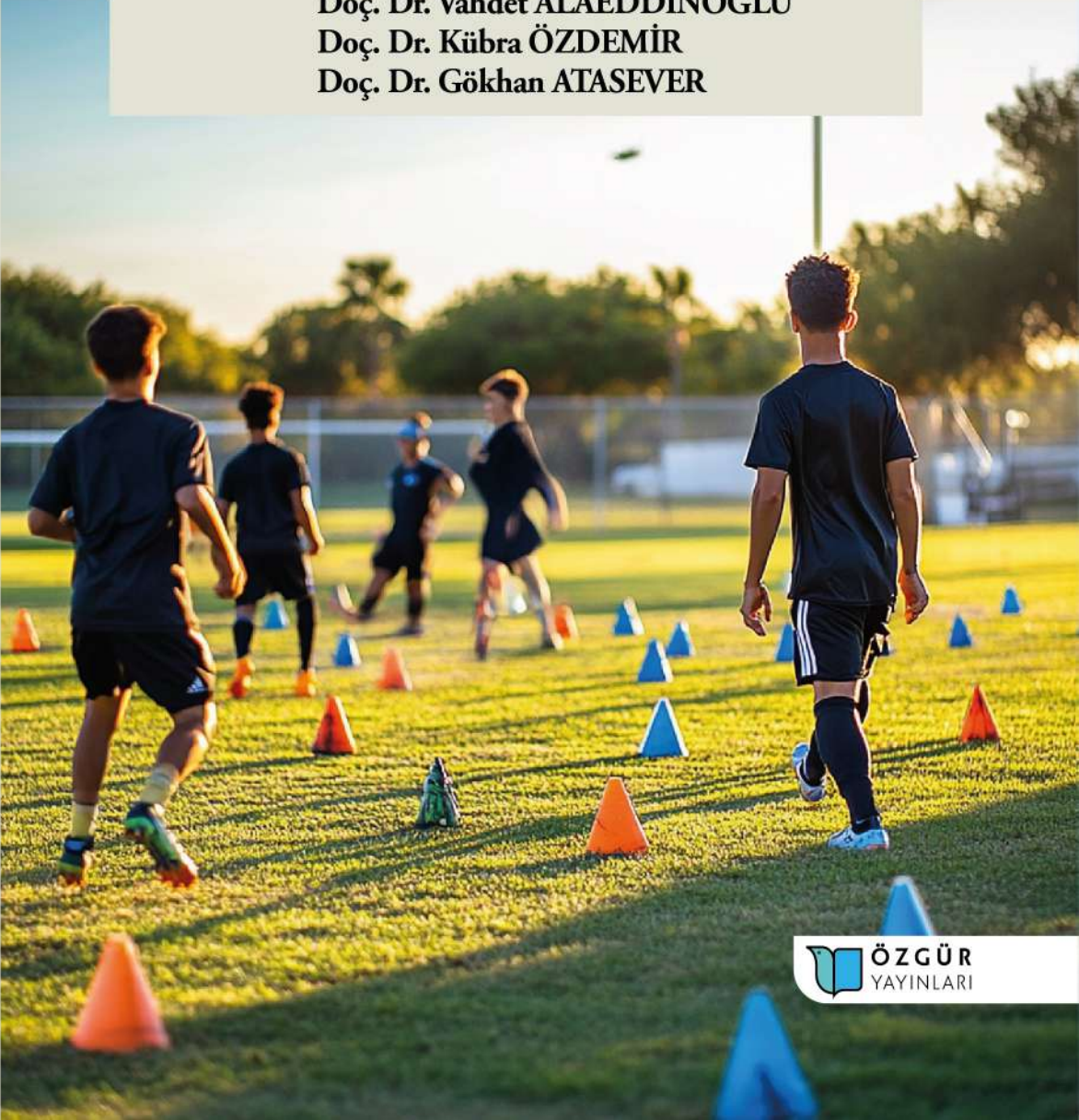


Sporda Güncel Akademik Araştırmalar'25 Serisi 2

Sporda Hareket, Antrenman ve Egzersiz Üzerine Araştırmalar

Editörler:

Prof. Dr. Ahmet Gökhan YAZICI
Doç. Dr. Vahdet ALAEDDİNOĞLU
Doç. Dr. Kübra ÖZDEMİR
Doç. Dr. Gökhan ATASEVER



Sporda Güncel Akademik Araştırmalar'25 Serisi 2

Sporda Hareket, Antrenman ve Egzersiz Üzerine Araştırmalar

Editörler:

Prof. Dr. Ahmet Gökhan YAZICI

Doç. Dr. Vahdet ALAEDDİNOĞLU

Doç. Dr. Kübra ÖZDEMİR

Doç. Dr. Gökhan ATASEVER



Published by
Özgür Yayın-Dağıtım Co. Ltd.
Certificate Number: 45503

📍 15 Temmuz Mah. 148136. Sk. No: 9 Şehitkamil/Gaziantep
☎ +90.850 260 09 97
📞 +90.532 289 82 15
🌐 www.ozguryayinlari.com
✉ info@ozguryayinlari.com

Sporda Güncel Akademik Araştırmalar'25 Serisi 2

Sporda Hareket, Antrenman ve Egzersiz Üzerine Araştırmalar

Editörler:

Prof. Dr. Ahmet Gökhan Yazıcı, Doç. Dr. Vahdet Alaeddinoğlu, Doç. Dr. Kübra Özdemir
Doç. Dr. Gökhan Atasever

Language: Turkish
Publication Date: 2025
Cover paint by Mehmet Çakır
Cover design and image licensed under CC BY-NC 4.0
Print and digital versions typeset by Ahmet Çevik

ISBN (PDF): 978-625-8554-44-1

DOI: - <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub1151>



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0). To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>
This license allows for copying any part of the work for personal use, not commercial use, providing author attribution is clearly stated.

