kas kuvvetini artırmaya yönelik egzersizlerdir. Bu tür egzersizlerin bilişsel fonksiyonlara etkisi, özellikle yaşlı yetişkinler üzerinde yapılan çalışmalarla belgelenmiştir. Liu-Ambrose ve arkadaşlarının (2010) yaptığı bir çalışmada, haftada iki gün uygulanan direnç antrenmanlarının, yürütücü işlevlerde ve bilişsel esneklikte anlamlı iyileşmeler sağladığı tespit edilmiştir. Direnç egzersizleri, insülin duyarlılığını artırarak prefrontal korteksin fonksiyonlarını desteklemekte ve IGF-1 salınımını artırarak nöral büyüme faktörlerini aktive etmektedir (Cassilhas vd., 2007). Özellikle 60 yaş ve üzerindeki bireylerde uygulanan direnç egzersizlerinin, karar verme, tepki süresi ve bilişsel esneklik üzerinde olumlu etkileri olduğu gösterilmiştir.

### **Yoga, Tai Chi ve Zihin-Beden Egzersizleri**

Zihin-beden egzersizleri (yoga, tai chi, pilates gibi) hem fiziksel hem de zihinsel farkındalık temelli uygulamalardır. Bu egzersiz türleri, kortizol seviyelerini azaltarak stresle ilişkili bilişsel bozulmaları önlemekte ve dikkat ile bilişsel esneklik üzerinde pozitif etkiler göstermektedir (Gothel vd., 2013).

Randomize kontrollü bir çalışmada, haftada üç gün 60 dakikalık yoga pratiğinin, yürütücü işlevler, işleyen bellek ve dikkat üzerinde anlamlı gelişmeler sağladığı belirlenmiştir (Gothel vd., 2013). Benzer şekilde, tai chi uygulamaları yaşlı bireylerde bellek ve dikkat üzerinde olumlu etki göstermiştir (Wayne vd., 2014). Bu tür egzersizler hem hafif bilişsel bozuklukların önlenmesinde hem de stresin azaltılmasında etkili bir strateji olarak önerilmektedir.

### **Karma Egzersiz Yaklaşımları**

Son yıllarda, aerobik ve direnç egzersizlerinin birlikte uygulandığı karma antrenman modellerinin bilişsel etkileri incelenmiştir. Egzersiz türlerinin kombine edilmesiyle dikkat, bellek ve yürütücü işlevlerde sinerjik etkiler yaratılabildiği gösterilmiştir (Northey vd., 2018). Ayrıca, egzersizin sıklığı, şiddeti ve sürekliliği bu etkilerin kalıcılığını etkilemektedir.

## **2. Yaş Gruplarına Göre Değerlendirme**

Egzersizin bilişsel işlevler üzerindeki olumlu etkileri yaşa göre değişiklik göstermekte ve yaşam döngüsünün farklı dönemlerinde özgün biçimlerde kendini göstermektedir. Bu etkilerin nörobiyolojik temelleri, gelişimsel nöroplastisite, hormonal değişiklikler ve çevresel faktörlerle birlikte değerlendirilmelidir (Hillman vd., 2008). Egzersizin bilişsel performans üzerindeki etkileri, altta yatan nörobilimsel mekanizmalar ve yaş gruplarına göre farklı etkileri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir.

### **Çocukluk Dönemi**

Çocukluk dönemi, nörobilişsel gelişimin en hızlı ve en hassas şekilde gerçekleştiği yaşam evresidir. Bu kritik süreçte yapılan düzenli fiziksel aktivite, yalnızca fiziksel sağlık üzerinde değil, aynı zamanda bilişsel performans üzerinde de oldukça olumlu etkiler göstermektedir. Güncel çalışmalar, aerobik temelli egzersizlerin çocukların dikkat, yürütücü işlevler, işleme hızı ve akademik başarı gibi temel bilişsel alanlarını geliştirdiğini ortaya koymaktadır (Lubans vd., 2022). Özellikle randomize kontrollü deneysel çalışmalarda, haftada en az üç gün uygulanan orta-şiddetli aerobik egzersizlerin, çocukların işleyen bellek ve dikkat düzeylerinde anlamlı gelişmeler sağladığı; bu etkinin ön frontal korteksin nöroplastik kapasitesine dayandığı belirtilmektedir (Esteban-Cornejo vd., 2021). Ayrıca fiziksel aktivitenin, sınıf içi davranışsal kontrol, dikkat süresi ve öğrenme motivasyonu gibi okul temelli bilişsel çıktılarda da pozitif etkiler yarattığı; bu durumun çocukların akademik performanslarını doğrudan desteklediği

bildirilmektedir (Donnelly vd., 2023). Buna ek olarak, fiziksel aktivitenin bilişsel faydaları, yalnızca bilişsel görevlerdeki başarıyla sınırlı kalmamakta; aynı zamanda çocukların psikososyal uyumunu da güçlendirerek öz düzenleme becerilerinde gelişim sağlamaktadır (Vorkapic vd., 2020).

### **Ergenlik Dönemi**

Ergenlik dönemi, bireyin hem biyolojik hem de psikososyal açıdan hızlı ve köklü değişimlere maruz kaldığı kritik bir gelişim evresidir. Bu dönemde yaşanan hormonal dalgalanmalar, artan akademik beklentiler ve sosyal etkileşimlerdeki karmaşıklık, stres düzeyinde önemli bir artışa neden olabilir (Ortega vd., 2020). Bu bağlamda düzenli fiziksel aktivite, ergenler için yalnızca bedensel değil, aynı zamanda bilişsel ve duygusal sağlık açısından da koruyucu bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Güncel araştırmalar, ergenlik döneminde sürdürülen aerobik egzersizlerin prefrontal korteks aktivitesini destekleyerek yürütücü işlevler — özellikle dikkat, planlama, bilişsel esneklik ve inhibisyon— üzerinde olumlu etkiler yarattığını ortaya koymaktadır (Xue vd., 2021). Bu etkiler, öğrenme süreçlerinin verimliliğini artırmakta ve akademik başarıya doğrudan katkı sağlamaktadır. Ayrıca, egzersizle ilişkili nörotrofik faktörlerin (özellikle BDNF) artışı, çalışma belleği kapasitesinde gelişimle sonuçlanmakta; spor yapan ergenlerin dikkat ve hafıza testlerinde daha yüksek performans sergilediği gözlemlenmektedir (Ludyga vd., 2022). Özellikle haftada üç veya daha fazla gün yapılan orta-şiddetli fiziksel aktivitelerin, duygusal regülasyon üzerinde de pozitif etkiler yarattığı ve depresif semptomları azalttığı bildirilmektedir (Rodriguez-Ayllon vd., 2021).

### **Yetişkinlik Dönemi**

Yetişkinlikte egzersizin bilişsel etkileri, genellikle iş belleği, karar verme, dikkat ve bilişsel esneklik alanlarında kendini göstermektedir. Özellikle yoğun iş temposuna sahip bireylerde fiziksel aktivite, bilişsel tükenmeyi azaltmakta ve zihinsel canlılığı korumaya yardımcı olmaktadır (Guiney & Machado, 2013). Aerobik egzersizlerin yanı sıra direnç antrenmanlarının da yetişkin bireylerde prefrontal korteks fonksiyonlarını iyileştirdiği ve nörokimyasal dengeyi desteklediği bildirilmiştir (Chang vd., 2012).

### **Yaşlılık Dönemi**

Yaşlanma sürecinde bilişsel fonksiyonlarda kaçınılmaz bir azalma meydana gelmektedir. Ancak düzenli egzersiz, bu sürecin yavaşlatılmasında etkili bir araç olarak kabul edilmektedir. Meta-analiz çalışmaları, haftalık düzenli fiziksel

aktivitenin yaşlı bireylerde hem bilişsel çöküşü geciktirdiğini hem de demans ve Alzheimer riskini azalttığını ortaya koymuştur (Colcombe & Kramer, 2003). Erickson ve arkadaşlarının (2011) çalışmasında, 1 yıl boyunca uygulanan aerobik egzersiz programının 60 yaş üstü bireylerde hipokampus hacmini artırdığı ve bellekte gelişim sağladığı belirlenmiştir. Özellikle yavaş tempolu yürüyüşler ve koordinasyon odaklı grup egzersizleri, yaşlı bireylerde dikkat ve yönetsel işlevlerde kayda değer iyileşmelerin sağlandığı bildirilmiştir.

### **Klinik ve Uygulamalı Örnekler**

Nörolojik bozuklukların yönetiminde egzersiz, farmakolojik tedavilere ek olarak tamamlayıcı bir terapi biçimi olarak giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Özellikle Parkinson hastalığı gibi hareket sistemi bozukluklarında fiziksel aktiviteye dayalı müdahaleler hem motor hem de bilişsel fonksiyonların korunması ve iyileştirilmesinde etkili olmaktadır (Hirsch vd., 2016). Araştırmalar, denge ve proprioseptif temelli egzersizlerin postüral kontrolü ve yürüme stabilitesini artırdığını, böylece düşme riskini önemli ölçüde azalttığını göstermektedir (Shulman vd., 2013). Bununla birlikte, bilişsel görevlerle bütünleştirilen aerobik egzersiz programları —örneğin egzersiz sırasında problem çözme veya hafıza oyunları— yürütücü işlevler, dikkat ve karar verme süreçlerinde kayda değer gelişmeler sağlamaktadır (Cruise vd., 2011; Petzinger vd., 2013). Parkinson hastalarında uygulanan yüksek yoğunluklu kardiyovasküler antrenmanlar, dopaminerjik sistemin nöroplastisite kapasitesini artırarak hem motor öğrenmeyi hem de bilişsel esnekliği desteklemektedir (Petzinger vd., 2013). Aynı zamanda bilişsel-motor çift görev egzersizleri, hastaların günlük yaşam becerilerinde bağımsızlık düzeylerini artırarak yaşam kalitesini olumlu yönde etkilemektedir (Strouwen vd., 2015).

### **Sonuç ve Öneriler**

Egzersiz türlerinin bilişsel işlevler üzerindeki etkileri, egzersizin içeriğine ve uygulandığı birey grubuna göre farklılık göstermektedir. Aerobik egzersizler bilgi işleme ve hafıza süreçlerini iyileştirirken; direnç antrenmanları yürütücü işlevleri geliştirmekte, yoga ve benzeri uygulamalar ise dikkat ve stres yönetimi becerilerini artırmaktadır. Farklı yaş gruplarına yönelik egzersiz programlarının bilişsel gelişim hedefli tasarlanması önemlidir. Çocuklarda oyun temelli fiziksel etkinlikler, ergenlerde rekabet içermeyen sporlar, yetişkinlerde stres yönetimini destekleyen aerobik egzersizler ve yaşlılarda denge ve hafıza destekleyici yürüyüş programları önerilmektedir. Yaşam boyu sürdürülen düzenli egzersiz alışkanlıkları, sadece fiziksel değil bilişsel yaşlanmayı da yavaşlatır.

Çocuklarda yapılan araştırmalar, okul öncesi ve ilkokul döneminde uygulanan fiziksel aktivite programlarının, dikkat kontrolü, öğrenme motivasyonu ve akademik başarı üzerinde olumlu etkileri olduğunu göstermiştir (Donnelly vd., 2023). Ergenlik döneminde fiziksel aktivite, özellikle stresle başa çıkma becerileri ve bilişsel esneklik üzerinde etkilidir. Yetişkin bireylerde egzersiz, iş performansını, karar verme hızını ve kısa süreli belleği desteklemektedir. Yaşlılarda ise düzenli egzersiz, Alzheimer ve demans gibi nörodejeneratif hastalıkların ilerleyişini yavaşlatmaktadır (Colcombe & Kramer, 2003).

Egzersiz, yalnızca fiziksel sağlıkla sınırlı kalmayıp, zihinsel ve duygusal sağlık üzerinde de derin etkiler yaratmaktadır. Bilişsel fonksiyonların korunması ve geliştirilmesinde düzenli fiziksel aktivite, etkili ve erişilebilir bir strateji sunar. Eğitim kurumlarında haftalık egzersiz sürelerinin artırılması, yaşlı bireylerde bilişsel düşüşün önlenmesi için toplumsal egzersiz programlarının teşvik edilmesi ve sağlık politikalarında fiziksel aktivitenin nörobilişsel faydalarının vurgulanması gerekmektedir. Bilişsel sağlığın korunması için bireyin yaşına, sağlık durumuna ve yaşam biçimine uygun egzersiz programlarının belirlenmesi ve bu programların düzenli biçimde uygulanması önerilmektedir. Gelecekte yapılacak uzun vadeli ve karşılaştırmalı çalışmalar, bu etkilerin mekanizmalarını daha derinlemesine ortaya koyacaktır.

## Kaynakça

- Batouli, S. A. H., & Saba, V. (2020). At least eighty percent of brain grey matter is modifiable by physical activity: A review study. *Behavioural Brain Research*, 382, 112553. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2020.112553>
- Cassilhas, R. C., Viana, V. A., Grassmann, V., Santos, R. T., Santos, R. F., Tufik, S., & Mello, M. T. (2007). The impact of resistance exercise on the cognitive function of the elderly. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(8), 1401–1407. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318060111f>
- Chang, Y. K., Labban, J. D., Gapin, J. I., & Etnier, J. L. (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance: a meta-analysis. *Brain research*, 1453, 87–101. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2012.02.068>
- Colcombe, S., & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychological science*, 14(2), 125–130. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.t01-1-01430>
- Cotman, C. W., & Berchtold, N. C. (2002). Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends in neurosciences*, 25(6), 295–301. [https://doi.org/10.1016/s0166-2236\(02\)02143-4](https://doi.org/10.1016/s0166-2236(02)02143-4)
- Cruise, K. E., Bucks, R. S., Loftus, A. M., Newton, R. U., Pegoraro, R., & Thomas, M. G. (2011). Exercise and Parkinson's: benefits for cognition and quality of life. *Acta Neurologica Scandinavica*, 123(1), 13–19. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0404.2010.01338.x>
- Davis, C. L., Tomporowski, P. D., Boyle, C. A., Waller, J. L., Miller, P. H., Naglieri, J. A., & Gregoski, M. (2007). Effects of aerobic exercise on overweight children's cognitive functioning: a randomized controlled trial. *Research quarterly for exercise and sport*, 78(5), 510–519. <https://doi.org/10.1080/02701367.2007.10599450>
- de Bruijn, A. G. M., Hartman, E., Kostons, D., Visscher, C., & Bosker, R. J. (2017). Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. *Sports Medicine*, 47(9), 1789–1811. [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov)
- de Sousa, R. A. L., Medeiros, A. R., da Silva Aguiar, D., & Silva, W. A. (2021). The role of physical exercise in neuroplasticity of healthy individuals: A systematic review. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, 749947. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.749947>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Lambourne, K., Szabo-Reed, A. N., & Scudder, M. R. (2023). Physical activity, cognition, and academic achievement in children: A contemporary review. *Pediatric Exercise Science*, 35(1), 1–14. <https://doi.org/10.1123/pes.2022-0051>
- Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., ... & Kramer, A. F. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(7), 3017–3022. <https://doi.org/10.1073/pnas.1015950108>
- Esteban-Cornejo, I., Rodríguez-Ayllón, M., Verdejo-Román, J., Mora-González, J., Cadenas-Sanchez, C., Migueles, J. H., ... & Ortega, F. B. (2021). Physical fitness, white matter volume and academic performance in children: The mediating role of executive function. *Scientific Reports*, 11(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84404-3>
- Gothé, N., Pontifex, M. B., Hillman, C., & McAuley, E. (2013). The acute effects of yoga on executive function. *Journal of physical activity & health*, 10(4), 488–495. <https://doi.org/10.1123/jpah.10.4.488>
- Guiney, H., & Machado, L. (2013). Benefits of regular aerobic exercise for executive functioning in healthy populations. *Psychonomic bulletin & review*, 20(1), 73–86. <https://doi.org/10.3758/s13423-012-0345-4>
- Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: Exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(1), 58–65. <https://doi.org/10.1038/nrn2298>

- Hirsch, M. A., Iyer, S. S., & Sanjak, M. (2016). Exercise-induced neuroplasticity in human Parkinson's disease: What is the evidence telling us? *Parkinsonism & Related Disorders*, 22(Suppl 1), S78–S81. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2015.09.029>
- Kandola, A., Ashdown-Franks, G., Hendrikse, J., Sabiston, C. M., & Stubbs, B. (2020). Physical activity and depression: Towards understanding the antidepressant mechanisms of physical activity. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 107, 525–539. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.09.040>
- Kramer, A. F., & Erickson, K. I. (2007). Capitalizing on cortical plasticity: influence of physical activity on cognition and brain function. *Trends in cognitive sciences*, 11(8), 342–348. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.06.009>
- Kujach, S., Byun, K., & Hyodo, K. (2021). The effects of physical exercise on functional connectivity of the brain: A scoping review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 131, 130–147. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.09.010>
- Liu-Ambrose, T., Nagamatsu, L. S., Graf, P., Beattie, B. L., Ashe, M. C., & Handy, T. C. (2010). Resistance training and executive functions: a 12-month randomized controlled trial. *Archives of internal medicine*, 170(2), 170–178. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2009.494>
- Lubans, D. R., Davis, B., Costigan, S. A., & Barnett, L. M. (2022). The impact of physical activity programs on children's cognition and academic achievement: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 52(4), 823–842. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01561-5>
- Ludyga, S., Gerber, M., Kamijo, K., & Pühse, U. (2022). Systematic review and meta-analysis on the relation between physical activity and executive functions in adolescents. *Journal of Sport and Health Science*, 11(2), 223–232. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.10.002>
- Mandolesi, L., Polverino, A., Montuori, S., Foti, F., Ferraioli, G., Sorrentino, P., & Sorrentino, G. (2018). Effects of physical exercise on cognitive functioning and wellbeing: Biological and psychological benefits. *Frontiers in Psychology*, 9, 509. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00509>
- Northey, J. M., Cherbuin, N., Pumpa, K. L., Smee, D. J., & Rattray, B. (2018). Exercise interventions for cognitive function in adults older than 50: a systematic review with meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 52(3), 154–160. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096587>
- Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., & Sjöström, M. (2020). Physical activity, physical fitness, and overweight in adolescents: a systematic review. *International Journal of Pediatric Obesity*, 15(1), e12423. <https://doi.org/10.1111/ijpo.12423>
- Petzinger, G. M., Fisher, B. E., McEwen, S., Beeler, J. A., Walsh, J. P., & Jakowec, M. W. (2013). Exercise-enhanced neuroplasticity targeting motor and cognitive circuitry in Parkinson's disease. *The Lancet Neurology*, 12(7), 716–726. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(13\)70123-6](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(13)70123-6)
- Ratey, J. J., & Loehr, J. E. (2011). The positive impact of physical activity on cognition during adulthood: A review of underlying mechanisms, evidence and recommendations. *Reviews in the Neurosciences*, 22(2), 171–185. <https://doi.org/10.1515/RNS.2011.017>
- Rodriguez-Ayllon, M., Estévez-López, F., Esteban-Cornejo, I., Cadenas-Sanchez, C., Migueles, J. H., Molina-Garcia, P., ... & Ortega, F. B. (2021). Physical activity and mental health in adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Adolescent Health*, 68(4), 679–689. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2020.10.020>
- Shulman, L. M., Katznel, L. I., Ivey, F. M., Sorkin, J. D., Favors, K., Anderson, K. E., ... & Macko, R. F. (2013). Randomized clinical trial of 3 types of physical exercise for patients with Parkinson disease. *JAMA Neurology*, 70(2), 183–190. <https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2013.646>
- Stillman, C. M., Esteban-Cornejo, I., Brown, B., Bender, C. M., & Erickson, K. I. (2020). Effects of exercise on brain and cognition across age groups and health states. *Trends in Neurosciences*, 43(7), 533–543. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2020.04.010>