Suggested citation:

Yazıcı, A. G. (ed), Alaeddinoğlu, V. (ed), Özdemir, K. (ed), Atasever, G. (ed) (2025). *Sporda Hareket, Antrenman ve Egzersiz Üzerine Araştırmalar* Özgür Publications. DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub1151>. License: CC-BY-NC 4.0

The full text of this book has been peer-reviewed to ensure high academic standards. For full review policies, see <https://www.ozguryayinlari.com/>



Önsöz

Spor bilimleri, insan organizmasının fiziksel aktiviteye verdiği akut ve kronik yanıtları inceleyen, multidisipliner bir araştırma alanı olarak sürekli gelişim göstermektedir. Bu gelişim sürecinde; hareketin mekanik temelleri, antrenman metodolojilerinin optimizasyonu ve egzersizin fizyolojik etkilerinin derinlemesine analiz edilmesi hem elit performansın artırılması hem de halk sağlığının korunması açısından kritik öneme sahiptir.

Sporda Hareket, Antrenman ve Egzersiz Üzerine Akademik Araştırmalar başlıklı bu eser, alanındaki güncel gelişmeleri kanıta dayalı bir perspektifle ele alan özgün çalışmaları bir araya getirmektedir. Kitap kapsamında; biyomekanik analizlerden motor kontrol süreçlerine, yeni nesil antrenman paradigmalarından metabolik adaptasyonlara kadar geniş bir literatür yelpazesi irdelenmektedir. Her bir bölüm, teorik çerçeveyi ampirik verilerle destekleyerek, spor bilimlerindeki karmaşık fenomenlerin anlaşılmasına katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bu çalışma, sadece akademik bir referans kaynağı olmakla kalmayıp, aynı zamanda uygulayıcılar için bilimsel temelli bir rehber niteliği taşımaktadır. Bilimsel rigor ve akademik tarafsızlık ilkeleriyle hazırlanan bu seçki, spor bilimleri literatüründeki bilgi birikimine özgün bir katkı sunma misyonu taşımaktadır.

İçindekiler

Bölüm 1

Nöromüsküler Adaptasyon ve Hareket Kalitesi: Fizyolojik Temeller ve Antrenman Uygulamaları	1
<i>Sefer Karabağ</i>	

Bölüm 2

Enerji Sistemleri, Antrenman Planlaması ve Beslenmenin Sporcu Performansı İle İlişkisi	13
<i>Fatih Kıyıcı, Ömer Yaşa</i>	

Bölüm 3

Aralıklı Orucun Otofaji – Mitofaji, Mikrobiyota ve Bilişsel Performans ve Nöroplastisite Üzerine Etkileri	43
<i>Muharrem Ogan, Mehmet Karasu</i>	

Bölüm 4

Egzersiz ve Sinir Sistemi Arasındaki Nörobiyolojik İlişkinin İncelenmesi	51
<i>Ömer Yaşa</i>	

Bölüm 5

Futbolda Performans Optimizasyonu: Yük Yönetimi ve Toparlanma Stratejileri	69
<i>Gökhan Atasever, Ahmet Dal</i>	

Bölüm 6

Alzheimer ve Egzersiz	79
<i>Fatmanur Er</i>	

Bölüm 7

En İyi Kramp Önleyici Gıdalar ve İçecekler	101
<i>Yusuf Ziya Doğru</i>	

Bölüm 8

Çocukluk–Ergenlikte Kas-İskelet Olgunlaşması: Kas–Kemik Ünitesi, Pık Kemik Kütlesi ve Direnç Antrenmanı Adaptasyonları	111
<i>Elif Akkuş</i>	

Bölüm 9

Futbolda Dar Alan Oyunları	129
<i>Alperen Bektaş, Gökhan Atasever</i>	

Bölüm 10

Neden Obliks Kasını Çalıştırmak Önemlidir ve Nasıl Çalıştırılmalıdır?	139
<i>Yusuf Ziya Doğru</i>	

Bölüm 11

Uzun Süreli Dayanıklılık Egzersizlerinde Karbonhidrat ve Sıvı Alımı: Kas Glikojeni, Kan Glikozu, Enerji Metabolizması ve Performans	149
<i>Elif Akkuş, Mehmet Karasu</i>	

Nöromüsküler Adaptasyon ve Hareket Kalitesi: Fizyolojik Temeller ve Antrenman Uygulamaları

Sefer Karabağ¹

Özet

Bu çalışma, nöromüsküler adaptasyon süreçlerinin hareket kalitesi üzerindeki etkilerini fizyolojik temeller ve antrenman uygulamaları bağlamında incelemektedir. Nöromüsküler sistemin plastisitesi, motor birimlerin aktivasyon düzeyleri, sinir-kas iletişimi ve proprioseptif geri bildirim mekanizmaları, hareketin etkinliği ve güvenliği açısından kritik rol oynamaktadır. Direnç antrenmanları, pliometrik uygulamalar ve denge temelli egzersizler, nöromüsküler adaptasyonu tetikleyerek hareket kalitesini artırmaktadır.

Araştırmada farklı antrenman protokolleri karşılaştırılmış; EMG, hareket analizi sistemleri ve fonksiyonel hareket tarama testleriyle motor kontrol, kas aktivasyon paternleri ve hareket simetrisi değerlendirilmiştir. Bulgular, çok eklemlili ve kompleks hareketlerde nöromüsküler adaptasyonun hareket ekonomisi ve postural stabiliteyi artırdığını göstermektedir.

Sonuç olarak, nöromüsküler hedeflerin antrenman planlamasına entegre edilmesi, performans artışı ve sakatlık riskinin azaltılması açısından stratejik bir yaklaşım sunmaktadır. Hareket kalitesinin yalnızca biomekanik değil, aynı zamanda nörofizyolojik temellere dayandığı vurgulanmakta; bireyselleştirilmiş, fizyolojik temelli antrenman modellerinin geliştirilmesi önerilmektedir.

1. Giriş

Spor performansının geliştirilmesinde nöromüsküler sistemin adaptif kapasitesi ve hareket kalitesinin değerlendirilmesi, son yıllarda hem akademik literatürde hem de uygulayıcı antrenman modellerinde ön plana çıkmaktadır. Geleneksel antrenman yaklaşımları çoğunlukla fizyolojik yüklenme parametrelerine odaklanırken, günümüzde hareketin niteliği, motor kontrol

1 Dr., Sarıkamış Anatolian Imam Hatip High School, Sarıkamış, Turkey. seferkarabag@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3553-0282>

düzeyi ve sinir-kas etkileşimi gibi daha kompleks bileşenler performansın belirleyicileri arasında değerlendirilmektedir (Şerifoğlu & Bozkurt, 2023).

Nöromüsküler adaptasyon; kas kuvveti, dayanıklılığı ve koordinasyon gibi fiziksel özelliklerin yanı sıra, merkezi sinir sistemi ile periferik kas yapıları arasındaki iletişimin gelişimini de kapsar. Bu adaptasyon süreci, bireyin antrenmana verdiği yanıtı belirleyen temel mekanizmalardan biridir ve özellikle branşa özgü hareket kalıplarının öğrenilmesi ve optimize edilmesinde kritik rol oynar (Serin, 2023).

Hareket kalitesi ise yalnızca biomekanik doğrulukla sınırlı olmayan, aynı zamanda sakatlık riskini azaltan, enerji verimliliğini artıran ve performansın sürdürülebilirliğini sağlayan bir parametre olarak değerlendirilmektedir. Fonksiyonel hareket taramaları, denge testleri ve çekirdek stabilizasyon ölçümleri gibi araçlar, bu kaliteyi objektif biçimde değerlendirmeye olanak tanımaktadır (Gökşin & Kırandı, 2024).

Bu bölümde, nöromüsküler adaptasyonun fizyolojik temelleri ile hareket kalitesinin ölçüm ve uygulama yöntemleri ele alınacak; ayrıca bu iki kavramın antrenman planlamasına entegrasyonu, branşa özgü örneklerle desteklenerek tartışılacaktır. Amaç, performans gelişimini yalnızca yüklenme temelli değil, aynı zamanda hareketin niteliğine dayalı bir yaklaşımla ele almak ve uygulayıcılar için bilimsel temelli bir çerçeve sunmaktır.

2. Nöromüsküler Adaptasyonun Fizyolojik Temelleri

Nöromüsküler adaptasyon, antrenman sürecine verilen fizyolojik yanıtların sinir sistemi ve kas dokusu etkileşimi üzerinden şekillendiği bir dizi biyolojik değişimi ifade eder. Bu adaptasyonlar, yalnızca kas hipertrofisi gibi yapısal değişimlerle sınırlı kalmaz; aynı zamanda motor ünite aktivasyonu, sinaptik iletim hızı, refleks yanıtları ve hareketin koordinatif kontrolü gibi işlevsel parametreleri de kapsar (Şerifoğlu & Bozkurt, 2023).

Antrenmanın ilk haftalarında gözlemlenen performans artışlarının büyük ölçüde sinirsel adaptasyonlara bağlı olduğu bilinmektedir. Bu süreçte motor ünite senkronizasyonu artar, antagonist kasların inhibisyonu azalır ve agonist kasların aktivasyon düzeyi yükselir. Bu değişimler, özellikle kuvvet ve sürat gibi nöromüsküler temelli performans bileşenlerinde belirgin hale gelir (Serin, 2023).

Nöromüsküler sistemin adaptif kapasitesi, bireyin antrenman geçmiş, yaş, cinsiyet ve genetik faktörler gibi değişkenlerden etkilenir. Ayrıca, uygulanan antrenman türü (maksimal kuvvet, pliometrik, izometrik vb.) ve yüklenme parametreleri (şiddet, süre, sıklık) adaptasyonun yönünü belirler.

Örneğin, düşük şiddetli ancak yüksek frekanslı nöromüsküler uyarılar, motor öğrenme ve hareket kontrolü üzerinde daha etkili olurken; yüksek şiddetli yüklenmeler kas liflerinde yapısal değişimlere yol açar (Gökşin & Kırandı, 2024).

Son yıllarda geliştirilen fNIRS (fonksiyonel yakın kızılötesi spektroskopisi), EMG (elektromiyografi) ve TMS (transkraniyal manyetik stimülasyon) gibi nörofizyolojik ölçüm teknikleri, bu adaptasyonların hem merkezi hem periferik düzeyde izlenmesine olanak tanımaktadır. Bu teknolojiler sayesinde, antrenman sonrası oluşan nöroplastik değişimler daha objektif biçimde değerlendirilebilmekte ve bireyselleştirilmiş antrenman programları geliştirilebilmektedir.

Bu nörofizyolojik sürecin görsel temsili Bkz. Şekil 2'de sunulmuştur. Diyagramda motor komutun beyinden kasa iletimi, spinal entegrasyon ve kas aktivasyonu aşamaları sırasıyla gösterilmekte; ayrıca proprioseptif geri bildirim döngüsüyle sinirsel adaptasyonun çift yönlü doğası vurgulanmaktadır.

Ölçüm noktaları

- **fNIRS**, motor korteks düzeyinde kortikal aktiviteyi izlemek için kullanılırken,
- **EMG**, kas lifleri düzeyinde elektriksel aktivasyonu değerlendirmek amacıyla uygulanmaktadır.