- Strouwen, C., Molenaar, E. A., Münks, L., Keus, S. H., Zijlmans, J., Vandenbergh, W., & Nieuwboer, A. (2015). Dual tasking in Parkinson's disease: should we train hazardous behavior? *Expert Review of Neurotherapeutics*, 15(9), 1031–1039. <https://doi.org/10.1586/14737175.2015.1067669>
- Şakar, M., Güzel, S., & Yel, K. (2024). Dijitalleşmenin spor ve fiziksel aktivite üzerindeki psikolojik yansımaları: Bir inceleme. In F. Çatikkâş & T. Bozkuş (Eds.), *Spor araştırmaları: Teorik ve uygulamalı yaklaşımlar* (pp. 43–65). Duvar Yayınları.
- Tomprowski, P. D., Davis, C. L., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2008). Exercise and Children's Intelligence, Cognition, and Academic Achievement. *Educational psychology review*, 20(2), 111–131. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9057-0>
- Verburgh, L., Königs, M., Scherder, E. J., & Oosterlaan, J. (2014). Physical exercise and executive functions in preadolescent children, adolescents and young adults: a meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 48(12), 973–979. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091441>
- Vorkapic, C. F., Sella, A. C., & Marchi, K. F. (2020). Effects of school-based physical activity interventions on cognitive and psychosocial functions in children: A meta-review. *Frontiers in Psychology*, 11, 584065. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.584065>
- Voss, M. W., Weng, T. B., Burzynska, A. Z., Wong, C. N., Cooke, G. E., & Gothe, N. P. (2022). Exercise and the aging brain: A multimodal neuroimaging perspective. *Brain Plasticity*, 8(1), 85–105. <https://doi.org/10.3233/BPL-220134>
- Wang, R., Holsinger, R. M. D., & Munro, M. J. (2021). IGF-1 and VEGF mediate neuroprotection and angiogenesis following exercise in aging brain. *Journal of Alzheimer's Disease*, 82(s1), S13–S26. <https://doi.org/10.3233/JAD-201401>
- Wayne, P. M., Walsh, J. N., Taylor-Piliae, R. E., Wells, R. E., Papp, K. V., Donovan, N. J., & Yeh, G. Y. (2014). Effect of tai chi on cognitive performance in older adults: systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Geriatrics Society*, 62(1), 25–39. <https://doi.org/10.1111/jgs.12611>
- Xue, Y., Yang, Y., Huang, T., Wang, H., & Wang, B. (2021). Effects of aerobic exercise on executive functions in adolescents: Evidence from neuroimaging studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 129, 129–141. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.06.003>
- Zhao, Y., Li, Z., Wang, W., & Wang, X. (2022). Physical activity and cognitive function among older adults: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Affective Disorders*, 303, 65–76. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2022.01.018>
-

— ♦ —  
5. BÖLÜM  
— ♦ —

## SPORDA PERFORMANSIN NÖROMÜSKÜLER TEMELLERİ

Alırıza Han CİVAN<sup>1</sup>

Civan, A. H. (2025). Sporda performansın nöromüsküler temelleri. In F. Çatıkkâş, T. Öktem, & Z. Çakır (Eds.), *Antrenman bilimi ve spor performansının fizyolojik temelleri* (pp. 67–88). Duvar Yayınları.

---

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Karabük Üniversitesi Hasan Doğan Spor Bilimleri Fakültesi,  
alirizahancivan@karabuk.edu.tr  
Orcid: 0000-0002-0634-3392

## 1. GİRİŞ

Spor performansı uzun yıllar boyunca kas kuvveti, dayanıklılık, hız ve çeviklik gibi temel motorik özelliklere dayalı olarak değerlendirilmiş olsa da güncel spor bilimleri performansın yalnızca bu geleneksel fiziksel kapasitelerle açıklanamayacağını ortaya koymuştur. Son yirmi yılda yapılan araştırmalar, sporcunun nöromüsküler koordinasyonu, algısal-bilişsel işleme hızı, kas tendon mekanik özellikleri ve sinir sistemi uyarılabilirliği gibi daha karmaşık süreçlerin performansın belirleyicileri arasında yer aldığını göstermektedir (Suchomel ve ark. 2016). Bu nedenle modern performans anlayışı, çok katmanlı nöromekanik modellerin geliştirilmesini gerekli kılmıştır.

Bu bağlamda reaktif çeviklik, PAPE (Post-Activation Performance Enhancement) ve kas tendon sertliği, sporcu performansını anlamada öne çıkan üç temel kavram hâline gelmiştir. Reaktif çeviklik; çevresel bir uyarıcının algılanması, uygun kararın verilmesi ve motor tepkinin hızlı bir şekilde üretilmesi sürecini kapsayan bilişsel-motor bir performans göstergesidir (Williams ve Ford 2008; Young ve Willey 2010). Bu özellik açık beceri gerektiren spor dallarında sporcunun oyun dinamiklerine ne kadar hızlı uyum sağlayabildiğini gösteren kritik bir bileşendir.

PAPE ise yüksek yoğunluklu bir aktivasyonun ardından kasın patlayıcı performansında kısa süreli artış meydana gelmesiyle karakterize edilen fizyolojik bir fenomendir. Kas sıcaklığındaki yükselme, sinir sistemi aktivitesindeki artış ve kas tendon ünitesindeki geçici mekanik değişimler, PAPE'nin etkilerini açıklayan temel mekanizmalardır (Bishop 2003; Blazevich ve Babault 2019). Literatür, PAPE protokollerinin sprint, dikey sıçrama ve yön değiştirme performanslarında %2–10 oranında akut iyileşmeler sağlayabildiğini göstermektedir (Dobbs ve ark. 2019; Bevan ve ark. 2010).

Kas tendon sertliği ise patlayıcı hareketlerde kuvvetin iletim hızını belirleyen temel mekanik bir özelliktir. Sprint sırasında yere temas süresinin 80–120 ms gibi oldukça kısa olması nedeniyle performansın önemli bir kısmı, tendonun elastik özellikleri üzerinden şekillenmektedir. Tendonun daha sert olması, kuvvet iletimini hızlandırarak ivmelenmeyi ve reaktif hareketleri olumlu yönde etkiler (Kubo ve ark. 2017; Morin ve ark. 2015). Bu kitap bölümü, reaktif çeviklik, PAPE ve kas tendon sertliğini bu bütüncül çerçevede ele alarak performansın bilimsel temellerini açıklamayı ve modern antrenman uygulamalarına yönelik kapsamlı bir perspektif sunmayı amaçlamaktadır.

### 1.1. Reaktif Çeviklik ve Karar Verme Hızı

Reaktif çeviklik (reactive agility), modern spor performansının en karmaşık ve çok boyutlu bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Geleneksel çeviklik testleri sporcuların yön değiştirme hızını değerlendirirken, reaktif çeviklik hem çevresel uyarının algılanmasını hem de bu uyarana doğrudan hareket stratejisinin seçilmesini kapsar. Bu nedenle reaktif çeviklik, yalnızca fiziksel bir kapasite değil; aynı zamanda algısal, bilişsel ve motor sistemlerin yüksek hızda eşzamanlı çalışmasını gerektiren bir performans göstergesidir (Sheppard ve Young 2006).

Spor ortamında oyuncuların yalnızca hızlı koşmaları değil, doğru zamanda, doğru yöne, doğru hareket modeliyle tepki vermeleri beklenir. Bu nedenle reaktif çeviklik, açık beceri gerektiren sporların (futbol, basketbol, hentbol, tenis, ragbi) temel başarı belirleyicilerinden biri hâline gelmiştir (Paul ve ark. 2016).

#### 1.1.1. Reaktif Çevikliğin Bilimsel Temelleri

Reaktif çeviklik, sporcularda performansı belirleyen çok boyutlu bir kapasite olarak hem algısal-bilişsel süreçleri hem de motor davranışın yürütülmesini kapsar. Bu özellik, uyarıcı tanıma, görsel tarama, rakip vücut sinyallerini okuma, hareket niyetinin tahmin edilmesi, karar verme ve uygun tepkinin seçimi gibi bilişsel süreçlerin; eksantrik kuvvet üretimi, frenleme kontrolü, yeniden hızlanma ve yön değiştirme gibi motorik süreçlerle bütünleşmesi sonucunda ortaya çıkar. Bu nedenle reaktif çeviklik tek bir performans bileşeni değildir; çoklu sistemlerin eş zamanlı işleyişini gerektiren kompleks bir yapıdır. Young ve Willey (2010), reaktif çevikliği “uyarana bağlı yön değiştirme kapasitesi” olarak tanımlarken, Sheppard ve Young (2006) tarafından yapılan çalışmalar, algısal ipuçları olmadan yapılan çeviklik testlerinin gerçek çevikliği ölçmediğini, yalnızca yön değiştirme hızını değerlendirdiğini göstermiştir.

Reaktif çeviklik performansının temel belirleyicilerinden biri, sporcunun oyunsal ortamdan aldığı görsel ve kinestetik bilgileri hızlı ve doğru şekilde işleyebilme kapasitesidir. Elit sporcuların daha etkili bilgi toplama stratejileri kullandığı bilinmektedir. Williams ve Ford’un (2008) göz hareketi analizi çalışmaları, elit sporcuların amatörlerle kıyasla daha az fakat daha anlamlı odak noktalarına yöneldiğini ve kritik ipuçlarını daha erken fark ettiğini göstermiştir. Örneğin, futbol savunmacıları rakibin basış açısı, omuz rotasyonu veya ilk adım yönü gibi pre-kontakt sinyallerini amatörlerle göre daha hızlı yorumlayabilir.

Karar verme süreci de reaktif çevikliğin merkezinde yer alır. Abernethy (1990), karar vermeyi uyarıcı tanıma, tepki seçimi ve tepki başlatma olmak üzere üç aşamada tanımlar ve bu üç sürecin toplamını reaksiyon zamanı oluşturur. Reaksiyon süresi

kısalдықça sporcunun reaktif çeviklik performansı artar. Nitekim Williams ve Ford (2008), elit sporcularda karar verme hızının amatörlere göre %20–30 daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Reaktif çevikliği etkileyen bir diğer bilişsel unsur ise öngörü (anticipation) yeteneğidir. Sporcular, rakibin kalça yönelimi, ayak basma paterni veya top kontrol açısı gibi göstergeleri analiz ederek rakibin bir sonraki hareketini tahmin edebilir ve buna göre daha hızlı hareket eder. Bu beceri, bilişsel uzmanlığın önemli bir belirleyicisi olarak değerlendirilmektedir (Voss ve ark. 2010).

Reaktif çeviklik yalnızca bilişsel süreçlerle sınırlı değildir; aynı zamanda çok hızlı bir motor yanıt üretme kapasitesine de dayanır. Motor yanıtın verimliliği ise eksantrik kuvvet, frenleme kapasitesi, uzama kısılma döngüsü (stretch-shortening cycle) (SSC) verimliliği ve kas tendon sertliği gibi fizyolojik süreçler tarafından belirlenir. Yön değiştirme sırasında sporcunun ilk olarak uyguladığı hareket frenlemedir ve bu süreç büyük ölçüde eksantrik kuvvete bağlıdır. Eksantrik kuvvet kapasitesi yüksek olan sporcular daha kısa sürede yavaşlayabilir ve bu sayede yön değiştirme fazına daha hızlı geçebilir (Chaabene ve ark. 2018).

Uzama kısılma döngüsünün verimliliği de reaktif çeviklik açısından kritik önemdedir. Yer temas süresinin 100–200 ms gibi çok kısa olduğu reaktif manevralarda, kasın bu kadar kısa sürede tam kasıma ulaşması mümkün değildir. Bu nedenle performansın önemli bir kısmı, tendonun pasif elastik özelliklerinden ve depoladığı enerjiyi geri verebilme kapasitesinden gelir. Tendon sertliği arttıkça yön değiştirme sırasında enerji kaybı azalır, motor tepki daha hızlı başlar ve mekanik verimlilik artar (Kuitunen ve ark. 2002; Kubo ve ark. 2017). Bu nedenle tendon sertliği, reaktif çevikliğin mekanik temelini oluşturan en önemli faktörlerden biri olarak kabul edilir.

Reaktif çeviklik; sprint veya klasik yön değiştirme performansı ile karıştırılmamalıdır. Sprint, T-test veya 5–0–5 gibi testler yalnızca motorik hızı ölçer ve bilişsel süreci içermez. Bu nedenle reaktif çeviklik performansını açıklayamazlar. Nitekim Gabbett ve Benton (2009), rugby oyuncularında sprint ve yön değiştirme testlerinin reaktif çeviklik performansını anlamlı düzeyde yordamadığını bildirmiştir. Benzer şekilde Young ve Willey (2010), reaktif çevikliğin motor hızdan bağımsız, ayrı bir performans bileşeni olduğunu vurgulamıştır. Bu bulgular, reaktif çevikliğin hem bilişsel hem de biomekanik süreçlerin birleştiği daha kompleks bir oluşum olduğunu ortaya koymaktadır.

Spor branşlarında reaktif çeviklik gereksinimleri farklı şekillerde ortaya çıkar. Futbolda dar alan oyunlarında savunmacının rakip hareketini okumaya yönelik tepkisi reaktif çeviklik ile doğrudan ilişkilidir ve Paul ve ark. (2016), bu becerinin müsabaka içi sprint ve yön değiştirme davranışlarını güçlü biçimde yordadığını

belirtmiştir. Basketbolda top sürücünün ani ritim değişikliklerine verilen savunma tepkisi hem bilişsel hem de mekanik hız gerektirir. Tenis ve badminton gibi raket sporlarında topun hızını, dönüşünü ve yörüngesini doğru okuyarak uygun adım stratejisinin belirlenmesi tamamen reaktif çeviklik odaklı bir süreçtir. Savaş sporlarında ise rakibin vücut sinyallerini çözümleyerek sahte hareketleri ayırt etmek ve karşı saldırıyı doğru zamanda başlatmak bilişsel çeviklik gerektirir.

Reaktif çeviklik performansını etkileyen değişkenler oldukça geniş bir yelpazeye sahiptir. Karar verme hızı, görsel tarama stratejileri, motor planlama, tendon sertliği, eksantrik kuvvet kapasitesi, yavaşlama ve ivmelenme yeteneği, zihinsel yorgunluk ve spor branşı deneyimi bu performansın temel belirleyicileri arasındadır. Williams ve Ford (2008), uzman sporcuların hem daha kısa tepki sürelerine sahip olduğunu hem de karar doğruluk oranlarının daha yüksek olduğunu ortaya koyarak reaktif çevikliğin bilişsel uzmanlıkla olan güçlü ilişkisini desteklemiştir.

## 1.2. Post-Activation Performance Enhancement (PAPE)

Post-Activation Performance Enhancement (PAPE), yüksek şiddetli bir kas aktivasyonu sonrasında sporcunun patlayıcı performansında kısa süreli gelişmeler gözlenmesini ifade eden akut bir nöromüsküler fenomendir. Geleneksel literatürde PAP (post-activation potentiation) kavramı uzun yıllar kullanılmış olsa da modern yaklaşımlar PAP ile PAPE arasına net bir ayrım koymaktadır (Blazevich ve Babault 2019). Blazevich ve Babault'a (2019) göre PAP, daha çok miyozin hafif zincir fosforilasyonu gibi moleküler mekanizmaları ifade ederken; PAPE, kas sıcaklığı, hücre içi su içeriği, sinir iletimi, kas mimarisi ve kasın mekanik özelliklerindeki akut değişimleri içeren daha geniş bir fizyolojik yelpazeyi kapsamaktadır. Bu nedenle PAPE, saha performansı üzerinde PAP'a kıyasla daha işlevsel olup antrenman ve müsabaka öncesi uygulamalarda daha uygulanabilir bir fenomen olarak değerlendirilmektedir (Blazevich ve Babault, 2019). Tillin ve Bishop (2009) ile Boullosa ve ark. (2020), PAPE'nin sprint, sıçrama, yön değiştirme, itme-çekme ve atma gibi patlayıcı eylemlerde performans artışına neden olabileceğini belirtmektedir.

### 1.2.1. PAPE'nin Fizyolojik Temelleri

PAPE'nin ortaya çıkışı, kas dokusu ve sinir sisteminin çeşitli fizyolojik tepkilerinin bir araya gelmesiyle oluşur. Blazevich ve Babault (2019), PAPE'nin temelinde kas sıcaklığındaki artış, hücre içi sıvı dağılımındaki değişimler ve sinir sistemi aktivasyonundaki yükselişin yer aldığını belirtmektedir. Yüksek yoğunluklu bir aktivasyonun ardından kas sıcaklığının yükselmesi, kasın viskozitesini azaltarak kasılma hızını artırmakta, sinir iletim hızını yükseltmekte ve aktin-miyozin

etkileşiminin daha hızlı gerçekleşmesini sağlamaktadır (Bishop 2003). Bu fizyolojik değişimler özellikle hız ve güç gerektiren hareketlerde belirgin performans artışlarıyla ilişkilidir ve kas sıcaklığının akut performansın en önemli belirleyicilerinden biri olduğu kabul edilmektedir.

PAPE'nin üçüncü önemli bileşeni sinir sistemi aktivasyonundaki artıştır. Yüksek yoğunluklu yüklenmeler motor nöronların uyarılabilirliğini artırarak daha fazla motor ünitenin devreye girmesine ve ateşleme frekansının yükselmesine yol açar. Bu durum kasın kuvvet üretim hızını artırır ve özellikle sprint, sıçrama gibi patlayıcı hareketlerde belirgin avantaj sağlar. Till ve Cooke (2009), bu nörofizyolojik değişimlerin kısa süreli performans artışının temel nedeni olduğunu vurgulamıştır. Bu üç mekanizma birlikte değerlendirildiğinde PAPE'nin yalnızca kasın değil, sinir-kas bütünlüğünün akut performans kapasitesini artıran çok yönlü bir süreç olduğu anlaşılmaktadır.

### 1.2.2. PAPE Uygulama Protokolleri

PAPE'nin ortaya çıkması için sporcunun kısa süreli ancak yüksek yoğunluklu bir fiziksel kondisyonlayıcı aktivasyon (conditioning activity; CA) uygulaması gerekir. Fiziksel kondisyon; kas dayanıklılığı, kas gücü, hız, esneklik, çeviklik, denge, reaksiyon süresi gibi parametrelerini içermektedir (Sayın ve Civan 2017). Literatürde bu etkiyi oluşturmak için en sık kullanılan yöntemlerden biri ağır yük direnç egzersizleridir. Squat, deadlift, hip thrust ve split squat gibi çok eklemlili hareketler, yüksek motor ünite aktivasyonu oluşturdukları için PAPE indüklemeye oldukça etkilidir.

Seitz ve Haff (2016), %75–90 1RM aralığında yapılan ağır yük squat uygulamasının 5–10 dakika sonrasında karşı hareket sıçrama (CMJ) performansını %3–7 oranında artırdığını bildirmiştir. Ağır yük uygulamalarının motor ünite rekrutmanını artırdığı, sinir sistemi aktivitesini yükselttiği ve kas tendon ünitesinde kısa süreli bir sertlik artışı oluşturduğu düşünülmektedir.

PAPE oluşturmak için kullanılan bir diğer yöntem izometrik kuvvet uygulamalarıdır. Maksimal voluntary isometric contraction (MVIC) olarak tanımlanan kısa süreli maksimal izometrik kasılmalar, hareketli yüke kıyasla daha düşük yorgunlukla yüksek nöromusküler uyarılabilirlik sağlar. Lum ve Barbosa (2019), 3–5 saniyelik maksimal izometrik squat uygulamasının sprint ve sıçrama performansını anlamlı düzeyde artırdığını göstermiştir. Bu nedenle izometrik CA protokolleri, özellikle yorgunluğun sınırlandırılması gereken müsabaka öncesi ısınma modellerinde tercih edilmektedir. Bu bağlamda izometrik CA protokolleri, modern ısınma yaklaşımlarının önemli bir bileşeni olarak değerlendirilmektedir.

Isınma, kasları fiziksel aktiviteye hazırlamak ve yaralanma riskini azaltmak için yapılan bir egzersiz rutini (Ağaoğlu ve ark., 2025).

Pliometrik aktivasyon yöntemleri de PAPE oluşturmak için sıkça kullanılmaktadır. Drop jump, bounds, tuck jump ve derinlik sıçramaları gibi yüksek hız içeren hareketler, kas tendon ünitesine doğrudan yük bindirerek hem elastik geri dönüşüm kapasitesini hem de hızlı kuvvet üretimini akut olarak artırır. Turner ve ark. (2015), pliometrik CA protokollerinin sprint ivmelenmesini kısa sürede geliştirdiğini bildirmiştir. Bu nedenle pliometrik PAPE uygulamaları, özellikle reaktif performans gerektiren spor dallarında oldukça etkilidir.

Balistik hareketler de PAPE protokollerinde sık kullanılan bir diğer yöntemdir. Medicine ball fırlatma, jump squat ve bench throw gibi yüksek hızda gerçekleştirilen balistik egzersizler, hem sinir sistemi aktivasyonunu yükseltir hem de hareket hızına özgü bir potansiyasyon etkisi oluşturarak sporcunun patlayıcı güç çıktılarını artırır. Wilson ve arkadaşları (2013), balistik PAPE protokollerinin dikey sıçrama performansını geliştirmede en etkili yöntemlerden biri olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle balistik CA uygulamaları, özellikle kompleks antrenman modellerinde yaygın olarak tercih edilir.

PAPE'nin etkin olabilmesi için potansiyasyonun yorgunluğun üzerinde baskın hâle gelmesi gerekir. Bu nedenle aktivasyon ile performans ölçümü arasındaki dinlenme süresi PAPE protokollerinin en kritik değişkenlerinden biridir. Seitz ve ark. (2014), optimal dinlenme süresinin sporcunun güç düzeyi ve antrenman deneyimiyle yakından ilişkili olduğunu bildirmiştir. Güçlü sporcularda potansiyasyon etkisi daha hızlı ortaya çıktığı için 4–7 dakikalık bir dinlenme süresi yeterli olurken, orta seviye sporcularda bu sürenin 7–10 dakikaya, zayıf veya deneyimsiz sporcularda ise 10–14 dakikaya kadar uzayabileceği belirtilmiştir. Dinlenme süresinin çok kısa tutulması yorgunluğun baskın hâle gelmesine ve potansiyasyonun ortaya çıkmamasına neden olurken, çok uzun bekleme süreleri potansiyasyon etkisinin ortadan kalkmasına yol açabilir. Bu nedenle sporcunun bireysel nöromekanik profili dikkate alınarak optimum dinlenme aralığının belirlenmesi PAPE uygulamalarının başarısı açısından büyük önem taşır.

### 1.2.3. PAPE'nin Performans Üzerindeki Etkileri

PAPE'nin sprint performansı üzerindeki etkileri literatürde güçlü şekilde desteklenmektedir. Bevan ve ark. (2010), profesyonel rugby oyuncularında ağır squat uygulamasının ardından sprint sürelerinde anlamlı iyileşmeler gözlemlendiğini rapor etmiştir. Sprintteki bu gelişimin temelinde sinir sistemi aktivasyonundaki artış, tendon sertliğinin kısa süreli yükselmesi ve kuvvet üretim hızının (RFD)

artması olduğu düşünülmektedir. Bu fizyolojik değişimlerin kombinasyonu, sporcunun ilk adım hızını ve ivmelenmesini belirgin şekilde etkileyebilir.

Dikey sıçrama performansı da PAPE'den anlamlı biçimde etkilenmektedir. Dobbs ve arkadaşları (2019), 26 çalışmayı kapsayan kapsamlı analizlerinde PAPE protokollerinin CMJ performansını ortalama %4,3 oranında artırdığını belirtmiştir. Bu etkinin özellikle kas-tendon ünitesinin daha verimli çalışmasına, elastik enerjinin daha hızlı geri dönüşümüne ve motor ünite aktivasyonundaki artışa bağlı olduğu tahmin edilmektedir. PAPE'nin yön değiştirme ve reaktif çeviklik üzerindeki etkileri de dikkat çekicidir. Eksantrik kuvvet kapasitesinin güçlenmesi, tendonun mekanik verimliliğinin artması ve motor tepki süresinin kısalması, sporcunun reaktif manevraları daha hızlı ve kontrollü gerçekleştirmesine katkı sağlar. Bu nedenle PAPE, reaktif çeviklik antrenmanlarına entegre edildiğinde performansı çok boyutlu biçimde destekleyebilir.

Atma, fırlatma ve vuruş gerektiren spor dallarında PAPE'nin etkisi özellikle belirgindir. Halter, beyzbol, hentbol ve tenis gibi branşlarda yapılan araştırmalar, PAPE protokollerinin top çıkış hızını, atış gücünü ve raket başı hızını artırabildiğini göstermektedir. Bu spor dallarında performans hem hızlı kuvvet üretimine hem de üst ekstremité nöromüsküler koordinasyonuna bağlı olduğundan PAPE'nin oluşturduğu akut potansiyasyon sporcunun teknik becerisini doğrudan destekleyebilir.

### 1.3. Kas Tendon Sertliği ve Performans Mekanikleri

Kas tendon ünitesi, insan hareketinin temel mekanik taşıyıcısıdır. Tendon sertliği (tendon stiffness), tendonun uygulanan belirli bir kuvvet altında ne kadar uzamaya direndiğini ifade eden mekanik bir parametredir ve özellikle sprint, sıçrama, yön değiştirme (COD) ve reaktif performans gibi yüksek hız-güç gerektiren eylemlerde belirleyici bir role sahiptir. Tendon sertliği arttıkça kas tarafından üretilen kuvvetin iskelet sistemine iletimi daha hızlı olur, böylece patlayıcı hareketlerde performans artar (Kubo ve ark. 2017; Maganaris ve Paul 2002).

Güncel literatür tendon sertliğini yalnızca bir pasif mekanik özellik olarak değil, aynı zamanda antrenmanla değişebilen, spora özgü uyumlar gösterebilen dinamik bir performans belirleyicisi olarak ele almaktadır. Tendon sertliği özellikle uzama kısalma döngü mekanizmasının verimliliğini artırarak sportif performansta üst düzey avantaj sağlar.

### 1.3.1. Kas Tendon Ünitesinin Biyomekanik Temelleri

Kas tendon ünitesi, kas tarafından üretilen kuvvetin kemik segmentine iletilmesinde kritik bir rol oynar ve bu nedenle tendonların biyomekanik özellikleri performansın temel belirleyicilerinden biridir. Tendonlar yoğun kollajen yapılarıyla kas ve kemik arasında bir köprü görevi görür ve tendon sertliği bu dokunun uzama-kuvvet ilişkisi ile tanımlanır. Sert bir tendon yüksek kuvvet altında daha az uzar ve bu sayede kas tarafından üretilen kuvveti daha kısa sürede ileterek hareketin hızını artırır (Maganaris ve Paul 2002). Sprint gibi kısa süre içinde yüksek kuvvet üretmeyi gerektiren hareketlerde kasın tamamen kasılmaya zamanı olmadığı için performansın belirleyici kısmı tendonun elastik depolama ve geri dönüşüm kapasitesinden gelir (Kuitunen ve ark. 2002). Bu nedenle tendon sertliği, kas sertliği ve kas tendon uyumu birlikte ele alındığında, kuvvet iletim hızının, verimliliğinin ve enerji kaybının ne düzeyde olacağını belirleyen üç temel mekanik parametreyi oluşturur.

### 1.3.2. Tendon Sertliğinin Sprint Performansına Etkisi

Sprint performansının hem ivmelenme hem de maksimum hız fazı tendon sertliğinden etkilenmektedir. İvmelenme aşamasında sporcunun yere uyguladığı kuvvetin büyüklüğü ve yönü kritik önem taşır. Tendon sertliği yüksek olan bireylerde kuvvet iletim süresi kısalır, zemin reaksiyon kuvveti daha hızlı üretilir ve ilk adımların ivmelenme hızı artar. Morin ve ark. (2015), sprint performansının yalnızca kas kuvvetine bağlı olmadığını; kuvvet uygulama tekniği ve tendonun mekanik özellikleriyle güçlü bir ilişki gösterdiğini vurgulamıştır. Maksimum hız fazında ise Aşıl tendonu önemli miktarda elastik enerji depolar ve bu enerji kas kasılmasına gerek kalmadan geri dönüşüm sağlayarak hem koşu ekonomisini yükseltir hem de yorgunluğu geciktirir. Kuitunen ve ark. (2002), elit sprinterlerde tendon sertliğinin daha yüksek olduğunu ve bunun maksimum hız performansının belirleyici özelliklerinden biri olduğunu göstermiştir.

### 1.3.3. Tendon Sertliğinin Sıçrama Performansına Etkisi

Sıçrama performansı, özellikle CMJ, SJ ve DJ gibi testlerde, uzama kısılma döngü verimliliğine bağlı olarak şekillenir. Tendonun sertliği arttıkça elastik enerji depolama kapasitesi yükselir ve amortizasyon fazı kısalır. Kubo ve arkadaşları (2017), Aşıl tendon sertliği ile CMJ yüksekliği arasında pozitif bir ilişki bulunduğunu bildirmiştir. Reaktif sıçrama testlerinde sert tendon yapısına sahip sporcuların yer temas sürelerinin daha kısa olduğu, bunun ise reaktif güç indeksini yükselttiği gösterilmiştir. Dolayısıyla pliometrik performansın temel mekanik

belirleyicilerinden biri tendon sertliğidir ve bu özellik elastik geri dönüşümün hızını doğrudan etkiler.

#### **1.3.4. Tendon Sertliği ve Yön Değiştirme Performansı (COD)**

Yön değiştirme performansı frenleme, yanal kuvvet üretimi ve yeniden hızlanma aşamalarının tümünü içerir ve bu aşamaların her biri yüksek mekanik yük gerektirir. Sporcu yön değiştirirken tendon, yüksek eksantrik kuvvet altında uzamaya karşı koyar, elastik enerji depolar ve yeni yöne itiş sırasında bu enerjiyi geri kazandırır. Bu nedenle tendon sertliği COD performansının kritik belirleyicilerinden biri olarak kabul edilir. Chaabene ve ark. (2018), tendon sertliği ve eksantrik kuvvetin yön değiştirme performansının en güçlü yordayıcıları olduğunu ifade etmiştir. Sert tendon yapısına sahip sporcular daha az enerji kaybeder, daha hızlı frenleyip hızlanabilir ve yön değiştirme açılarını daha etkili yönetebilir.

#### **1.3.5. Tendon Sertliğini Etkileyen Faktörler**

Tendon sertliği antrenman türünden yaşa, cinsiyetten yorgunluğa ve hormonal faktörlere kadar birçok değişkenden etkilenir. Plyometrik antrenmanların tendon sertliğini artırdığı, maksimal kuvvet antrenmanlarının tendon kalınlığını artırarak dolaylı bir sertlik artışı sağladığı ve sprint antrenmanlarının Aşil tendonunda yoğun mekanik yük oluşturduğu bilinmektedir (Kubo ve ark. 2017; Burgess ve ark. 2007). Yaş ilerledikçe tendon sertliğinin arttığı, kadınlarda tendon sertliğinin erkeklere kıyasla daha düşük olduğu ve bunun ACL yaralanma riskinde rol oynadığı belirtilmiştir. Yorgunluk tendonun geri dönüşüm kapasitesini azaltabilir (Komi 2000). Hormonal faktörler, özellikle östrojen, tendon elastikiyetini etkileyen önemli değişkenler arasındadır.

#### **1.3.6. Tendon Sertliği ve Yaralanma Riski**

Tendon sertliği ile yaralanma arasındaki ilişki iki yönlü bir yapıya sahiptir. Aşırı gevşek tendonlar enerji kaybını artırarak aşırı yüklenme yaralanmalarına ve tendinopati riskine neden olurken, aşırı sert tendonlar ise yırtık riskini artırabilir. Kalkhoven ve arkadaşları (2020), optimal tendon sertliği seviyesinin hem performansı yükselttiğini hem de yaralanma riskini azalttığını bildirmiştir. Bu bulgu, tendon sertliğinin yalnızca performans değil aynı zamanda sakatlık yönetimi açısından da kritik bir parametre olduğunu göstermektedir.

### 1.3.7. Spor Branşlarında Tendon Sertliği Gereksinimleri

Tendon sertliği farklı spor branşlarında farklı derecelerde önem kazanır. Atletizmde sprint ve sıçrama branşlarında elit sporcuların tendon sertliklerinin amatörlere göre %20–30 daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Kuitunen ve ark. 2002). Futbolda dar alan manevraları, hızlı yön değiştirmeler ve patlayıcı sprint çıkışları tendon mekanik özelliklerini doğrudan etkiler. Basketbolda smaç, blok ve rebound gibi eylemler yüksek elastik kapasite gerektirir. Voleybolda ise ardışık sıçramaların verimliliği büyük ölçüde tendonun enerji depolama ve geri dönüşüm kapasitesine bağlıdır.

### 1.4. Reaktif Çeviklik, PAPE ve Kas Tendon Sertliğinin Entegrasyonu

Modern spor performansının nöromekanik temelleri çok yönlü bir yapıya sahiptir. Reaktif çeviklik, PAPE ve kas tendon sertliği tek başına önemli performans belirleyicileri olmakla birlikte, bu üç kavramın etkileşimi performansı açıklamada çok daha kapsamlı bir çerçeve sunar. Sporcu müsabaka sırasında yalnızca hızlı koşmaktan sorumlu değildir; aynı zamanda çevresel uyarıları algılamak, bu uyarılara uygun şekilde doğru kararı vermek, kas tendon ünitesini yüksek verimlilikle kullanmak ve uygun anlarda patlayıcı kuvvet üretebilmek zorundadır. Bu nedenle fiziksel, bilişsel ve mekanik süreçlerin birbiriyle uyumlu biçimde çalışması sportif başarı için kritik faktördür (Suchomel ve ark. 2016).

#### 1.4.1. Teorik Çerçeve: Performansın Çoklu Sistem Modeli

Spor performansı, algısal-bilişsel, nöromüsküler ve mekanik alt sistemlerin eş zamanlı etkileşimiyle ortaya çıkar. Algısal-bilişsel sistem; uyarıcı tanıma, görsel tarama, karar verme ve uygun tepkinin seçilmesi gibi süreçleri içerir ve bu yönüyle reaktif çeviklik performansının temelini oluşturur (Young ve Willey 2010). Nöromüsküler sistem, motor ünite aktivasyonu, ateşleme frekansı, kas sıcaklığındaki artış ve kas içi sıvı değişimleri gibi süreçlerle PAPE fenomenini oluşturur (Bishop 2003). Mekanik sistem ise tendon sertliğini, kuvvet iletim hızını, elastik enerji depolama kapasitesini ve yere temas süresini kapsar (Kubo ve ark. 2017; Kuitunen ve ark. 2002). Bu üç alt sistem birlikte çalıştığında patlayıcı performans, reaktif eylemler ve hızlı yön değiştirmeler daha etkin şekilde ortaya çıkmaktadır.

Antrenman planlamasında bu bütünlük yaklaşım giderek daha fazla kullanılmaktadır. Algısal beceri eğitimi, reaktif çeviklik drilleri, ağır ve izometrik temelli PAPE uygulamaları ve tendonu hedefleyen plyometrik yüklenmeler çok boyutlu performans gelişimi sağlar (Chaabene ve ark. 2018; Turner ve ark. 2015).