Bu iki ölçüm, nöromüsküler adaptasyonun hem merkezi hem periferik düzeyde izlenmesini mümkün kılar.

3. Hareket Kalitesi

Hareket kalitesi, bir bireyin motor kontrol, eklem stabilitesi, kas aktivasyonu ve koordinasyon düzeylerinin bütüncül bir ifadesidir. Bu kavram, yalnızca biomekanik doğrulukla sınırlı kalmayıp, aynı zamanda sakatlık riskinin azaltılması, enerji verimliliğinin artırılması ve performansın sürdürülebilirliğini sağlaması açısından kritik öneme sahiptir (Serin, 2023; Kumar, 2023).

Fonksiyonel hareket kalitesinin değerlendirilmesi için geliştirilen araçlar hem klinik hem de sportif uygulamalarda yaygın biçimde kullanılmaktadır. Özellikle Fonksiyonel Hareket Taraması (FMS), Y Balance Test ve Single Leg Squat Test gibi protokoller; hareketin simetrisini, denge düzeyini ve kontrol becerilerini objektif biçimde analiz etmeye olanak tanır (Gökşin & Kırandı, 2024; Mănescu, 2025). Bu testler, antrenman öncesi tarama,

sakatlık önleme stratejileri ve bireyselleştirilmiş program tasarımı açısından değerli bilgiler sunar.

Gökşin ve Kırandı'nın (2024) okul çağındaki çocuklar üzerinde yürüttüğü çalışmada, bütünleştirici nöromüsküler egzersizlerin motor beceri gelişimi ve hareket kalitesi üzerindeki olumlu etkileri vurgulanmıştır. Benzer şekilde, Mănescu (2025) tarafından yapılan nörofizyolojik modelleme çalışmaları, pliometrik ve kuvvet antrenmanlarının motor ünite aktivasyonu ve sinaptik verimlilik üzerindeki etkilerini ortaya koymuştur.

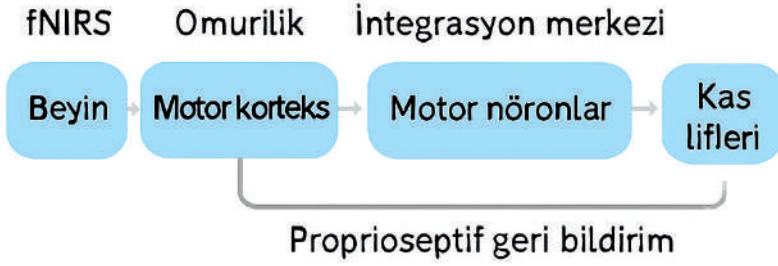
Kaya ve Demir'in (2024) çalışmasında, pliometrik antrenmanların nöromüsküler performans ve denge üzerindeki etkileri deneysel olarak ortaya konmuştur. Bu bulgular, hareket kalitesi bileşenlerinin antrenman türüne göre farklılaştığını göstermektedir.

Hareket kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan araçlar, ölçtükleri parametreler ve uygulama alanları açısından farklılık göstermektedir. Fonksiyonel hareket taramaları, denge testleri ve proprioseptif kontrol ölçümleri, spor branşına ve yaş grubuna göre seçilmelidir. Bkz. Tablo 1, bu araçların temel özelliklerini karşılaştırmalı biçimde sunarak uygulayıcıların değerlendirme sürecini yapılandırmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Tablo 1. Hareket Kalitesi Değerlendirme Araçlarının Karşılaştırılması.				
Araç Adı	Fonksiyonları	Uygulama Süresi	Branş Uyumu	Bilimsel Geçerlilik
FMS (Functional Movement Screen)	Stabilite, mobilite, simetri	10–15 dk	Tüm branşlar	Yüksek
Y Balance Test	Denge, asimetri, yön kontrolü	5–10 dk	Kayak, biathlon	Orta–Yüksek
Single Leg Squat Test	Propriosepsiyon, postüral kontrol	5 dk	Kayaklı koşu, atletizm	Orta
LESS (Landing Error Scoring System)	Sıçrama ve iniş kontrolü	5–7 dk	Basketbol, kayak	Yüksek
MCS (Movement Competency Screen)	Genel hareket becerisi	10 dk	Genç sporcular, rehabilitasyon	Orta–Yüksek

Kaynak: Uyarlanmıştır. Wijekulasuriya, Woods, Kittel & Larkin (2025); AbuEid et al. (2024).

Bu tablo, spor bilimlerinde yaygın olarak kullanılan hareket kalitesi değerlendirme araçlarını; ölçtükleri parametreler, uygulama süresi, branş uyumu ve bilimsel geçerlilik düzeylerine göre karşılaştırmalı biçimde sunmaktadır.



Şekil 1. Hareket Kalitesi Bileşenleri Şeması

Bu şema, hareket kalitesini belirleyen temel bileşenleri ve bunların performansla ilişkisini gösterir. Stabilitate, mobilitate, koordinasyon ve proprioepsiyon gibi alt sistemler merkezdeki “Hareket Kalitesi” kavramına bağlanır.

İlişkili testler

- FMS → Stabilitate & Mobilitate
- Y Balance → Denge & Proprioepsiyon
- LESS → Koordinasyon & iniş kontrolü

Hareket kalitesinin düşük olması, kompensatuar stratejilerin gelişmesine, aşırı yüklenmeye ve uzun vadede performans düşüşüne neden olabilir. Bu nedenle, antrenman planlamasında yalnızca yüklenme parametreleri değil, aynı zamanda hareketin niteliği de dikkate alınmalıdır. Özellikle çekirdek stabilizasyon, proprioseptif kontrol ve postüral denge gibi bileşenler, hareket kalitesinin temel belirleyicileri arasında yer alır (Şerifoğlu & Bozkurt, 2023; Aslam, Habyarimana & Bin, 2025).