### 1.4.2. Reaktif Çeviklik ile PAPE Arasındaki Nörofizyolojik Etkileşim

PAPE, sporcuya nöromüsküler anlamda akut bir avantaj sağlayarak reaktif çevikliği çeşitli biçimlerde destekler. PAPE sonrasında motor korteksin aktivasyon eşiği düşer ve daha fazla motor ünite daha hızlı devreye girer; bu durum ilk adım tepki süresini kısaltır, yön değiştirme sırasında kas kasılma hızını artırır ve eksantrik–konsantrik geçişleri daha verimli hâle getirir (Till ve Cooke 2009). Kas sıcaklığındaki artış ve sinirsel iletkenlikteki iyileşme, reaktif yanıt hızını destekler ve bu etki özellikle uyaranlı testlerde, örneğin Reactive Agility Test (RAT) gibi protokollerde daha belirgin olarak gözlemlenir. Nöromüsküler sistemin daha hızlı çalışması sporcunun motor tepkiyi üretmesi için gereken süreyi kısaltırken, karar verme sürecine de dolaylı bir avantaj sağlar; sporcu daha kısa sürede uyarıyı seçimi yapabilir, motor yanıt süresi kısalır ve hareket stratejisini daha etkili şekilde uygulayabilir. Paul ve ark. (2016), reaktif çevikliğin fiziksel ve bilişsel süreçlerin bütünleşmesinden oluştuğunu belirtmiş; PAPE bu bütünleşmeyi motor hız yönünden güçlendiren bir faktör olarak değerlendirilmiştir.

### 1.4.3. PAPE ve Tendon Sertliği İlişkisi

PAPE sadece sinirsel bir fenomen değil, aynı zamanda kas tendon ünitesinin mekanik özelliklerini kısa süreli olarak optimize eden çok yönlü bir süreçtir. Kas sıcaklığındaki artışın tendon elastikiyetini artırması, SSC verimliliğini iyileştirmesi, reaktif sıçrama performansını desteklemesi ve ivmelenme kapasitesini artırması bu ilişkinin önemli bileşenlerindendir. Yüksek şiddetteki kondisyonlayıcı aktivasyon sonrasında tendon, daha sert bir mekanik yapı kazanarak kuvvet iletim hızını artırır (Kubo ve ark. 2017). Bu durum, yüksek tendon sertliği ile artmış motor ünite aktivasyonunun birleşmesi sonucu kuvvet üretim hızında (rate of force development; RFD) anlamlı artışlar ortaya çıkmasına katkı sağlar. Morin ve ark. (2015), sprint performansının belirlenmesinde kuvvet yönlendirme tekniği ile tendonun mekanik özelliklerinin birlikte kritik rol oynadığını vurgulamış ve PAPE'nin, tendon sertliğinin sağladığı mekanik avantajı tamamlayıcı bir faktör olduğunu ortaya koymuştur.

### 1.4.4. Reaktif Çeviklik ve Tendon Sertliği Etkileşimi

Reaktif çeviklik, bilişsel süreçlerin yanı sıra mekanik sistemin etkinliğine de dayanır ve tendon sertliği bu mekanik yapının merkezinde yer alır. Yön değiştirme performansı; frenleme, vücut açısının yeniden düzenlenmesi ve yeni yöne ivmelenme gibi ardışık aşamalardan oluşur. Sporcu frenleme aşamasında eksantrik kuvvet üretirken, tendon yüksek yüke rağmen uzamaya karşı koyar ve bu sırada

elastik enerji depolar. Ardından bu enerji yeni yöne itiş sırasında geri kazandırılarak daha hızlı ivmelenme sağlanır. Sert tendon, frenleme sırasında enerji kaybını azaltır, amortizasyon fazını kısaltır ve ivmelenme fazında elastik enerjinin daha hızlı iletilmesine katkıda bulunur. Bu nedenle reaktif çeviklik performansı tendon sertliği ile doğrudan ilişkilidir (Chaabene ve ark. 2018). Reaktif manevralarda yer temas süresi yaklaşık 100–150 ms aralığındadır ve bu kadar kısa bir sürede kasın tam kasıma ulaşması mümkün olmadığından performans büyük ölçüde tendonun elastik enerji depolama kapasitesi, sertlik düzeyi ve SSC verimliliği tarafından belirlenir. Bu mekanik hız, reaktif çevikliği destekleyen temel unsurlardan biridir.

### 1.5. Reaktif Çeviklik ile İlgili Yapılan Bilimsel Çalışmalar

Reaktif çeviklik üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde farklı spor branşlarında bu performans bileşenini etkileyen çok sayıda fiziksel, bilişsel ve nöromekanik değişken olduğu görülmektedir. Örneğin Ocak (2023), futbolcularda reaktif çeviklik performansı ile hızlı yön değiştirme performansını karşılaştırmış ve reaktif çeviklik süresinin yön değiştirme süresine kıyasla anlamlı derecede daha uzun olduğunu bildirmiştir. Araştırmada iki değişken arasında güçlü bir ilişki bulunmasına rağmen performans yapılarına ilişkin farklılığın sürdüğü vurgulanmış ve futbolcular için antrenmanlarda reaktif çevikliği öncelik verilmesi önerilmiştir.

Bir diğer çalışmada Kocahan ve ark. (2022), karate sporcularında kor dayanıklılığının reaktif çeviklik üzerindeki etkilerini incelemiş ve özellikle sağ ve sol yan plank dayanıklılığı arttıkça reaktif çevikliğin geliştiğini göstermiştir. Bu bulgu, kor kaslarının dayanıklılığının sporcu çevikliği açısından önemli bir belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır.

Tortu ve ark. (2022) yaptıkları çalışmada, farklı branşlardan kadın ve erkek sporcularda anaerobik performans ile reaktif çeviklik arasındaki ilişkiyi değerlendirmiştir. Araştırma, yüksek anaerobik güce sahip sporcuların daha iyi reaktif çeviklik sergilediğini ortaya koymuş; özellikle erkek sporcularda anaerobik performansın reaktif çevikliği önemli ölçüde açıkladığı belirtilmiştir.

Özpınar ve Yıldız (2024), bireysel, takım ve raket sporlarında reaktif çeviklik ve planlı yön değiştirme becerilerini karşılaştırmış ve futbol ile basketbol branşlarında reaktif çevikliğin dövüş sporlarına kıyasla daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Araştırma sonunda planlı yön değiştirme becerisinin tüm gruplarda daha kısa sürede tamamlandığı, ancak reaktif çevikliğin spor türüne göre anlamlı değişkenlik gösterdiği ifade edilmiştir.

Horička ve ark. (2020)'nın yaptıkları çalışmada, ergenlerde reaktif çeviklik, bilişsel beceriler ve zekâ arasındaki ilişkiyi ele almış ve reaktif çevikliğin yalnızca zekâ ile anlamlı düzeyde ilişkili olduğunu; bilişsel becerilerle anlamlı bir bağlantı

göstermediğini raporlamıştır. Bu bulgu, spor yapmayan ergenlerde motor tepki hızının bilişsel test performansına doğrudan yansımayaabileceğini düşündürmektedir.

Hassan ve ark. (2022) tarafından gerçekleştirilen araştırmada ise FITLIGHT sistemi ile yapılan reaktif çeviklik çalışmalarının genç basketbolcularda görsel reaksiyon zamanı, çeviklik ve top sürme becerisi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda reaktif çeviklikte, görsel reaksiyon süresinde ve top sürme becerisinde anlamlı gelişmeler gözlemlenmiş ve teknolojik tabanlı reaktif çeviklik antrenmanlarının hem fiziksel hem bilişsel hem de teknik performansı artırabileceği ifade edilmiştir. Ayrıca büyük veri ve makine öğrenimi yöntemlerinin performans analizi, bireysel antrenman planlaması ve yaralanma riskinin öngörülmesinde önemli bir potansiyel taşıdığı bildirilmektedir (Doğan ve ark. 2023).

Son olarak Popowczak ve ark. (2021), profesyonel kadın basketbol ve hentbol oyuncularında reaktif çeviklik, değişen yön hızı ve reaksiyon süresi arasındaki ilişkileri değerlendirmiştir. Hentbol oyuncularının reaktif çeviklik ve yön değiştirme performanslarında daha başarılı olduğu, ayrıca antropometrik değişkenler kontrol edildiğinde reaktif çeviklik ile planlı yön değiştirme arasındaki ilişkinin daha da güçlendiği belirlenmiştir. Bu çalışma, reaktif çeviklik performansında algısal süreçlerin ve reaksiyon süresinin kritik bir rol oynadığını göstermektedir.

### 1.6. PAPE ile İlgili Yapılan Bilimsel Çalışmalar

PAPE üzerine yapılan güncel araştırmalar, yüksek şiddetli aktivitelerin özellikle sıçrama, sprint ve üst ekstremité güç çıktıları üzerinde kısa süreli performans artışları oluşturabildiğini göstermektedir. Bu kapsamda Kasicki ve ark. (2024), dikey sıçrama performansı üzerine odaklanan sistematik derlemelerinde literatürde yer alan sekiz çalışmayı analiz etmiş ve PAPE protokollerinin ortalama %4,03 oranında sıçrama yüksekliği artışı sağladığını bildirmiştir. Araştırmaya göre PAPE etkisinin büyüklüğü kullanılan aktivitenin türüne, aktivasyon sonrası bekleme süresine ve sporcuların bireysel nörofizyolojik özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Bu nedenle, PAPE uygulamalarında sporcuya özgü bireyselleştirilmiş planlamaların önem kazandığı vurgulanmıştır.

Benzer şekilde Finlay ve ark. (2022), üst ekstremité odaklı PAPE çalışmalarını sistematik bir derleme ve meta-analiz kapsamında incelemiştir. Bulgular, özellikle %80 ve üzeri yüklerle uygulanan bench press varyasyonlarının 8–12 dakikalık toparlanma süresi sonrasında balistik bench atışlarında anlamlı güç artışları sağladığını ortaya koymuştur. Ayrıca spor-özgü ağır implement fırlatmalarının atış mesafesini %1,7–8,5 oranında geliştirdiği, hafif implementlerle yapılan salınım hareketlerinin ise vuruş hızını %1,3–4,9 oranında artırdığı belirtilmiştir. Bu sonuçlar,

üst ekstremiteye yönelik PAPE protokollerinin hem güç üretimi hem de teknik performans üzerinde etkili olabileceğini göstermektedir.

PAPE'nin kavramsal temelini ele alan bir diğer çalışmada Aytaç ve İşler (2025), fenomenin fizyolojik mekanizmalarını ayrıntılı biçimde açıklamıştır. Araştırmacılar, PAPE'nin post-activation potentiation'dan farklı olarak daha kapsamlı nöromekanik süreçleri içerdiğini; kas sıcaklığının yükselmesi, sinirsel aktivasyon düzeyindeki artış, metabolik değişimler ve intramüsküler sıvı dinamiklerinin performans artışına katkı sağladığını ifade etmiştir. Çalışma, PAPE yanıtının bireyin antrenman geçmişi, genetik özellikleri ve uygulama parametrelerine göre önemli ölçüde değişebileceğini belirtmiş ve uygulamaların mutlaka kişiye özgü planlanması gerektiğini vurgulamıştır.

Zhao ve ark. (2025) tarafından gerçekleştirilen meta-analiz ise PAPE oluşturmak amacıyla kullanılan iki yöntemi karşılaştırmıştır: kan akışı kısıtlayıcı direnç antrenmanı (BFR-RT) ve yüksek yük direnç antrenmanı (HL-RT). Bulgular, her iki yöntemin de sıçrama yüksekliği ve güç çıktıları anlamlı biçimde artırdığını, ancak sonuçlar arasında belirgin bir fark bulunmadığını göstermiştir. Bunun yanında, alt grup analizleri kadın sporcularda BFR-RT'nin daha etkili olduğunu, en yüksek performans kazanımının ise %50 arteriyel oklüzyon basıncı ile %30 1RM yüklemesinin birleştiği protokolle elde edildiğini ortaya koymuştur. Araştırma, BFR-RT'nin PAPE için HL-RT'ye etkili bir alternatif olabileceğini göstermektedir.

Flywheel antrenmanı bağlamında yapılan çalışmalardan biri olan Fu ve ark. (2023), farklı atalet yüklerinin PAPE üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışma, özellikle orta ve yüksek atalet koşullarında dikey sıçrama performansının 4. dakikada en üst düzeye ulaştığını ve etkinin 8–12 dakika içinde zayıfladığını bildirmiştir. Sprint performansında ise yalnızca orta yük koşulunda anlamlı PAPE etkisi görülmüştür. Araştırma, flywheel antrenmanında yük seçiminin hem performans artışının büyüklüğünü hem de etkilerin ortaya çıkış zamanını belirleyen kritik bir faktör olduğunu göstermektedir.

Flywheel tabanlı bir diğer çalışmada Maroto-Izquierdo ve ark. (2020), yüksek şiddetli tek setlik flywheel yarım squat uygulamasının CMJ performansını 4 ile 20 dakika arasında anlamlı olarak artırdığını rapor etmiştir. Bu iyileşmeler yalnızca sıçrama yüksekliğinde değil, konsantrik tepe kuvveti ve tepe hızında da gözlenmiştir. Çalışma, eksantrik yüklenmenin PAPE mekanizmasında önemli bir rol oynadığını açıkça ortaya koymaktadır.

Masel ve Maciejczyk (2022), elit voleybolcularda trap bar deadlift ile uygulanan PAPE protokolünün squat jump ve countermovement jump performansı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Grup düzeyinde anlamlı artışlar olmasa da, bireysel yanıtların oldukça farklılık gösterdiği görülmüştür. Araştırmacılar, PAPE yanıtının kasılma tipi

benzerliğiyle ilişkili olabileceğini ve aktivite ile patlayıcı performans testi arasındaki benzerliğin bireysel tepkiyi güçlendirebileceğini belirtmiştir.

### 1.7. Kas Tendon Sertliği ile İlgili Yapılan Bilimsel Çalışmalar

Kas ve tendon sertliği, hem performans kapasitesinin belirlenmesinde hem de farklı yaş grupları ve spor branşlarında görülen yapısal adaptasyonların anlaşılmasında önemli bir parametre olarak değerlendirilmektedir. Bu kapsamda yürütülen ilk çalışmalardan biri olan Taş ve Ünlüer (2020), sağlıklı genç erkeklerde diz çevresindeki kas ve tendon sertliği ile diz ekstansiyon kuvveti ve enduransı arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Ultrasonografik elastografi ile yapılan ölçümler, rektus femoris, vastus medialis oblikus, kuadriseps ve patellar tendon sertliği ile farklı açısızlı hızlardaki diz ekstansiyon kuvveti ve enduransı arasında anlamlı bir ilişki bulunmadığını göstermiştir. Ayrıca patellar tendonun kuadriseps tendonuna göre daha sert olduğu, vastus medialis oblikusun ise rektus femoris kasına kıyasla daha yüksek sertlik değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, kas-tendon sertliğinin tek başına kuvvet ve endurans performansını yordamadığını; ancak bölgesel sertlik farklılıklarının yapısal özelliklerden kaynaklanabileceğini göstermektedir.

Benzer şekilde Usgu ve ark. (2020), elit koşucular ile futbolcularda Aşıl tendonunun viskoelastik özelliklerini karşılaştırmış ve futbolcuların tendon sertliğinin koşuculara göre daha yüksek, esnekliğinin ise daha düşük olduğunu bildirmiştir. Bu farklılık, uzun süreli branaşa özgü antrenman uyarılarının tendon dokusunda belirgin yapısal adaptasyonlar oluşturduğunu göstermektedir. Ayrıca gruplar arasında ayak basınç dağılımının farklılık gösterdiği tespit edilmiş; ancak tendon mekanik özellikleri ile plantar basınç arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Bu durum Aşıl tendonunun mekanik özelliklerinin ayak yük aktarımından bağımsız olarak antrenman türüne göre şekillendiğini düşündürmektedir.

Denge, vücudun destek tabanındaki ağırlık merkezini koruma süreci olarak tanımlanmaktadır (Civan ve ark., 2025). Bu bütüncül yapı içerisinde kas–tendon kompleksinin mekanik ve nöromüsküler özellikleri, denge kontrolünün sürdürülmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu durumu destekler nitelikte, kas–tendon yapısının yaşla ilişkisini inceleyen Çekok ve Gökşen (2024), yaşlı bireylerde alt ekstremitelerde kas ve tendon morfolojisinin fonksiyonel performans ve denge üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Bulgular, özellikle gastroknemius kası ile Aşıl tendonunun esnekliğinin denge performansı ile ilişkili olduğunu; tibialis anterior kası ve Aşıl tendon tonusunun ise dengeyi anlamlı düzeyde etkilediğini

göstermiştir. Araştırmacılar, yaşlanma ile birlikte proksimal kas zayıflığının distaldeki kas ve tendon mekanizmalarıyla telafi edilebildiğini belirterek ayak bileği stratejilerinin denge kontrolündeki önemine dikkat çekmiştir. Bu sonuçlar, tendon ve kas mekanik özelliklerindeki yaşa bağlı değişimlerin günlük yaşam aktiviteleri ve fonksiyonel hareket kapasitesi üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir.

Performans bağlamında kas-tendon sertliğini ele alan bir diğer araştırma Aktaş (2023) tarafından yürütülmüş; elit kayak sporcularında bacak sertliği ile reaktif kuvvet indeksi arasındaki ilişkiler branşlara göre incelenmiştir. Alp disiplini sporcularında sertlik–performans ilişkisi oldukça yüksek bulunurken ( $r=0,801$ ), snowboard sporcularında orta düzeyde pozitif ilişkiler gözlenmiştir. Buna karşın biathlon ve kayaklı koşu gibi branşlarda ilişkiler zayıf veya negatif yönde ortaya çıkmıştır. Bu farklılaşma, kas ve tendon sertliğinin performansa katkısının branşın teknik gerekliliklerine ve hareket özelliklerine bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir.

Kas-tendon sertliği üzerine odaklanan en kapsamlı çalışmalardan biri Ramírez-delaCruz ve ark. (2022) tarafından yürütülen sistematik derleme ve meta-analizdir. Pliometrik antrenmanların kas mimarisi, tendon yapısı, sertlik ve performans üzerindeki etkilerini değerlendiren bu analiz, pliometrik antrenmanın kas kalınlığı ve fasikül uzunluğunda orta düzeyde, pennasyon açısında ise düşük düzeyde adaptasyon yarattığını ortaya koymuştur. Ayrıca tendon sertliği anlamlı şekilde artmış; sıçrama ve kuvvet performansında da belirgin gelişmeler kaydedilmiştir. Bu bulgular, pliometrik antrenmanın hem kas hem tendon dokusunda güçlü nöromekanik adaptasyonlar oluşturabileceğini göstermektedir.

Kas ve tendon adaptasyonlarının yüklenme türüne göre nasıl şekillendiğini inceleyen Quinlan ve ark. (2021), genç ve yaşlı erkeklerde sekiz haftalık eksantrik ve konsantrik direnç antrenmanlarını karşılaştırmıştır. Çalışma, her iki yüklenme türünün de tendon Young modülüsünde artış sağladığını; ancak adaptasyon hızının yaşlı bireylerde daha yavaş olduğunu göstermiştir. Eksantrik yüklenme fasikül uzunluğunda daha büyük artışlar sağlarken, konsantrik yüklenme pennasyon açısındaki artışlarla ilişkilendirilmiştir. Araştırmacılar, kas ve tendon adaptasyonlarının birbirini tamamlayıcı şekilde geliştiğini ve kas-tendon ünitesinin fonksiyonel bütünlüğünün bu uyum sayesinde korunduğunu vurgulamıştır.

Sonuç olarak reaktif çeviklik, PAPE ve kas tendon sertliği birbirini tamamlayan bilişsel, nörofizyolojik ve mekanik süreçleri temsil eder. Reaktif çeviklik, spor ortamındaki değişken uyarıcıları doğru şekilde algılama, karar verme ve kısa sürede motor tepkiye dönüştürme kapasitesidir (Young ve Willey 2010). Özellikle futbol, basketbol, tenis ve savaş sporları gibi açık beceri gerektiren branşlarda bu özellik hem teknik beceriyi hem de oyun zekâsını belirleyen kritik bir performans

göstergesidir. PAPE ise kas sıcaklığındaki artış, motor ünite aktivasyonundaki yükselme ve hücre içi sıvı değişimleri gibi fizyolojik mekanizmalar yoluyla akut performans artışı sağlayan bir olgudur (Bishop 2003). Sprint, sıçrama ve yön değiştirme gibi yüksek yoğunluklu hareketlerde PAPE'nin kısa süreli ancak belirgin performans artışları yarattığı gösterilmiştir (Bevan ve ark. 2010; Dobbs ve ark. 2019). Kas tendon sertliği patlayıcı performansın mekanik temelini oluşturur. Tendon sertliği arttıkça kuvvet iletim hızı yükselir, enerji kaybı azalır ve SSC verimliliği artar; bu da sprint, sıçrama ve yön değiştirme performansını doğrudan etkiler (Kubo ve ark. 2017; Kuitunen ve ark. 2002). Tendonun bu mekanik rolü aynı zamanda reaktif çeviklik performansını da destekler; çünkü frenleme–yön değiştirme–ivmelenme döngüsünün tamamı tendonun mekanik tepkisine bağlıdır. Bu nedenle modern performans anlayışı, bu üç kavramı tek bir nöromekanik model içinde birleştirmeyi gerektirir. Gelecek araştırmaların bu ilişkileri daha ayrıntılı inceleyerek antrenman programlarını kişiselleştirmesi ve uygulamaya daha güçlü bilimsel temeller sunması beklenmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abernethy, B. (1990). Expertise, visual search, and information pick-up in squash. *Perception*, 19(1), 63–77.
- Ağaoğlu, C., Kızılet, T., Civan, A. H., Şahin, M., Uzun, M. E., Köktaş, E., & Akalan, C. (2025). *Investigation of the effect of different warm-up exercises on some physical fitness parameters in football players. Cuestiones de Fisioterapia*, 54(2), 3155–3167.
- Aktaş, B. S. (2023). Kayak branşı sporcularında bacak sertliği ve reaktif kuvvet indeksi farklılıklarının incelenmesi. *Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi*, 14(3), 391–400.
- Aytaç, T., & İşler, A. K. (2025). Beyond the warm-up: Understanding the post-activation performance enhancement. *Spor Hekimliği Dergisi*, 60(3), 114–121.
- Bevan, H., Cunningham, D., Tooley, E., Owen, N., Cook, C., & Kilduff, L. (2010). Influence of postactivation potentiation on sprinting performance in professional rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 701–705.
- Bishop, D. (2003). Warm up II: Performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Medicine*, 33(7), 483–498.
- Blazevich, A. J., & Babault, N. (2019). Post-activation potentiation versus post-activation performance enhancement in humans: Historical perspective, underlying mechanisms, and current issues. *Frontiers in Physiology*, 10, 1359.
- Burgess, K. E., Graham-Smith, P., & Pearson, S. J. (2007). Effect of acute tensile loading on muscular stiffness. *Journal of Applied Physiology*, 102(4), 1614–1621.
- Chaabene, H., Prieske, O., Negra, Y., & Granacher, U. (2018). Change-of-direction speed: Toward a strength training approach. *Sports Medicine*, 48(8), 1771–1791.
- Civan, A. H., Uzun, M. E., Bezci, Ş., Yayvan, E., Şahin, M., Köktaş, E., & Doğan, İ. (2025). Taekwondo Sporcularının Esneklik Dikey Sıçrama ve Denge Performanslarının İncelenmesi. *Mediterranean Journal of Sport Science*, 8(3), 465–477.
- Çekok, F. K., & Gökşen, A. (2024). Yaşlı bireylerin kas tendon morfolojisinin fiziksel performans ve denge üzerine etkisi. *Hacettepe University Faculty of Health Sciences Journal*, 11(2), 477–490.
- Dobbs, W. C., Toluoso, D. V., Fedewa, M. V., & Esco, M. R. (2019). Effect of postactivation potentiation on vertical jump performance: A systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(7), 2009–2018.
- Doğan, P. K., Doğan, İ., & Çetinkayalı, G. (2023). Spor bilimleri öğrencilerinin yapay zekâya yönelik tutumları ile iş bulma kaygıları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Yalova Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 2(3), 174–189.
- Finlay, M. J., Bridge, C. A., Greig, M., & Page, R. M. (2022). Upper-body post-activation performance enhancement for athletic performance: A systematic review with meta-analysis and future recommendations. *Sports Medicine*, 52(4), 847–871.

- Fu, K., Chen, L., Poon, E. T. C., Wang, R., Li, Q., Liu, H., & Ho, I. M. K. (2023). Post-activation performance enhancement of flywheel training on lower limb explosive power performance. *Frontiers in Physiology*, 14, 1217045.
- Gabbett, T. J., & Benton, D. (2009). Reactive agility of rugby league players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 212–214.
- Hassan, A. K., Alhumaid, M. M., & Hamad, B. E. (2022). The effect of reactive agility exercises with the FITLIGHT training system on visual reaction time and dribbling skill of basketball players. *Sports*, 10(11), 176.
- Horička, P., Šimonek, J., & Paška, E. (2020). Relationship between reactive agility, cognitive abilities, and intelligence in adolescents. *Journal of Physical Education and Sport*, 20, 2263–2268.
- Kalkhoven, J. T., Watsford, M. L., & Impellizzeri, F. M. (2020). A conceptual model and detailed framework for stress-related, strain-related, and overuse athletic injury. *Sports Medicine*, 50, 2147–2165.
- Kasicki, K., Rydzik, Ł., Ambroży, T., Spieszny, M., & Koteja, P. (2024). The impact of post-activation performance enhancement protocols on vertical jumps: Systematic review. *Applied Sciences*, 14(21), 9664.
- Kocahan, T., Güraslan, H., Rengül, B. F., Kabak, B., Akinoğlu, B., & Hasanoğlu, A. (2022). Karate sporcularında kor dayanıklılığı ile reaktif çeviklik arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, 14(2).
- Komi, P. V. (2000). Stretch-shortening cycle: A powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of Biomechanics*, 33(10), 1197–1206.
- Kubo, K., Ishigaki, T., & Ikebukuro, T. (2017). Effects of plyometric and isometric training on muscle and tendon stiffness in vivo. *Physiological Reports*, 5(15), e13374.
- Kuitunen, S., Komi, P. V., & Kyröläinen, H. (2002). Knee and ankle joint stiffness in sprint running. *Journal of Biomechanics*, 35(2), 150–156.
- Lum, D., & Barbosa, T. M. (2019). Effects of isometric strength training on strength and dynamic performance. *International Journal of Sports Medicine*, 40(6), 363–375.
- Maganaris, C. N., & Paul, J. P. (2002). Tensile properties of the in vivo human gastrocnemius tendon. *Journal of Biomechanics*, 35(12), 1639–1646.
- Maroto-Izquierdo, S., Bautista, I., & Rivera, F. (2020). Post-activation performance enhancement after high-intensity flywheel resistance training. *Biology of Sport*, 37(4), 343–350.
- Masel, S., & Maciejczyk, M. (2022). Effects of post-activation performance enhancement on jump performance in elite volleyball players. *Applied Sciences*, 12(18), 9054.
- Morin, J. B., Samozino, P., Edouard, P., & Tomazin, K. (2015). Technical ability of force application as a determinant factor of sprint performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47(4), 683–691.

- Ocak, Y. (2023). Futbolcularda reaktif çeviklik ve hızlı yön değiştirme becerilerinin karşılaştırılması. *Kilis 7 Aralık Üniversitesi BESB Dergisi*, 7(2), 230–240.
- Özpunar, R., & Yıldız, M. (2024). Bireysel sporlar, raket ve takım sporlarında reaktif çeviklik ve planlı yön değiştirme becerilerinin karşılaştırılması. *CBÜ BESB Dergisi*, 19(2), 130–141.
- Paul, D. J., Gabbett, T. J., & Nassis, G. P. (2016). Agility in team sports: Testing, training and factors affecting performance. *Sports Medicine*, 46(3), 421–442.
- Popowczak, M., Cichy, I., Rokita, A., & Domaradzki, J. (2021). The relationship between reactive agility and change of direction speed in professional female basketball and handball players. *Frontiers in Psychology*, 12, 708771.
- Quinlan, J. I., Franchi, M. V., Gharahdaghi, N., Badiali, F., Francis, S., Hale, A., ... & Narici, M. V. (2021). Muscle and tendon adaptations to eccentric vs. concentric resistance exercise in young and older males. *GeroScience*, 43(4), 1567–1584.
- Ramírez-de la Cruz, M., Bravo-Sánchez, A., Esteban-García, P., Jiménez, F., & Abián-Vicén, J. (2022). Effects of plyometric training on muscle architecture, tendon structure, stiffness and physical performance: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine–Open*, 8(1), 40.
- Sayın, N., & Civan, A. (2017). *Relationship between physical activity levels and physical fitness of young individuals aged 15–17. Turkish Journal of Sport and Exercise*, 19(2), 234–240.
- Seitz, L. B., & Haff, G. G. (2016). Factors modulating postactivation potentiation: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 46(2), 231–240.
- Seitz, L. B., Mina, M. A., & Haff, G. G. (2014). The temporal profile of postactivation potentiation is related to strength level. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(10), 2670–2686.
- Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919–932.
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419–1449.
- Taş, S., & Ünlüer, N. Ö. (2020). Kas ve tendon sertliği ile kas kuvveti ve endüransı arasındaki ilişki. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, 12(1).
- Till, K. A., & Cooke, C. (2009). The effects of postactivation potentiation on sprint and jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), 1960–1967.
- Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Medicine*, 39(2), 147–166.
- Tortu, E., Akınoğlu, B., Hasanoglu, A., & Kocahan, T. (2022). Kadın ve erkek sporcularda anaerobik performans ve reaktif çeviklik. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, 14(1).
- Turner, A. P., Bellhouse, S., Kilduff, L. P., & Russell, M. (2015). Postactivation potentiation using plyometric exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(2), 343–350.
- Usgu, S., Yakut, Y., & Çınar, M. A. (2020). Achilles tendon viscoelastic properties in elite runners and soccer players. *Spor Hekimliği Dergisi*, 55(4), 276–283.

- Voss, M. W., Kramer, A. F., Basak, C., Prakash, R. S., & Roberts, B. (2010). Are expert athletes “expert” in the cognitive laboratory? *Applied Cognitive Psychology*, 24(6), 812–826.
- Williams, A. M., & Ford, P. R. (2008). Expertise and expert performance in sport. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 1(1), 4–18.
- Wilson, J. M., Duncan, N. M., Marin, P. J., Brown, L. E., Loenneke, J. P., Wilson, S. M., ... & Ugrinowitsch, C. (2013). Meta-analysis of postactivation potentiation and power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 854–859.
- Young, W. B., & Willey, B. (2010). Analysis of a reactive agility field test. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(3), 376–378.
- Zhao, C., Li, C., Su, R., Chen, L., Wei, W., Meng, M., & Chen, C. (2025). Comparison of different methods on post-activation performance enhancement: A meta-analysis. *International Journal of Sports Medicine*, 37.
-

— ♦ —  
6. BÖLÜM  
— ♦ —

**ANTRENMAN VE YORGUNLUK:  
PERFORMANSIN SINIRLARI**

**Doç. Dr. Yakup KILIÇ<sup>1</sup>**

**Kılıç, Y. (2025).** Antrenman ve yorgunluk: Performansın sınırları. **In F. Çatıkkâş, T. Öktem, & Z. Çakır (Eds.),** *Antrenman bilimi ve spor performansının fizyolojik temelleri* (pp. 89–108). Duvar Yayınları.

---

<sup>1</sup> Fırat Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi, Elazığ.  
ORCID: 0000-0003-4889-5571 E-mail: [yakupkiloc@firat.edu.tr](mailto:yakupkiloc@firat.edu.tr)

## GİRİŞ

Aerobik ve anaerobik sistemlerin birbiriyle ilişki içinde çalışması ile gerçekleşen (Şenel, 1995) sportif antrenmanlar, sporcunun gelişimi açısından önem teşkil eden unsurlardandır (Akandere ve ark., 2018). Bu gelişimin yalnızca tek yönlü değil aynı zamanda çok yönlü olduğu da bilinmektedir. Antrenman yapan her bireyin asıl hedefinin, beden ve ruh sağlığını geliştirerek, iyi bir performans elde etmek olduğu ve psikolojik kapasitenin de en az fiziksel kapasite kadar etkileneceğini bildiren çalışmalar mevcuttur (Adıgüzel ve ark., 2022; Ceviz ve Adıgüzel, 2024; Göncü ve Balcı, 2023). Zihinsel ve fiziksel anlamda oluşan bu süreç sporcu başarısının altın anahtarıdır (Yüksel ve ark., 2007). Sporda performans, mevcut gelişimin müsabaka sırasında ortaya konabilme başarısı ile ilişkilidir (Aras ve ark., 2019). Performans esnasında oluşan enerji kaybı ve psikolojik etkenlerde kişileri derinden etkileyebilir. Bu durum ise yorgunluğa sebep olmaktadır (Mizuno ve ark., 2011).

Yorgunluk kavramı literatürde ikiye ayrılmaktadır. Fiziksel ve Zihinsel yorgunluktur. Fiziksel yorgunluk; fiziksel aktivite esnasında gerçekleşen zorlanma, kas gücünde düşme ya da olması gerekenden yüksek çaba gösterme ile ilişkilendirilmektedir (Kaya ve Ergin, 2021). Zihinsel yorgunluk ise uzun çalışma süresi, stres, baskı ve çevresel faktörlerden kaynaklı yapılan aktivitenin uzun süre uygulanmasıyla ortaya çıkmaktadır (Diamond, 2013). Toplum genelinde %15 gibi yüksek bir oranda yaşanan yorgunluk (Çayakar, 2019) patolojik ya da patolojik olmayan; fizyolojik ya da patolojik; merkezi ya da periferik; yüksek şiddetli ya da düşük şiddetli olarak sınıflandırılabilir (Kluger ve ark., 2013; Jason ve ark., 2010; Arring ve ark., 2019; Aslankeser, 2010; Lamb, 2002; Ruiter ve ark., 2020). Nitekim yorgunluğu yönetebilme kabiliyetinin de bu anlamda önem teşkil ettiği söylenebilir (Pyne ve Martin, 2011). Literatür incelendiğinde de yönetimin sağlanabilmesi için farklı ölçüm yöntemlerinin varlığı dikkat çekmektedir.

Yorgunluk ölçümüne dair yöntemler, öznel bildirimlerden nesnel biyolojik verilere uzanan geniş bir yelpazede kategorize edilmektedir (Dittner ve ark., 2004). Öznel değerlendirme araçları yorgunluğun temelde içsel deneyimine dayanması, klinik ve araştırma pratiğindeki merkezi rolünü açıklar. Bu araçlar, semptomun şiddeti, süresi ve işlevsellik üzerindeki etkisini sayısallaştırmayı amaçlamaktadır (Hjollund ve ark., 2007). Nesnel ölçüm araçları ise yorgunluğun performans üzerindeki somut yansımalarını veya fizyolojik korelasyonlarını kaydetmeye odaklanmaktadır (Enoka ve Duchateau, 2016). Dolayısıyla yorgunluğun doğru ölçülmesi ve izlenmesi kritik bir öneme sahiptir. Nitekim doğru ölçümlenmesi toparlanma sürecinin optimize edilmesine de katkı sağlayabilir. Yapılan çalışmada

ise literatür doğrultusunda antrenman, yorgunluk ve performans ilişkisinin incelenmesi amaçlanmaktadır.

### **Antrenman Nedir?**

Spor günümüzde dil, din, ırk ayrımı gözetmeksizin toplulukları bir araya getiren, maddi ve manevi başarıyı hedefleyen bir olgudur (Güneş ve ark., 2023; Albay ve ark., 2007; Bayram ve ark., 2025). Beden eğitimi ise insanın fiziksel ve psikolojik gelişimi açısından önemli bir noktada yer almaktadır (Cengiz ve ark., 2018; Toprak ve ark., 2021). Antrenman kavramı da bu anlamda sporcuların hem fizyolojik hem de psikolojik ilerleyişini devam etmesini amaçlayan, senkronize bir yaklaşımla planlanan eğitimlerin genelini içinde barındıran bir kavram olarak tanımlanabilir (Dündar, 2012).