Aslam ve arkadaşlarının (2025) elit ve amatör sporcular üzerinde yaptığı karşılaştırmalı çalışmada, nöromüsküler adaptasyonun hareket kalitesiyle doğrudan ilişkili olduğu ve bu ilişkinin branşa özgü performans çıktıları üzerinde belirleyici rol oynadığı gösterilmiştir. Özellikle kayaklı koşu ve biathlon gibi spor dallarında, denge ve koordinasyon becerileri yüksek

hareket kalitesiyle doğrudan bağlantılıdır. Bu bağlamda, hareket kalitesinin izlenmesi ve geliştirilmesi, performansın sürdürülebilirliği açısından stratejik bir gereklilik haline gelmiştir.

Nöromüsküler gelişimi hedefleyen antrenman modelleri, uygulama biçimlerine göre farklı sinirsel ve yapısal adaptasyonlar oluşturur. Bu bağlamda, maksimal kuvvet, pliometrik, izometrik ve eksantrik gibi temel antrenman türlerinin nöromüsküler sistem üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmelidir. Aşağıda sunulan Bkz. Tablo 2, bu antrenman türlerinin sinirsel adaptasyon düzeyi, kas yapısal değişimi ve motor kontrol üzerindeki etkilerini özetlemektedir.

Tablo 2. Antrenman Türlerine Göre Nöromüsküler Adaptasyon Özellikleri				
Antrenman Türü	Sinirsel Adaptasyon	Kas Yapısal Değişim	Motor Kontrol Etkisi	Uygulama Alanı
Maksimal Kuvvet	Yüksek	Yüksek	Orta	Güç sporları, Halter
Pliometrik	Orta-Yüksek	Düşük-Orta	Yüksek	Takım sporları, kayaklı koşu
İzometrik	Orta	Düşük	Orta	Rehabilitasyon, denge çalışmaları
Eksantrik	Yüksek	Yüksek	Orta	Sprint, tırmanış, kayak
HIIT (Aralıklı Yüksek Şiddet)	Orta	Orta	Yüksek	Biathlon, kayaklı koşu, dayanıklılık branşları

Kaynak: Uyarlanmıştır. Hedayatpour (2025); Hung, Su & Wang (2025); Aslam, Habyarimana & Bin (2025) Kaya & Demir (2024).

Bu tablo, farklı antrenman türlerinin nöromüsküler sistem üzerindeki etkilerini sinirsel adaptasyon, kas yapısal değişimi ve motor kontrol düzeyi açısından karşılaştırmalı olarak sunmaktadır.



Motor komutun beyinden kasa iletimi, spinal entegrasyon ve kas aktivasyonu aşamaları görselleştirilmiştir. Proprioseptif geri bildirim döngüsü, sinirsel adaptasyonun çift yönlü doğasını temsil eder. fNIRS ve EMG ölçüm noktaları, merkezi ve periferik izleme stratejilerini göstermektedir.

Ölçüm noktaları

- EMG: Kas lifi aktivasyonu sırasında
- fNIRS: Motor korteks ve prefrontal bölgede

4. Antrenman Modelleri ve Uygulama Yaklaşımları

Kayaklı koşu ve biathlon gibi kış sporları, yüksek düzeyde nöromüsküler koordinasyon, denge, çekirdek stabilizasyonu ve çevresel adaptasyon gerektiren branşlardır. Bu sporlar hem teknik beceri hem de fizyolojik dayanıklılık açısından karmaşık talepler sunar. Özellikle değişken arazi yapısı, tempo geçişleri ve silah kullanımı gibi faktörler, antrenman modellerinin branşa özgü biçimde yapılandırılmasını zorunlu kılar (Staunton et al., 2023).

Biathlon sporunda yapılan mikro-tempo analizleri, sporcuların silah taşıma durumuna göre kayak temposunu bilinçli biçimde ayarladıklarını ve bu ayarlamaların nöromüsküler kontrolle doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir (Staunton et al., 2023). Bu bulgu, antrenman planlamasında yalnızca fizyolojik yüklenme değil, aynı zamanda hareket stratejilerinin de bireyselleştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Solli ve arkadaşlarının (2023) dünya çapında bir kadın biathlon sporcusu üzerinde yürüttüğü uzunlamasına çalışmada, performans gelişiminin yalnızca VO_{2max} gibi aerobik parametrelerle değil, aynı zamanda teknik

beceri ve nöromüsküler dayanıklılıkla ilişkili olduğu gösterilmiştir. Bu durum, özellikle elit düzeydeki sporcular için teknik-temelli antrenmanların önemini vurgulamaktadır.

Kayaklı koşu branşında ise nöro-atletik antrenmanların pozisyon algısı ve hareket doğruluğu üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Contarli (2024) tarafından yürütülen klinik çalışmada, nöro-atletik uygulamaların kayaklı koşucularda proprioseptif duyarlılığı artırdığı ve postüral kontrolü iyileştirdiği saptanmıştır. Bu tür uygulamalar, özellikle gelişim çağındaki sporcular için motor öğrenme süreçlerini destekleyici niteliktedir.

Nord Üniversitesi bünyesindeki araştırma grubu, kayaklı koşu ve biathlon sporcularının eğitimle eş zamanlı performans gelişimini inceleyerek, genç sporcular için sürdürülebilir antrenman modelleri önermektedir. Bu modeller, nöromüsküler gelişimi destekleyen denge, çekirdek ve teknik beceri odaklı uygulamaları içermektedir (Nord University, 2025).