Kasların patlayıcı kuvveti ile doğrudan bağlantılı olan antrenman, kasın patlayıcı kapasitesini artırır; böylece daha şiddetli yüklenmelere kasları hazırlanmış olur (Ceviz ve ark., 2025). Bu anlamda antrenman kavramının asıl amacı sporcuların performans düzeyini maksimum seviyeye taşıyabilmek ve erişilen bu seviyenin doğru orantıda devam etmesini sağlamaktır. Ancak bu şekilde sporcu erişilmek istenilen performans düzeyini elde etme fırsatına ulaşabilir (Bompa ve Haff, 2009). Bireylerin katıldığı her türlü fiziksel yüklenme, yalnızca anatomik ve fizyolojik düzeyde değil, aynı zamanda psikolojik ve biyokimyasal seviyede de çeşitli değişiklikler oluşturur (Muratlı ve ark., 2011). Nitekim çocuk ve ergen gruplarında uygulanan planlı solunum egzersizlerinin, aerobik kapasite ve solunum fonksiyonlarını geliştirdiği, buna paralel olarak yorgunluk algısını anlamlı düzeyde azalttığı göstermiştir (Hepsert ve ark., 2025). Solunumun otonom sinir sistemi üzerindeki düzenleyici rolüne dayanarak, derin nefes egzersizlerinin vagus sinirinin uyarılmasında etkili bir yöntem olduğu ifade edilmektedir. Burundan derin nefes alınarak akciğerlerin tamamen doldurulması ve nefesin yavaşça ağızdan verilmesi, parasempatik aktiviteyi artırarak fizyolojik sakinleşmeyi desteklemektedir (Özkatar Kaya ve Kaya, 2025). Bu bulgular, antrenmanın yalnızca yüksek şiddetli yüklenmelerle değil, düşük ve orta yoğunluklu ancak sistematik uygulamalarla da performansa yönelik fizyolojik adaptasyonlar oluşturabildiğini ortaya koymaktadır.

Bu değişimlerin niteliği; antrenmanın etkinliği, süresi, kat edilen mesafe, tekrar sayısı, taşınan yükün ağırlığı, hızın yoğunluğu ve hareketin akıcılığı gibi birçok parametreye bağlı olarak şekillenir (Bompa ve Haff, 2009). Düzenli antrenman uygulamaları organizmada çeşitli fizyolojik uyumlara yol açmakla birlikte, söz konusu uyumların etkin biçimde gelişebilmesi için antrenman değişkenlerinin (şiddet, süre ve sıklık) planlı ve kontrollü olarak düzenlenmesi gerekmektedir (Ağırbaş vd., 2009). Ayrıca koordinasyon ve denge temelli yüklenme

içeriklerine sahip antrenman yaklaşımlarının, merkezi sinir sistemi ile kas-iskelet sistemi arasındaki etkileşimi güçlendirerek motor kontrol ve hareket verimliliğini artırdığı bildirilmektedir (Adıgüzel ve ark., 2022; İşbilir ve ark., 2015). Bu tür nöromotor uyumlar, performansın sürdürülebilirliği açısından antrenmanın önemini daha da belirgin hâle getirebilir. Benzer şekilde, yaşam kinetik egzersizleri üzerine yapılan güncel bir çalışmada, düzenli antrenman uygulamalarının sedanter ergen bireylerde motivasyon ve imgeleme düzeylerini anlamlı biçimde artırdığını göstermiştir (Sarıkabak ve ark., 2025).

Bu sonuçlar, antrenmanın fizyolojik adaptasyonların ötesinde, psikolojik ve bilişsel süreçleri de kapsayan çok boyutlu bir eğitim süreci olduğunu desteklemektedir. Antrenman planlanması tasarlanırken 3 farklı değişken dikkat çekmektedir (Gürhan ve Mahmut, 2022).

**Kapsam:** Genel anlamda antrenmanın başlangıç seviyesinin temel yapı taşı olarak kabul gören "kapsam," maksimum düzeyde teknik becerilerin ilerletilmesi, taktiksel bilinç ve özellikle fiziksel verimliliğin artırılması için gereksinim duyulan niceliksel bir temeli meydana getiren etmendir.

**Şiddet:** Antrenman uygulanan hareketlerin hızına ve aralıkların farklılık göstermesine veya tekrarlar arasındaki dinlenme süresini göz önünde bulundurur. Başka bir ifadeyle, antrenmanın şiddeti, yapılan antrenmanın direnç düzeyinin belirlenmesi şeklinde de ifade edilebilir.

**Sıklığı:** Antrenman sıklığı, belirli bir zaman aralığında gerçekleştirilen antrenman sayısını ifade eden bir kavramdır. Antrenman sıklığının planlı bir şekilde tasarlanması önemlidir. Sebebi ise yüklenme ile dinlenme arasındaki dengenin doğru kurulmasının gerekliliğidir.

Ancak yapılan araştırmalar incelendiğinde, fiziksel inaktivitenin gittikçe artış eğiliminde olduğu görülmektedir (Soylu ve ark., 2021). Bu bağlamda antrenörlerin ve antrenman planlayıcılarının sporcuların motive olacağı şekilde planlamalarını revize etmesi önerilebilir. Bu noktada farklı antrenman metotları dikkat çekmektedir.

**Kondisyon Antrenmanları:** Bedensel yeteneklerin genelinden fazlasını içinde barındıran, çevre, yaş, sosyal ve ruhsal koşullar ile bağlantılı, kuvvet, dayanıklılık, sürat, çabukluk gibi motorik becerileri kapsayan evre olarak tanımlanmaktadır (Muratlı ve ark., 2011; Türkmen ve ark., 2021).

**Teknik Antrenman:** Genel anlamda branşa dair gerekliklerin geliştirilmesiyle birlikte kondisyon antrenmanının temelinde gelişen teknik antrenmanlar sporcunun branşına ve fiziksel yetileri göz önüne alınarak karar verilmelidir (Muratlı ve ark., 2011).

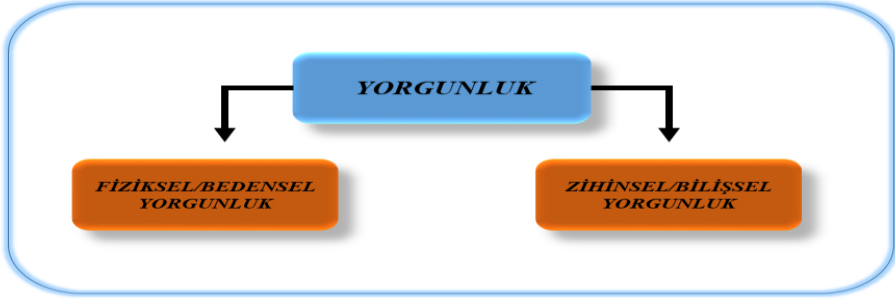
**Taktik Antrenmanı:** Taktik antrenman, branşın gerekliklerine ve türüne göre değişiklik gösterebilen antrenman çeşididir (Günay ve ark., 2018).

### **Yorgunluk ve Yorgunluk Türleri**

Sporcular yaptıkları antrenman ve sportif performansla en iyiye ulaşmak amacıyla çaba göstermektedir (Kargün ve ark., 2012). Optimal ve üst düzey performansa erişebilmek amacıyla da aşırı antrenman yüküne sahiptirler. Nitekim bu anlamda uzun süreli ve yoğun antrenmanlar sporcularda yorgunluğun ortaya çıkmasına sebep olur (Branscheidt ve ark., 2019).

Antrenman biliminde, yorgunluk spor müsabakası ve antrenman sürecinde yapılan aktivitenin neden olduğu performans düşüşü olarak açıklanmaktadır. Dolayısıyla yorgunluğun sportif faaliyetle kas, egzersiz ve müsabaka-performans ölçütleriyle ilişkili olduğu açıklanmaktadır (Knicker ve ark., 2021). Spor performansı yarışma boyunca yüksek düzeyde fiziksel, teknik, bilişsel ve psikolojik becerileri sergileme ve bu performans becerilerini sürdürebilme yeteneğine bağlı gelişir (Birrer ve Morgan, 2010; Tomporowski ve Pesce, 2019). Fiziksel, teknik, bilişsel ve psikolojik becerilerin herhangi birinde görülen bozulma spor müsabakasında yorgunluğun bir belirtisi olarak ortaya çıkabilmektedir (Abbiss ve Laursen, 2007). Sporcunun branşına özgü kas ve eklem hareketlerinin, elektrolit düzeyinde, kardivasküler sistemde ve merkezi sinir sistemindeki değişiklikleri sporcunun psikolojik durumunu kapsayan çok faktörlü bir yapı olarak ortaya çıkabilmektedir. Bu anlamda yorgunluk sporcuyla çok yönlü etkileme potansiyeline sahiptir (Allen ve ark., 2008).

Spor ortamında veya sporcunun genel hayatında oluşan halsizlik ya da bilişsel fonksiyonların düşüşünden kaynaklı yorgunluk fiziksel ve mental yorgunluk şeklinde değerlendirilebilir. Dolayısıyla bu durum fiziksel ve zihinsel yorgunluğun ayrı değerlendirilmesini sağlamaktadır (Kara ve ark., 2024).



### Şekil 1. Yorgunluk türleri

Fiziksel yorgunluk, sporcu performansını ve genel sağlıkla ilişkili parametreleri etkileyen önemli bir faktördür. Fiziksel yorgunlukta kasların enerji depolarının azalması, metabolik atık birikimi ve kas lif ve fibrillerinde çeşitli hasarlar oluşur (Puetz, 2006; Göncü ve Kardeş, 2023). Akut fiziksel yorgunluk, nöromüsküler değişiklikler, metabolik ve psikometrik tepkilerle kendini gösteren organizmadaki değişikliklerle karakterize edilir (Mohr ve ark., 2005; Bangsbo ve ark., 2007). Bu doğrultuda fiziksel yorgunluk mücadeleye dayalı bir çabanın fonksiyonu olarak iş yapma kapasitesinde azalma olarak açıklanabilmektedir (Boolani ve Manierre, 2019). Özellikle yoğun ve tekrarlı yüklenmeler, laktat birikmesine ve sinir-kas iletiminde verimliliğinin düşmesine neden olur. Yorgunluk şikâyetleri adölesan sporcularda yaygın olarak görülmektedir. Özellikle performansı artırmaya yönelik yüksek şiddetli antrenmanlar sonrasında akut yorgunluk beklenen bir durumdur (Wenger ve ark., 2019; Güler ve Akpınar, 2023). Bu noktada yorgunluk, sporcunun kuvvet uygulama kapasitesi, koordinasyonu, hızı ve hareket kabiliyetini olumsuz etkileyebilmektedir (Sullivan, 2009). Ek olarak fiziksel yorgunluk; antrenman yükü, çevre şartları, beslenme alışkanlıkları, uyku düzeni ve sporcunun genel kondisyon seviyesiyle de doğrudan ilişkilidir (Gupta ve ark., 2017; Ceviz ve Kardeş, 2023; Kurt ve ark., 2010; Çatıkkaş, 2016). Fiziksel yorgunluğun ötelenmesi noktasında ise aktif ve pasif dinlenme, rekreatif etkinlikler, uygun toparlanma stratejileri fiziksel yorgunluğun azaltılmasına katkı sağlama potansiyeline sahiptir (Başandaç ve ark., 2023; Sahin ve Yalcin, 2024).

Uzun süreli zihinsel çaba ise mental yorgunluğu ortaya çıkarmaktadır. Mental yorgunluk sporcunun kendisini psikolojik ve zihinsel olarak yorgun hissetme halidir (Russel ve ark., 2019). Uzun süreli zihinsel faaliyet uğraşının yoğun olduğu dönemde ortaya çıkan bu yorgunluk çeşidi (Saraç ve Eskici, 2023), hissedilen düşük enerji ve yorgunluk hissi, dikkat ve çalışma belleğinin yürütme işlevinin bozulması, beyin ve sinir aktivitelerinde azalma ile karakterize edilmektedir (Van Cutsem ve

ark., 2017). Bu noktada mental yorgunluk, yoğun ve zorlu bilişsel süreçlerin ardından artan öznel zihinsel yorgunluk hali ve sıklıkla bilişsel performansta meydana gelen azalmalarla ilişkili olabilmektedir (Pageaux ve Lepers, 2018). Yorgunluk veya bitkinlik hissinin artması, uygulanan aktiviteyi sürdürme isteğinin ve bilişsel performansın düşmesiyle karakterize edilen mental yorgunluk, atletik performansı olumsuz etkileyen bir durumdur (Boksem ve Tops, 2008). Mental yorgunluk ile konsantrasyonun azaldığı, motivasyon düzeyinin düştüğü, karar verme hızının yavaşladığı ve performans kalitesinin gerilediği görülmektedir (Herlambangve ark., 2019). Özellikle sporcuların müsabaka öncesi hazırlıkları, eğitimsel veya kişisel stres faktörleri zihinsel yükü tetikleyerek de bu süreci destekler (Sun ve ark., 2024). Bu noktada yorgunluk; antrenman programı unsuru olabilmekte ve yönetimi toparlanma açısından önem teşkil etmektedir. Bununla birlikte sporcular, atletik performans antrenörleri, kişisel antrenörler ve spor kulüpleri için önemli bir faktör olarak dikkate değerdir (Phillips, 2024).

### **Yorgunluk ölçüm yöntemleri**

Halsizlik, tükenme ve enerjinin eksilmesi ile bağlantılı değerlendirilen yorgunluk kavramı (Riley ve ark., 2010; Doerr ve ark., 2021) sağlık sistemlerinde en sık karşılaşılan problemler arasında değerlendirilmektedir (Adın ve ark., 2022). Hem fizyolojik hem de psikolojik süreçlerin birlikte ilerlediği çok boyutlu yapı (Kılıçgedik, 2025) uzun ve yoğun süreli aktivitelerde gelişim gösteren fizyolojik reaksiyonları ifade etmektedir (Kaya ve Ergin, 2021). Bu bağlamda yorgunluğun değerlendirilmesi 2'ye ayrılır.

*Bunlar (Kluger ve ark., 2013);*

- Patolojik yorgunluk (1-5 ay süren ve en az 6 ay kronikleşen) ve
- Patolojik olmayan yorgunluktur (3 aydan uzun sürmeyen yorgunluk).

Spor bilimlerinde ise yorgunluğun ayrımı tartışılmaktadır. Temel sebebi ise yorgunluk kavramının tanımı açısından ortak bir kaniya varılamamasıdır (Phillips, 2024). Bu anlamda sporcuların yorgunlukları ve performansları arasında bağlantı halen çözülememiş bir sorundur. Yorgunluk temelde merkezi ve periferik şeklinde 2'ye ayrılır (Arring ve ark., 2019).

*Bunlar;*

**Merkezi yorgunluk:** Merkezi yorgunluk aktif nöronların zayıflaması ve bu zayıflamadan kaynaklı kuvvet üretiminin düşmesi ile doğrudan bağlantılıdır (Karataş, 2016).

**Periferik Yorgunluk:** Periferik yorgunluk ise genel anlamda gerçekleştirilen fiziksel çabanın kapasitesinde düşme olarak tanımlanır. Daha genel tanımla kas dokusunda gerçekleşen yorgunluktur (Güleroğlu ve Eroğlu, 2019).

Ruiter ve arkadaşları (2020) ise yorgunluğu fizyolojik ve patolojik yorgunluk olarak sınıflandırmış. Ek olarak süresine göre de değerlendirilmesi gerektiğinden bahsetmişlerdir. Süresine göre yorgunluk değerlendirildiğinde 2'ye ayrılır.

*Bunlar;*

**Yüksek Şiddetli:** Yüksek şiddetli yorgunluk kasın yüksek yoğunluklarda uyarımla karşılaştığı dönemlerde kasın uyarılabilirliğinin düşmesi ve kuvvette azalma ile ilişkilendirilmektedir. Uyarımın devamlılığının kesilmesi anında da hızlı toparlanabilme ile bağdaştırılmıştır (Lamb, 2002).

**Düşük Şiddetli:** Diğer bir ifadeyle uzun süreli yorgunluk, kasın uzun süre boyunca uyarılmasından kaynaklı kas kuvvet düşüklüğü ile ilişkilendirilmektedir. Toparlanma ise uzun süreç içerisinde gerçekleşir (Aslankeser, 2010).

Bu anlamda yorgunluğun doğru bir biçimde değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Yorgunluk kavramı çeşitli yöntemlerle ölçümlenmiş ve değerlendirilmiştir. Nitekim fizyolojik ve psikolojik açıdan farklı değerlendirme yöntemleri mevcuttur.

### ***Fizyolojik ve Fiziksel Değerlendirme Yöntemleri***

**Laktat Ölçümü:** Antrenman şiddetinin önemli belirleyicileri arasında değerlendirilen laktat değeri aerobik eşikte 0.2 mmol ve anaerobik eşikte 0.4 mmol şeklinde değerlendirilmektedir. Ancak bu değerler kesin ve değişmez değildir. OBLA değeri için bu aralık 0.2 mmol-0.8 mmol arasında değişim gösterebilmektedir (Billat, 1996). Ölçümü basit ve belirli cihazlar kullanılarak alınabilir (Djaoui ve ark., 2017).

**Elektromiyografi (EMG):** Kas yorgunluğu geliştikçe, yüzey EMG sinyalinin ortalama güç frekansında karakteristik bir düşüş ve genellikle artışı meydana gelir. Bu değişiklikler periferik yorgunluğun elektrofizyolojik göstergeleri olarak yorumlanır (Weir, 2017).

**Elektroensefalografi (EEG):** Merkezi yorgunlukla ilişkili olarak, EEG'de alfa ve teta bandı gücünde artış, beta bandı gücünde ise azalma gözlemlenebilir (Craig ve ark., 2012).

**Oksijen Tüketimi ( $V_{O_2}$ ):** Belirli antrenman metotlarında doğru sonuç veren bu yöntem antrenman yükündeki artış ile doğru orantılı artış göstermektedir. Bununla birlikte  $V_{O_2}$  değerinin belirlenmesi açısından her antrenman türüne göre tekrar hesaplamalarının yapılması gerekmektedir (Hopkins, 1991). Nitekim Garber ve arkadaşları (2011) oksijen tüketim rezervi yüzdelere göre antrenman şiddet bölgelerini değerlendirmiştir (Tablo 1).