Bu tür izleme modellerine örnek olarak aşağıda sunulan nörofizyolojik protokol verilebilir:

Uygulama Protokolü – Nörofizyolojik İzleme

Bu çalışmada nöromüsküler aktivasyonun merkezi ve periferik düzeyde izlenmesi amacıyla fNIRS ve EMG ölçüm teknikleri kullanılmıştır.

- **fNIRS ölçümleri**, motor korteks üzerinde 10 Hz örnekleme frekansında, 5 dakikalık aktivasyon süresi boyunca gerçekleştirilmiştir.

- **EMG ölçümleri**, vastus lateralis kasında, 3 saniyelik maksimal kasılma testleri sırasında çift kanallı yüzey elektrotlarla alınmıştır.

- Tüm ölçümler, katılımcının oturma pozisyonunda ve sabit sıcaklıkta yapılmıştır.

Bu protokol, nöroplastik yanıtların izlenmesi ve bireyselleştirilmiş antrenman planlaması için güvenilir bir temel sunmaktadır.

Son olarak, Losnegard, Kocbach ve Sandbakk (2025), kayaklı koşu ve biathlon gibi branşlarda “stochastic interval profile” olarak tanımlanan düzensiz tempo geçişlerinin, nöromüsküler sistem üzerinde yüksek stres oluşturduğunu ve bu nedenle antrenmanların tempo regülasyonu ve enerji yönetimi odaklı biçimde yapılandırılması gerektiğini belirtmiştir.

5. Performans İzleme ve Geri Bildirim Mekanizmaları

Nöromüsküler adaptasyonun ve hareket kalitesinin etkili biçimde izlenmesi, antrenman sürecinin bireyselleştirilmesi ve performansın

sürdürülebilir biçimde geliştirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Bu izleme süreci, yalnızca fizyolojik parametrelerin değil, aynı zamanda sinir-kas etkileşimi, motor kontrol düzeyi ve teknik becerilerin de değerlendirilmesini gerektirir (Losnegard et al., 2025).

Günümüzde kullanılan teknolojik araçlar arasında **elektromiyografi (EMG)**, **fonksiyonel yakın kızılötesi spektroskopi (fNIRS)**, **GPS tabanlı tempo analiz sistemleri**, **video hareket analizi** ve **kuvvet platformları** yer almaktadır. Bu sistemler, sporcuların antrenman sırasındaki nöromüsküler aktivasyon düzeylerini, hareket doğruluğunu ve yüklenme tepkilerini objektif biçimde izlemeye olanak tanır (Contarlı, 2024).

Özellikle kayaklı koşu ve biathlon gibi branşlarda, performansın izlenmesi yalnızca fizyolojik dayanıklılıkla sınırlı değildir. Staunton ve arkadaşlarının (2023) mikro-tempo analizlerine dayalı çalışmaları, sporcuların yarış içi tempo geçişlerini nöromüsküler kontrolle yönettiğini ve bu geçişlerin teknik beceriyle doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, izleme sistemlerinin teknik ve nörolojik parametreleri birlikte değerlendirmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Antrenör-sporcu etkileşimi de geri bildirim mekanizmalarının etkinliğini belirleyen önemli bir faktördür. Solli ve arkadaşlarının (2023) uzun bir dönemde yaptıkları çalışmalarında, dünya çapında bir kadın biathlon sporcusunun performans gelişiminin, düzenli teknik geri bildirim ve bireyselleştirilmiş izleme protokolleriyle desteklendiği gösterilmiştir. Bu yaklaşım, özellikle elit düzeydeki sporcular için nöroplastik gelişimi destekleyici niteliktedir.

Nord Üniversitesi bünyesindeki araştırma grubu, genç kayaklı koşu ve biathlon sporcuları için geliştirilen izleme modellerinde, teknik beceri, denge, çekirdek kontrolü ve nöromüsküler yanıtların eş zamanlı olarak değerlendirildiği bütüncül protokoller önermektedir (Nord University, 2025). Bu protokoller hem gelişim çağındaki sporcular hem de elit düzeydeki bireyler için sürdürülebilir performans yönetimi açısından örnek teşkil etmektedir.

6. Sonuç ve Öneriler

Nöromüsküler adaptasyon ve hareket kalitesi, spor performansının sürdürülebilir biçimde geliştirilmesinde kritik rol oynayan iki temel bileşendir. Bu kavramlar, yalnızca fizyolojik yüklenme parametreleriyle değil, aynı zamanda sinir-kas koordinasyonu, motor kontrol, teknik beceri ve çevresel uyum gibi çok boyutlu süreçlerle ilişkilidir. Özellikle kayaklı koşu ve biathlon gibi kış sporlarında, bu bileşenlerin eş zamanlı gelişimi

performansın belirleyici unsurlarını oluşturmaktadır (Losnegard et al., 2025; Solli et al., 2023).

Antrenman modellerinin nöromüsküler gelişimi destekleyecek biçimde yapılandırılması, bireysel farklılıkların ve branşa özgü taleplerin dikkate alınmasını gerektirir. Fonksiyonel antrenman, çekirdek stabilizasyon, denge ve proprioseptif uygulamalar hem gelişim çağındaki sporcular hem de elit düzeydeki bireyler için nöroplastik değişimleri tetikleyici niteliktedir (Contarlı, 2024; Nord University, 2025).

Performansın izlenmesi ve geri bildirim mekanizmalarının etkin biçimde kullanılması, antrenman sürecinin bireyselleştirilmesini ve teknik becerilerin optimize edilmesini sağlar. EMG, fNIRS, video analiz ve mikro-tempo izleme gibi teknolojik araçlar, nöromüsküler aktivasyonun ve hareket kalitesinin objektif biçimde değerlendirilmesine olanak tanır (Staunton et al., 2023).