**Tablo 1:** Oksijen tüketim rezervi yüzdelere göre antrenman şiddet bölgeleri

| <i>Egzersiz Şiddeti</i>                              | <i>VO<sub>2r</sub>%</i> |
|------------------------------------------------------|-------------------------|
| <i>Çok Hafif</i>                                     | <30                     |
| <i>Hafif</i>                                         | 30-39                   |
| <i>Orta</i>                                          | 40-49                   |
| <i>Şiddetli</i>                                      | 60-89                   |
| <i>Maksimale yakın-Maksimal</i>                      | 90-100                  |
| VO <sub>2r</sub> %= Oksijen tüketim rezerv yüzdeleri |                         |

**Kalp Atım Hızı:** Fizyolojik değerlendirmelerden olan kalp atım hızı (KAH) antrenman şiddetinin belirlenmesi açısından yaygın kullanılmaktadır. Bu yöntem ile de antrenman şiddeti değerlendirilir (Tablo 2) (Garber ve ark., 2011).

**Tablo 2:** Rezervlerine göre şiddet bölgeleri

| <i>Egzersiz Şiddeti</i>                                                                                           | <i>KAH<sub>maks</sub>%</i> | <i>KAH<sub>r</sub>%</i> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| <i>Çok Hafif</i>                                                                                                  | <57                        | <30                     |
| <i>Hafif</i>                                                                                                      | 57-63                      | 30-39                   |
| <i>Orta</i>                                                                                                       | 64-76                      | 40-49                   |
| <i>Şiddetli</i>                                                                                                   | 77-95                      | 60-89                   |
| <i>Maksimale yakın-Maksimal</i>                                                                                   | 96-100                     | 90-100                  |
| KAH <sub>maks</sub> %: Maksimal kalp atım hızı yüzdeleri,<br>KAH <sub>r</sub> %: Kalp atım hızı rezervi yüzdeleri |                            |                         |

Fakat bu kategorilendirmede dinlenim KAH hesaplanmamaktadır. Bu anlamda karvonen KAH hesaplanmasında dinlenim KAH açısından daha güvenilirdir.

**Karvonen Formülü:** Aerobik egzersizlerde ideal nabız seviyesinin belirlenmesi amacıyla kullanılan bu formül için %60 orta şiddetli %80 yüksek şiddetli egzersiz olarak nitelendirilmektedir (Karvonen ve Vuorimaa, 1988). Bu formüle göre;

*Hedef kalp atım sayısı = yüklenme şiddeti x (maksimum kalp atım sayısı –  
dinlenik kalp atım sayısı) + dinlenik kalp atım sayısı*  
*Max Kalp atım sayısı: 220-yaş*

***İzokinetik Dinamometre Ölçümleri:*** Kas yorgunluğunun objektif bir göstergesi olarak, tekrarlı maksimal kasılmalar sırasında üretilen torktaki azalma eğrisi kaydedilir ve analiz edilir (Dinges ve Powell, 1985).

### ***Öz-bildirime Dayalı Psikolojik Değerlendirme Yöntemleri***

***Chalder Yorgunluk Ölçeği:*** Chalder ve arkadaşları (1993) tarafında geliştirilmiştir. Adın ve arkadaşları (2022) tarafından Türkçeye uyarlanmıştır. Orijinal formda 14 madde şeklinde değerlendirilen bu ölçek Türkçe uyarlamasında 11 maddeye indirgenmiştir. Her bir madde 0-3 puan arası değerlendirmeye alınmıştır. Ölçek 2 alt boyutta değerlendirilmektedir (Fiziksel ve Mental yorgunluk). Ölçek boyutlarından fiziksel yorgunluk boyutundan minimum 0 ile maksimum 21; mental yorgunluk boyutundan minimum 0 ile maksimum 12; ölçek toplamından ise minimum 0 ile maksimum 33 puan alınabilir.

***Algılanan Fiziksel ve Bilişsel Yorgunluk Ölçeği:*** Demir, Cicioğlu ve Yarayan (2023) tarafından geliştirilen ölçek 19 maddeden oluşmaktadır. İki boyutta değerlendirilmektedir (Fiziksel yorgunluk ve bilişsel yorgunluk). Ölçek boyutlarından ilk sekiz madde fiziksel yorgunluk boyutunu ifade etmektedir. Minimum 8 ile maksimum 40 puan arası değerlendirilmektedir. 9-19 arası maddeler ise bilişsel yorgunluk boyutunu temsil etmektedir. Minimum 11 ile maksimum 55 puan arası değerlendirilmektedir.

***Sporcularda Mental Yorgunluk Farkındalık Ölçeği:*** Kara, Kara ve Çetin (2024) tarafından geliştirilen ölçek 25 maddeden oluşmaktadır. Ölçek sporcuların antrenman ya da müsabaka sonrası meydana gelen zihinsel tükenmişliklerinin farkına varmalarını amaçlamaktadır. Tek boyutlu ve 5’li likert (1:Hiçbir zaman- 5: Her zaman) yapıya sahiptir.

***Algılanan Zorluk Derecesi:*** Sporcuların antrenman ya da müsabaka esnasında algıladıkları zorluk düzeyleri Borg (1982) tarafından geliştirilen skala ile ölçülmektedir. 1 ile 10 puan arası değerlendirilen bu skalada 1 en düşük 10 ise en üst zorluk seviyelerini ifade etmektedir (Foster ve ark., 2001).

**Tablo 3.** Algılan Zorluk Skalası (URL1)

| <i>Zorluk Derecesi</i> | <i>Algı Düzeyi</i> |
|------------------------|--------------------|
| 0                      | Yok                |
| 1                      | Çok Hafif          |
| 2                      | Hafif              |
| 3                      | Orta               |
| 4                      | Biraz Ciddi        |
| 5                      | Ciddi              |
| 6                      | 5-7 Arası          |
| 7                      | Çok Ciddi          |
| 8                      | 7-9 Arası          |
| 9                      | Çok Çok Ciddi      |
| 10                     | En Şiddetli        |

Dolayısıyla spor bilimleri ve sporun çok boyutlu yapısından kaynaklı yorgunluk durumunun değerlendirilmesi açısından farklı yöntemlerden faydalanılabilir. Öz-bildirime dayalı psikolojik ölçüm yöntemleri genişletilebilir. Fakat bu çalışmada sporcu kitlesine uygulanabilir ölçüm araçları dikkate alınmıştır.

### **Antrenman Sonrası Yorgunluğun Performansa Etkisi**

Sporda performans, antrenman ya da müsabaka sırasında sergilenen iştir. Fakat kazanma ve kaybetme temelinde düşünüldüğünde mevcut gelişimin müsabaka sırasında ortaya koyabilme başarısı olarak tanımlanabilmektedir (Aras ve ark., 2020). Başarı bağlamında sporcuların güçlü ve zayıf yönlerinin belirlenmesi performansın analizi için önem teşkil etmektedir (Laird ve Waters, 2008). Bu bağlamda sporcuların performans sonuçları başarı ve başarısızlık açısından önem teşkil eden zorlu performansların sergilenebilmesinde dikkate değerdir (Nieuwenhuys ve Oudejans, 2012). Nitekim bu zorluk kişilerde yorgunluğa sebep olarak sporda performans düzeyini etkilemektedir (Baumeister ve Vohs, 2016). Yorgunluğun dopamin seviyesinde düşüşe neden olmasından kaynaklı başarı beklentisini olumsuz etkilediği de bilinmektedir (Lorist ve ark., 2009). Bu anlamda yorgunluğu yönetebilme kabiliyetinin performansı ve sporcunun müsabakaya hazırlanmasını sağlamak açısından önem teşkil ettiği söylenebilir (Pyne ve Martin, 2011).

Literatür incelendiğinde spor türlerine göre yorgunluğun genel anlamda olumsuz sonuçlarının olduğu görülmüştür (Veness ve ark., 2017). Marcora ve arkadaşları (2009) bilişsel performansı; Head ve arkadaşları (2017) karar verme ve alma durumunu; Venes ve arkadaşları (2017) branşa özgü performans kabiliyetini yorgunluğun negatif etkilediğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte merkezi ve periferik sinir sistemine uyarımda bulunarak performans kaybına neden olmaktadır

(Russell ve ark., 2021). Dolayısıyla bilişsel ve fiziksel yorgunluğun olumsuz durumlara sebep olduğundan bahsedilebilir.

Nitekim yetkililer performansı optimize etmek amacıyla yorgunluğun olumsuz etkilerinin farkındalığı ile yeni strateji arayışındadırlar (Russell ve ark., 2019). Bu bağlamda performansın gelişimi açısından doğru yöntemlerin kullanımı teşvik edilmeli ve tüm spor türlerinin kendilerine özel programları doğru antrenman metotlarıyla uygulanmalıdır (Kızılet ve ark., 2010). Uygulamalar ile birlikte aktif iyileşme metotları da kullanılabilir. Yapılan çalışmalarda da aktif iyileşmenin yorgunluğun azalmasında etili olduğu belirlenmiştir (Toubekis ve Douda, 2005).

### **Toparlanma**

Sporcular performans gelişimi amacıyla yorucu programlar uygulamaktadır. Bu programlardan geriye maç stresi, fiziksel yıkım, baskı, duygusal değişimler ve buna benzer stres faktörleri ciddi yük oluşturmaktadır. Dolayısıyla sporcuların fiziksel ve zihinsel stres parametreleri açısından kontrol edilmeleri elzemdir. Bu noktada sporcunun yorgunluk sonrası toparlanma sürecini atlattığı olması gerekir (Aydemir, 2020). Bu bağlamda toparlanmanın vücudun fizyolojik, fiziksel ve psikolojik süreçlerinin yenilendiği bir süreç olduğundan bahsedilebilir (Kellmann ve ark., 2018). Spor bilimleri literatüründe toparlanma, organizmanın fiziksel veya zihinsel stres faktörlerine karşı yeniden denge durumuna ulaşma süreci olarak tanımlanmakta olup, bu süreç farklı biçimlerde sınıflandırılmaktadır (Kellmann ve Kallus, 2001).

Bunlar; uygulama arası, sonrası ve uzun süreli; setler ya da tekrarlar arası şeklinde de ayrıştırılabilmektedir (Terrados ve ark, 2018; Bompas ve Haff, 2009).

**Uygulama arası toparlanma:** Antrenman ile birlikte düşen kas fosfojen depolarının arttırımı sağlanarak ATP (Adenozin trifosfat) ve CP (Kreatin fosfat) reseptezi yapılır.

**Uygulama sonrası toparlanma:** Yapılan aktivitenin sonlanmasından sonra fizyolojik ve biyokimyasal olayları içeren toparlanma şekli olarak nitelendirilmektedir. Bu durum esnasında aktivite kaynaklı yüklenmeden kalan atıklar uzaklaştırılmaya çalışılır. Enerji depoları yeniden doldurulup doku onarımına başlanır. Bununla birlikte oksijen depolarında gerçekleşen azalma tamamlanmaya çalışılır.

**Uzun süreli toparlanma:** Bir dönem içerisinde değerlendirilen bu toparlanma çeşidi antrenman sonunda uzun süre boyunca performansın takibini, genel anlamda

performans düşüşü ve artışını inceler. Böylece fizyolojik ve psikolojik toparlanmanın değerlendirilebilmesine destek sağlar.

Bununla birlikte literatürde toparlanma çabuk toparlanma, kısa süreli toparlanma ve uzun süreli toparlanma şeklinde de incelenmektedir.

**Çabuk toparlanma:** Uygulanan antrenman esnasında meydana gelen yüklenmeden kaynaklı toparlanmanın hemen gerçekleşmesidir. Kısa süreli gerçekleşen egzersizlerin arasında ATP ve CP depo arttırımına destek sağlamaktadır. Nitekim CP ilk birkaç saniye ve dakika arasında yenilenebilmektedir (Hargreaves ve Richter, 1988).

**Kısa süreli toparlanma:** Toparlanmanın bu çeşidi tekrarlı sürat koşuları veya ağırlık egzersiz setleri arasında uygulanmaktadır. Nitekim sporcunun daha sonraki performansını sergileyebilmesi için bu toparlanma çeşidi önem teşkil etmektedir. (Bishop ve ark., 2008).

**Uzun süreli toparlanma:** Sporcunun uzun süreli duygusal, fizyolojik ve psikolojik stres faktörlerine karşı toparlanmasına destek sağlar (Jeffreys, 2005).

### Sonuç ve Öneriler

Yapılan çalışma ile birlikte antrenman ve yorgunluk kavramlarının arasındaki ilişki detaylı şekilde değerlendirilmiştir. Yorgunluğun genel anlamda zihinsel/mental ve fiziksel olarak ikiye ayrıldığı bununla birlikte sportif performans açısından kritik bir belirleyici olduğundan söz edilebilir. Bu kapsamda yorgunluğun yalnızca fizyolojik açıdan değil aynı zamanda zihinsel süreçler açısından da değerlendirmeye alınması gerektiğinden bahsedilebilir. Bu çok boyutlu yapının antrenmanın süresi, sıklığı, kapsamı ve durumu ile doğrudan etki içinde olduğu ve doğru yönetilmediği sürece kişilerin performansı ile beraber genel sağlığı açısından da negatif durumlara yol açabildiği bilinmektedir.

Yorgunluk kavramı akıllara ilk olarak fizyolojik açıdan yorgun olma halini getirmektedir. Bu durum aslında nesnel anlamda yoğun antrenmanların enerji kaybı yaratması, kas içi laktat birikimine sebep olması ve sinir iletiminin bozulmasına sebebiyet vermesinden kaynaklı olabilir. Fakat ilgili literatür incelemeleri sonucu bilişsel yorgunluğunda fiziksel yorgunluk kadar kişileri etkilediği belirlenmiştir. Yorgunluk psikolojik boyutta karar verme süreçlerini, dikkat ve algı düzeyini, motivasyon düzeyini ve öz düzenleme kapasitesin önemli ölçüde şekillendirebilir. Yorgunluğun artması ile birlikte karar verme süreçlerinde gerileme, dikkat, algı, motivasyon ve öz düzenleme kapasitesinin yetersizliği görülebilir. Dolayısıyla

yorgunluğun hem psikolojik hem de fizyolojik süreçleri doğrudan etkilediğinden bahsedilebilir.

Bu anlamda toparlanma süreçleri fizyolojik ve psikolojik anlamda ayrılmaz bir bütündür. Aktif iyileşme toparlanmanın gerekliliklerindendir. Bu anlamda toparlanma süreçlerinin doğru yönlendirilmesi sportif performans başarısı ve devamlılığı açısından önem teşkil etmektedir. Dolayısıyla performans esnasında ortaya çıkan yorgunluk durumu gibi bu yorgunluğun toparlanabilmesi ve aralarındaki dengeyi sağlanması başarının anahtarı olabilir.

Bu anlamda yapılacak olan çalışmaların fiziksel ve psikolojik açıdan bütüncül değerlendirilmesi, antrenman metodlarının belirlenmesi bireysel farklılıkların göz önünde bulundurulması, nesnel ve subjektif ölçüm yöntemlerinin birlikte kullanılması ve yorgunluk sonrası toparlanma süreçlerinin aktif kullanımı önerilebilir.

## KAYNAKLAR

- Abbiss, C. R., & Laursen, P. B. (2007). Is part of the mystery surrounding fatigue complicated by context? *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10(5), 277-279.
- Adıgüzel, S., Ateş, B., ve Taş, M. (2022). Kadın futbolcularda 6 haftalık kettlebell antrenmanının statik ve dinamik denge üzerine etkisi. *Spor Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 15-23. <https://doi.org/10.25307/jssr.987526>
- Adıgüzel, S., Karataş, B., Soylu, Y., Taş, M., & Serin, E. (2022). Examination of psychological hardness levels of individual and team sportsmen. *Journal of International Social Research*, 15(91).
- Adın, R. M., Ceren, A. N., Salcı, Y., Fil-Balkan, A., Armutlu, K., & Ayhan-Kuru, Ç. (2022). Dimensionality, psychometric properties and population-based norms of the Turkish version of the chaldean fatigue scale among adults. *Health and Quality of Life Outcomes*, 20(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s12955-022-02074-x>
- Ağırbaş, Ö., Kishalı, N., & Çolak, M. (2009). Müsabaka döneminde erkek hentbol oyuncularının vücut kompozisyonlarının kan lipid ve lipoprotein düzeyleri üzerine etkisi. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 2(2), 133-151. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/68372>
- Akandere, M., Aktaş, S., & Er, Y. (2018). *Zihinsel antrenman ve spor*. Türkiye Barolar Birliği Yayınları.
- Albay, M. D., Tutkun, E., Ağaoğlu, Y. S., Canikli, A., & Albay, F. (2008). Hentbol, voleybol ve futbol üniversite takımlarının bazı motorik ve antropometrik özelliklerinin incelenmesi. *Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 6(1), 13-20.
- Allen, D. G., Lamb, G. D., & Westerblad, H. (2008). Impaired calcium release during fatigue. *Journal of Applied Physiology*, 104(1), 296-305. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00908.2007>
- Aras, D., Yiğit, S., Kayam, S., Arslan, E., & Akça, F. (2020). Bilişsel yorgunluğun egzersiz ve spor performansına etkileri. *Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 18(1), 1-32.
- Arring, N. M., Barton, D. L., Brooks, T., & Zick, S. M. (2019). Integrative therapies for cancer-related fatigue. *The Cancer Journal*, 25(5), 349-356.

- Aslankeser, Z. (2010). *Anaerobik antrenmanların santral ve periferik yorgunluk ile toparlanma süreçlerine etkileri* (Doktora tezi). Çukurova Üniversitesi.
- Aydemir, M. (2020). *Amatör ve profesyonel futbolcularda kullanılan toparlanma teknikleri ve toparlanma bilgi düzeylerinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi.
- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2007). Metabolic response and fatigue in soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(2), 111-127. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2.2.111>
- Başandaç, G., Barğı, G., & Tunay, V. B. (2023). Elit sporcularda anaerobik kapasite, anaerobik güç, yorgunluk indeksi ve fonksiyonel performansın karşılaştırılması. *Journal of Exercise Therapy and Rehabilitation*, 10(1), 57-65. <https://doi.org/10.15437/jetr.1126517>
- Baumeister, R. F., & Vohs, K. D. (2016). Strength model of self-regulation as limited resource: Assessment, controversies, update. In J. M. Olson & M. P. Zanna (Eds.), *Advances in experimental social psychology*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.aesp.2016.04.001>
- Bayram, A., Yalcin, I., Sahin, E., Ekinci, N. E., Talaghir, L. G., & Iconomescu, T. M. (2025). The role of recreational flow experience and well-being on re-participation intention: Recreational sport participants. *Frontiers in Psychology*, 16, 1574337. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1574337>
- Billat, L. V. (1996). Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. *Sports Medicine*, 22(3), 157-175. <https://doi.org/10.2165/00007256-199622030-00003>
- Birrer, D., & Morgan, G. (2010). Psychological skills training as a way to enhance an athlete's performance in high-intensity sports. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20, 78-87. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01188.x>
- Bishop, P. A., Jones, E., & Woods, A. K. (2008). Recovery from training: A brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 1015-1024. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816eb518>
- Boksem, M. A. S., & Tops, M. (2008). Mental fatigue: Costs and benefits. *Brain Research Reviews*, 59(1), 125-139.
- Bompa, T. O., & Haff, G. G. (2009). *Periodization: Theory and methodology of training* (5th ed.). Human Kinetics.
- Boolani, A., & Manierre, M. (2019). An exploratory multivariate study examining correlates of trait mental and physical fatigue and energy. *Fatigue: Biomedicine, Health & Behavior*, 7(1), 29-40. <https://doi.org/10.1080/21641846.2019.1573790>
- Borg, G. (1982). Ratings of perceived exertion and heart rates during short-term cycle exercise and their use in a new cycling strength test. *International Journal of Sports Medicine*, 3(3), 153-158. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1026080>
- Branscheidt, M., Kassavetis, P., Anaya, M., Rogers, D., Huang, H. D., Lindquist, M. A., & Celnik, P. (2019). Fatigue induces long-lasting detrimental changes in motor-skill learning. *eLife*, 8, e40578. <https://doi.org/10.7554/eLife.40578>
- Cengiz, Ö., Kılıç, M. A., & Soylu, Y. (2018). Ortaokul öğrencilerinin beden eğitimi dersine yönelik tutumlarının incelenmesi. *Sosyal Bilimler Akademi Dergisi*, 1(2), 141-149.
- Ceviz, E., & Adıgüzel, S. (2024). Kalistenik egzersizin performans ve sağlık üzerine etkisi. In H. Genç & M. Kerem (Eds.), *Hareket ve antrenman bilimleri üzerine araştırmalar-1* (pp. 76-92). Eğitim Yayınevi.

- Ceviz, E., & Kardeş, M. (2023). Besinlerin antioksidan etkisi ve egzersiz performansı. In M. Kul, Ü. Erbaş, & M. A. Ceyhan (Eds.), *Farklı boyutlarıyla spor araştırmaları 3* (pp. 31-53). Duvar Yayınları.
- Ceviz, E., Genç, H., & Sabancı, G. (2025). Genç elit futbolcularda kombine dayanıklılık ve kuvvet antrenmanlarının dayanıklılık ve sprint performansına etkisi. *Sportif Bakış: Spor ve Eğitim Bilimleri Dergisi*, 12(2), 252-264.
- Chalder, T., Berelowitz, G., Pawlikowska, T., Watts, L., Wessely, S., Wright, D., & Wallace, E. P. (1993). Development of a fatigue scale. *Journal of Psychosomatic Research*, 37(2), 147-153. [https://doi.org/10.1016/0022-3999\(93\)90081-P](https://doi.org/10.1016/0022-3999(93)90081-P)
- Craig, A., Tran, Y., Wijesuriya, N., & Nguyen, H. (2012). Regional brain wave activity changes associated with fatigue. *Psychophysiology*, 49(4), 574-582. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2011.01329.x>
- Çatıkkaş, F. (2016). Genç taekwondo sporcularının sağlıklı kilo verme davranışları. *CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 11(2), 125-130.
- Çayakar, A. (2019). Halsizlik ve yorgunluğa klinik yaklaşım. *Ege Tıp Bilimleri Dergisi*, 2(3), 168-178.
- Demir, G. T., Cicioğlu, H. İ., & Yarayan, Y. E. (2023). Algılanan fiziksel ve bilişsel yorgunluk ölçeği'nin geliştirilmesi (AFBYÖ): Geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Mediterranean Journal of Sport Science*, 6(3), 715-726.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Dinges, D. F., & Powell, J. W. (1985). Microcomputer analyses of performance on a portable, simple visual reaction time task during sustained operations. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 17(6), 652-655. <https://doi.org/10.3758/BF03200977>
- Dittner, A. J., Wessely, S. C., & Brown, R. G. (2004). The assessment of fatigue: A practical guide for clinicians and researchers. *Journal of Psychosomatic Research*, 56(2), 157-170. [https://doi.org/10.1016/S0022-3999\(03\)00371-4](https://doi.org/10.1016/S0022-3999(03)00371-4)
- Djaoui, L., Haddad, M., Chamari, K., & Dellal, A. (2017). Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers. *Physiology & Behavior*, 181, 86-94. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.09.004>
- Doerr, J. M., Nater, U. M., Feneberg, A. C., & Mewes, R. (2021). Differential associations between fatigue and psychobiological stress measures in women with depression and women with somatic symptom disorder. *Psychoneuroendocrinology*, 132, 105343. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2021.105343>
- Dündar, U. (2012). *Antrenman teorisi* (5. baskı). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2016). Translating fatigue to human performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(11), 2228-2238. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000929>
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Doleshal, P., & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 109-115. <https://doi.org/10.1519/00124278-200102000-00019>
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., ... & Swain, D. P. (2011). Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(7), 1334-1359. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213febf>
- Göncü, B. S., & Balcı, B. (2023). Sporda mücadele ve tehdit algısı açısından bilinçli farkındalığın önemi. *International Journal of Sport Exercise and Training Sciences-IJSETS*, 9(2), 59-60.

- Göncü, B. S., & Kardeş, M. (2023). Sporcu içecekleri ve beslenme. In M. Güçlü, F. Çatıktaş, & Z. Çakır (Eds.), *Farklı boyutlarıyla spor araştırmaları 2* (pp. 80-94). Duvar Yayınları.
- Gupta, L., Morgan, K., & Gilchrist, S. (2017). Does elite sport degrade sleep quality? A systematic review. *Sports Medicine*, 47(7), 1317-1333.
- Güler, M., & Akpınar, Ö. (2023). The prediction of physical and mental fatigue level in the use of ergogenic support of adolescent athletes. *SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 21(3), 212-225. <https://doi.org/10.33689/spormetre.1316722>
- Güleroğlu, F., & Eroğlu, H. (2019). Anaerobik egzersiz sonrası oluşan yorgunluğun sporcuların zihinsel dayanıklılık düzeylerine akut etkisi. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 21(3), 23-33.
- Günay, M., Şıktar, E., & Şıktar, E. (2018). *Antrenman bilimi* (Cilt 1). Gazi Kitabevi.
- Güneş, U., Güney, G., & Cengiz, Ö. (2023). Türkiye’de sporda şiddet ve saldırganlık üzerine yapılan çalışmaların analizi: Bir meta-sentez çalışması. *Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (32), 592-610.
- Hargreaves, M., & Richter, E. A. (1988). Regulation of skeletal muscle glycogenolysis during exercise. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 13(4), 197-203.
- Head, J. R., Tenan, M. S., Tweedell, A. J., Price, T. F., LaFiandra, M. E., & Helton, W. S. (2016). Cognitive fatigue influences time-on-task during bodyweight resistance training exercise. *Frontiers in Physiology*, 7, 373. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00373>
- Hepsert, S., Korkmaz, A. S., & Kılıç, Y. (2025). 11-12 yaş çocuklarda büyük dudak solunum egzersizinin yorgunluk, aerobik kapasite ve solunum fonksiyonlarına etkisinin incelenmesi: Kesitsel araştırma. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, 17(1).
- Herlambang, M. B., Taatgen, N. A., & Cnossen, F. (2019). The role of motivation as a factor in mental fatigue. *Human Factors*, 61(7), 1171-1185.
- Hjollund, N. H., Andersen, J. H., & Bech, P. (2007). Assessment of fatigue in chronic disease: A bibliographic study of fatigue measurement scales. *Health and Quality of Life Outcomes*, 5(1), 12. <https://doi.org/10.1186/1477-7525-5-12>
- Hopkins, W. G. (1991). Quantification of training in competitive sports: Methods and applications. *Sports Medicine*, 12(3), 161-183. <https://doi.org/10.2165/00007256-199112030-00004>
- İsbilir, M., Zuşa, A., Oral, O., & Cabuk, R., (2015). Relationship between muscle strength of dominant and nondominant ankle and dynamic balance in football players. *Baltic Journal of Sport and Health Sciences*, 3(98)
- Jeffreys, I. (2005). A multidimensional approach to enhancing recovery. *Strength and Conditioning Journal*, 27(5), 46-47. <https://doi.org/10.1519/00126548-200510000-00007>
- Kara, M., Kara, N. Ş., & Çetin, M. Ç. (2024). Sporcularda mental yorgunluk farkındalık ölçeği (SMYFÖ): Geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 22(1), 53-69. <https://doi.org/10.33689/spormetre.1372921>
- Karataş, M. (2016). *Yorgunluk baskısı altında tabanca atış performansının ölçülmesi: Polis mekik koşusu testi* (Doktora tezi). Kırıkkale Üniversitesi.
- Kargün, M., Albay, F., Cenikli, A., & Güllü, M. (2012). Türk futbol hakemlerinin iş doyumu ve mesleki tükenmişlik düzeylerinin incelenmesi. *Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 30-38.
- Karvonen, J., & Vuorimaa, T. (1988). Heart rate and exercise intensity during sports activities: Practical application. *Sports Medicine*, 5(5), 303-312. <https://doi.org/10.2165/00007256-198805050-00002>
- Kaya, G., & Ergin, G. (2021). Nörolojik hastalıklarda yorgunluk ve değerlendirme yöntemleri. *İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 6(3), 171-178.
- Kellmann, M., & Kallus, K. W. (2001). *Recovery-stress questionnaire for athletes: User manual*. Human Kinetics.

- Kellmann, M., Bertollo, M., Bosquet, L., & Coutts, A. J. (2018). Recovery and performance in sport: Consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(2), 240-245. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2017-0759>
- Kılıçgedik, M. (2025). *Yorgunluk şikâyeti ile birinci basamağa başvuran hastaların yorgunluk şiddeti ile depresyon ve uyku kalitesinin değerlendirilmesi* (Tıpta uzmanlık tezi). Sağlık Bilimleri Üniversitesi.
- Kızılet, A., Atılan, O., & Erdemir, I. (2010). The effect of different strength training on quickness and jumping abilities of basketball players between 12 and 14 age group. *Journal of Physical Education and Sport Sciences*, 12(2), 44-57.
- Kluger, B. M., Krupp, L. B., & Enoka, R. M. (2013). Fatigue and fatigability in neurologic illnesses: Proposal for a unified taxonomy. *Neurology*, 80(4), 409-416. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e31827f07be>
- Knicker, A. J., Renshaw, I., Oldham, A. R., & Cairns, S. P. (2011). Interactive processes link the multiple symptoms of fatigue in sport competition. *Sports Medicine*, 41(4), 307-328.
- Kurt, C., Pekünlü, E., Atalağ, O., & Çatıkkaş, F. (2010). Tam ve kısmi uyku yoksunluğunda performans. *CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 5(2), 70-76.
- Laird, P., & Waters, L. (2008). Eyewitness recollection of sport coaches. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 8(1), 76-84. <https://doi.org/10.1080/24748668.2008.11868424>
- Lamb, G. D. (2002). Excitation-contraction coupling and fatigue mechanisms in skeletal muscle: Studies with mechanically skinned fibres. *Journal of Muscle Research and Cell Motility*, 23(1), 81-91. <https://doi.org/10.1023/A:1021223709189>
- Lorist, M. M., Bezdan, E., ten Caat, M., Span, M. M., Roerdink, J. B., & Maurits, N. M. (2009). The influence of mental fatigue and motivation on neural network dynamics: An EEG coherence study. *Brain Research*, 1270, 95-106. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2009.03.015>
- Marcora, S. M., Staiano, W., & Manning, V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal of Applied Physiology*, 106(3), 857-864. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.91324.2008>
- Mizuno, K., Tanaka, M., Yamaguti, K., Kajimoto, O., Kuratsune, H., & Watanabe, Y. (2011). Mental fatigue caused by prolonged cognitive load associated with sympathetic hyperactivity. *Behavioral and Brain Functions*, 7, 17. <https://doi.org/10.1186/1744-9081-7-17>
- Mohr, M., Krustup, P., & Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: A brief review. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 593-599. <https://doi.org/10.1080/02640410400021286>
- Muratlı, S., Kalyoncu, O., & Şahin, G. (2011). Antrenman ve müsabaka (3 b.). *İstanbul: Kalyoncu Spor Danışmanlık San. Tic. Ltd. Şti. Ölmez, C., Yüksek, S., Üçüncü, M., Ayan, 2017*, 8-12.
- Nieuwenhuys, A., & Oudejans, R. R. D. (2012). Anxiety and perceptual-motor performance: Toward an integrated model of concepts, mechanisms, and processes. *Psychological Research*, 76(6), 747-759. <https://doi.org/10.1007/s00426-011-0384-x>
- Özkatar Kaya, E., & Kaya, M. (2025). Fiziksel aktivitenin otonom sinir sistemi üzerindeki rolü: Vagus siniri perspektifinden bakış. In M. Altınkök (Ed.), *Spor bilimleri alanında uluslararası akademik araştırma ve çalışmalar* (pp. 89–102). Serüven Yayınevi
- Pageaux, B., & Lepers, R. (2018). The effects of mental fatigue on sport-related performance. In *Progress in Brain Research* (Vol. 240, pp. 291-315).
- Phillips, S. (2024). *Fatigue in sport and exercise*. Routledge.
- Puetz, T. W. (2006). Physical activity and feelings of energy and fatigue: Epidemiological evidence. *Sports Medicine*, 36(9), 767-780.

- Pyne, D. B., & Martin, D. T. (2011). Fatigue-Insights from individual and team sports. In *Regulation of fatigue in exercise*. Nova Science Publishers.
- Riley, W. T., Rothrock, N., Bruce, B., Christodolou, C., Cook, K., Hahn, E. A., & Cella, D. (2010). Patient-reported outcomes measurement information system (PROMIS) domain names and definitions revisions: Further evaluation of content validity in IRT-derived item banks. *Quality of Life Research*, 19(9), 1311-1321. <https://doi.org/10.1007/s11136-010-9694-2>
- Ruiter, A. M., Verschuuren, J. J. G. M., & Tannemaat, M. R. (2020). Fatigue in patients with myasthenia gravis: A systematic review of the literature. *Neuromuscular Disorders*, 30(8), 631-639. <https://doi.org/10.1016/j.nmd.2020.06.010>
- Russell, S., Jenkins, D., Smith, M., Halson, S., & Kelly, V. (2019). The application of mental fatigue research to elite team sport performance: New perspectives. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(6), 723-728.
- Sahin, E., & Yalcin, I. (2024). Examining the relationship between the perceived benefit and life engagement of individuals participating in sportive recreational activities. *Journal of Physical Education and Sport*, 24(12), 2179-2186.
- Saraç, O. E., & Eskici, G. (2023). Sporcularda mental yorgunluk, bilişsel performans ve beslenme stratejileri: Geleneksel derleme. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, 15(2).
- Sarikabak, M., Hepsert, S., Dönmez, A., Baykara, C., Cana, H., Ayranci, M., & Çelebioğlu, H. A. (2025). Cognitive traces of life kinetic exercise in puberty sedentary subjects. *PLoS One*, 20(5), e0322778.
- Soylu, Y., Turgut, M., Canikli, A., & Kargün, M. (2021). Fiziksel aktivite, duygusal yeme ve ruh hali ilişkisi: Kovid-19 ve üniversite öğrencileri. *Spor Eğitim Dergisi*, 5(2), 88-97.
- Sullivan, Å., Nord, C. E., & Evengard, B. (2009). Effect of supplement with lactic-acid producing bacteria on fatigue and physical activity in patients with chronic fatigue syndrome. *Nutrition Journal*, 8(1), 4. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-8-4>
- Sun, H., Soh, K. G., Mohammadi, A., Toumi, Z., Zhang, L., Ding, C., ... Tian, J. (2024). Counteracting mental fatigue for athletes: A systematic review of the interventions. *BMC Psychology*, 12(1), 67.
- Şenel, Ö. (1995). *Aerobik ve anaerobik antrenman programlarının 13-16 yaş grubu erkek öğrencilerin bazı fizyolojik parametreleri üzerindeki etkileri* (Doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Terrados, N., Mielgo-Ayuso, J., Delextrat, A., Ostojic, S. M., & Calleja-Gonzalez, J. (2018). Dietetic-nutritional, physical and physiological recovery methods post-competition in team sports. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(3), 415-428.
- Tomporowski, P. D., & Pesce, C. (2019). Exercise, sports, and performance arts benefit cognition via a common process. *Psychological Bulletin*, 145(9), 929-951. <https://doi.org/10.1037/bul0000200>
- Toprak, M., Avcı, Y. E., & Cengiz, O. (2021). School physical education courses: A study on challenges and on restoring their functions. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 11(4), 306-315.
- Toubekis, A. G., Douda, H. T., & Tokmakidis, S. P. (2005). Influence of different rest intervals during active or passive recovery on repeated sprint swimming performance. *European Journal of Applied Physiology*, 93(5-6), 694-700. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1269-5>
- Türkmen, M., Genç, H., & Ceviz, E. (2021). Oyun ve çocuk gelişimi. In *Spor Bilimleri II* (pp. 45-61). Akademisyen Yayınevi.
- URL 1: Bilici, M. (2025). *Modifiye Borg skalası nedir?* <https://www.mekibilici.com/?pnum=225&pt=Modifiye+Borg+Skalas%C4%B1+Nedir%3F>

- Van Cutsem, J., Marcora, S., De Pauw, K., Bailey, S., Meeusen, R., & Roelands, B. (2017). The effects of mental fatigue on physical performance: A systematic review. *Sports Medicine*, 47(8), 1569-1588.
- Veness, D., Patterson, S. D., Jeffries, O., & Waldron, M. (2017). The effects of mental fatigue on cricket-relevant performance among elite players. *Journal of Sports Sciences*, 35(24), 2461-2467. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1273540>
- Weir, J. P. (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 231-240.
- Wenger, N., Takeuchi, Y.L., Lier, F., & Gojanovic, B. (2019). La fatigue chez l'athlète adolescent [Fatigue in the adolescent athlete]. *Revue Médicale Suisse*, 15(657), 1323-1328.
- Yüksel, O., Koç, H., Özdilek, Ç., & Gökdemir, K. (2007). Sürekli ve interval antrenman programlarının üniversite öğrencilerinin aerobik ve anaerobik gücüne etkisi. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 16(3), 133-139.