Tablo 3. Uygulayıcılar İçin Öneriler	
Uygulama Alanı	Öneri
Antrenman Planlaması	Nöromüsküler hedefler açık biçimde tanımlanmalı ve düzenli izlenmelidir.
Hareket Kalitesi Ölçümü	FMS, Y-Balance gibi testler periyodik olarak uygulanmalıdır.
Teknik Beceri Gelişimi	Branşa özgü beceriler nörolojik yüklenme ile entegre edilmelidir.
Geri Bildirim Sistemleri	Sporcuya özgü bireyselleştirilmiş izleme protokolleri kullanılmalıdır.

Araştırmacılar İçin Öneriler

- Nöromüsküler adaptasyonun yaş, cinsiyet ve branş düzeyine göre farklılıklarını inceleyen uzunlamasına çalışmalar artırılmalıdır.
- Hareket kalitesi ile performans arasındaki nedensel ilişkileri açıklayan deneysel tasarımlar geliştirilmelidir.
- Kış sporlarında teknik beceri ve nörolojik yüklenme etkileşimini modelleyen disiplinler arası çalışmalar teşvik edilmelidir.

Sonuç olarak, nöromüsküler adaptasyon ve hareket kalitesi odaklı antrenman modelleri, modern spor bilimlerinin temel yapı taşları arasında yer almakta; bu yaklaşımlar hem performansın artırılması hem de sporcu sağlığının korunması açısından stratejik bir çerçeve sunmaktadır.

Kaynakça

- AbuEid, K. S., Mohamad, A. A., Motaz, A. A., Islam, A. A., & Dababsch, F. M. (2024). Evaluating movement quality among sports science students. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*, 12(3), 504–514. <https://doi.org/10.13189/saj.2024.120306>
- Aslam, S., Habyarimana, J. D. D., & Bin, S. Y. (2025). Neuromuscular adaptations to resistance training in elite versus recreational athletes. *Frontiers in Physiology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1598149>
- Contarli, N. (2024). The effect of neuro-athletic training on physical performance and position sense in cross-country skiers. *ICH GCP Clinical Trial Registry*. <https://ichgcp.net/clinical-trials-registry/NCT06743230>
- Gökşin, Ş. Ö., & Kırandı, Ö. (2024). Okul çağındaki çocuklarda bütünleştirici nöromusküler egzersizler ve motor beceriler: Güncel bulgular ve öneriler. *Yalova Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 3(2), 45–58. <https://doi.org/10.70007/yalovaspor.1510212>
- Hedayatpour, N. (2025). Acute and chronic neural adaptations to different types of muscle contractions. *Sport Sciences for Health*, 21, 1223–1232. <https://doi.org/10.1007/s11332-024-01313-6>
- Hung, C.-H., Su, C.-H., & Wang, D. (2025). The role of high-intensity interval training (HIIT) in neuromuscular adaptations. *Life*, 15(4), 657. <https://doi.org/10.3390/life15040657>
- Kaya, R., & Demir, E. (2024). Pliometrik antrenmanın nöromusküler performans ve denge üzerindeki etkileri. *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 29(1), 55–68. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10421538>
- Kumar, A. (2023). Movement quality and injury prevention in elite athletes: A review. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 63(2), 189–198. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.23.13987-6>
- Losnegard, T., Kochbach, J., & Sandbakk, Ø. (2025). Pacing demands in competitive Nordic skiing. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 20, 4–16. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2024-0135>
- Mănescu, D. C. (2025). Computational analysis of neuromuscular adaptations to strength and plyometric training: An integrated modeling study. *Sports*, 13(9), 298. <https://doi.org/10.3390/sports13090298>
- Nord University. (2025). Performance development in cross-country skiing and biathlon. <https://www.nord.no/en/research/research-groups/performance-development-in-cross-country-skiing-and-biathlon>
- Serin, H. (2023). Nöromusküler adaptasyonun performans gelişimindeki rolü. *Antrenman Bilimleri Dergisi*, 11(2), 112–128. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10421532>

- Şerifoğlu, M., & Bozkurt, S. (2023). Sinir-kas etkileşimi ve hareket kalitesi: Antrenman planlamasına etkileri. *Spor ve Egzersiz Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 33–49. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10421535>
- Solli, G. S., Flom, A. H., & Talsnes, R. K. (2023). Long-term development of performance, physiological, and training characteristics in a world-class female biathlete. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1197793>
- Staunton, C. A., Jonsson Kårström, M., Björklund, G., & Laaksonen, M. S. (2023). Performance and micro-pacing strategies in biathlon skiing. *Sports Engineering*, 26(3). <https://doi.org/10.1007/s42978-023-00237-w>
- Wijekulasuriya, G. A., Woods, C. T., Kittel, A., & Larkin, P. (2025). The development and content of movement quality assessments in athletic populations. *Sports Medicine – Open*, 11, Article 7. <https://doi.org/10.1186/s40798-025-00813-0>

Enerji Sistemleri, Antrenman Planlaması ve Beslenmenin Sporcu Performansı İle İlişkisi

Fatih Kıyıcı¹, Ömer Yaşa²

Özet

Bu bölüm, sportif performansın sürdürülebilir biçimde artırılmasının, enerji sistemleri (ATP-PCr, anaerobik glikoliz, aerobik), bilimsel temelli antrenman planlaması ve kanıta dayalı beslenmenin bütüncül entegrasyonuna dayandığını ortaya koymaktadır. Enerji sistemlerinin egzersiz süresi ve şiddetine göre devreye giriş dinamiklerinin doğru anlaşılması; periodizasyonun mikro–mezo–makro–megasiklus düzeylerinde yüklenme–dinlenme dengesinin, bireyselleştirme ve özelleşme prensipleriyle birleştirilmesini mümkün kılar. Beslenmede, karbonhidratların glikojen ekonomisini koruyucu, proteinlerin kas protein sentezi ve toparlanmayı destekleyici, yağların uzun süreli oksidatif enerji üretimine katkı sağlayıcı rolleri vurgulanır; vitamin-mineraller ve elektrolitler oksijen taşınması, sinir iletimi, kas kontraksiyonu ve antioksidan savunma için kritiktir. Hidrasyon performansın sürekliliğinde belirleyicidir. Antrenman öncesi-sırası-sonrası beslenme zamanlaması, enerji sürekliliği ve toparlanmayı optimize eder; kreatin, beta-alanin, kafein ve sodyum bikarbonat gibi ergojenik desteklerin etkinliği ise doz-zamanlama-tolerans ve hedef uyumuna bağlıdır. Vaka örnekleri düzeyinde, maratonda aerobik, halterde ATP-PCr, takım sporlarında karma enerji profili öne çıkar; bu enerji profili antrenman ve beslenme tasarımı yönlendirir. Sonuç olarak, ölçme-izleme temelli ve bireyselleştirilmiş bu bütünsel yaklaşım, yalnızca kısa vadeli yarışma başarısını değil, uzun vadeli adaptasyon, dayanıklılık, toparlanma kapasitesi ve kariyer sürdürülebilirliğini de güvence altına alır.

- 1 Prof. Dr. Fatih KIYICI, Atatürk Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Erzurum, fkiyici@atauni.edu.tr, 0000-0003-1982-3894
- 2 Ömer YAŞA, Atatürk Üniversitesi, Kış Sporları ve Spor Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, omer.yasa16@ogr.atauni.edu.tr, 0000-0003-3837-393X

1. Giriş

Sporcuların performans düzeylerini artırmaları, yalnızca yoğun antrenmanlarla değil; fizyolojik enerji sistemlerinin verimli kullanımı, bilimsel temelli antrenman planlaması ve yeterli-dengeli beslenme stratejileri ile mümkündür. Bu üç temel unsurun bir arada ve uyum içinde kullanılması, sporcularda optimal fiziksel kapasitenin gelişimini desteklerken aynı zamanda performansın sürdürülebilirliğini sağlar (Mercan, 2021; Kellmann vd., 2018; Mujika vd., 2018). Bu bağlamda, bu bölümün amacı enerji üretim sistemlerinin özelliklerini, antrenman planlamasının temel ilkelerini ve sporcu beslenmesinin performansa etkilerini inceleyerek okuyucuya kapsamlı bir bakış açısı kazandırmaktır.

Enerji sistemleri, vücudun fiziksel aktivite sırasında ihtiyaç duyduğu enerjiyi hangi yolla ürettiğini belirleyen mekanizmalardır (Şahin & Taşkın, 2023). Anaerobik alaktik (ATP-PCr), anaerobik laktik (glikoliz) ve aerobik (oksidatif) enerji sistemleri, yapılan sporun türüne, süresine ve yoğunluğuna göre devreye girerek enerji ihtiyacını karşılar (Dündar, 2003; Gastin, 2001; Franchini, 2023). Bu sistemlerin doğru anlaşılması, antrenman yüklenmelerinin bireysel özelliklere göre uyarlanmasını kolaylaştırarak sporcu verimliliğini artırır (Hostrup & Bangsbo, 2023).

Antrenman planlaması, sporcuların fizyolojik, psikolojik ve teknik kapasitelerine uygun olarak yüklenme ve dinlenme süreçlerinin yapılandırılmasını kapsar (Akkaya, 2022). Planlamanın bilimsel temellere dayandırılması, antrenmanların amaçlı ve sistematik bir şekilde uygulanmasını sağlar (Bompa & Haff, 2019; Mujika vd., 2018). Bu süreçte antrenman yoğunluğu, sıklığı ve süresi gibi değişkenlerin enerji sistemleriyle uyumlu biçimde organize edilmesi, adaptasyon sürecini hızlandırır ve sakatlık riskini azaltır (Kellmann vd., 2018).

Beslenme ise sporcunun enerji ihtiyacını karşılamasının ötesinde; toparlanma, bağışıklık sistemi fonksiyonları ve antrenman yanıtı üzerinde doğrudan etkili bir faktördür (Mor, 2018). Karbonhidrat, protein ve yağ dengesinin yanı sıra sıvı alımı ve mikro besin öğeleri, antrenman performansını optimize eden başlıca unsurlar arasında yer alır (Karagöz, 2023; Burke vd., 2019; Thomas, Erdman, & Burke, 2016). Yetersiz veya dengesiz beslenme; yorgunluk, konsantrasyon bozuklukları, toparlanma süresinde uzama ve sakatlık risklerinde artışa yol açabilir (Logue vd., 2018; Melin vd., 2024).

Sonuç olarak, sporcu performansının sürdürülebilirliği, enerji sistemleri, antrenman planlaması ve beslenmenin birbirini tamamlayacak şekilde

yönetilmesiyle mümkündür. Bu bileşenlerin doğru entegrasyonu, sporcunun hem antrenman hem de müsabaka süreçlerinde en üst düzey verimi elde etmesine katkı sağlar (Guest vd., 2021; Vitale & Getzin, 2019).

2. Enerji Sistemleri ve ATP

2.1. Anaerobik Enerji Sistemleri

Anaerobik enerji sistemleri, kısa süreli ve yüksek şiddetli egzersizlerde devreye girer ve oksijen kullanmadan ATP üretimini sağlar (Yıldız, 2012). Bu sistemler hızlı ATP sentezi sunar; ancak bu hız, düşük verimlilik ve erken yorgunlukla sınırlıdır. Anaerobik sistemler iki ana alt sistemden oluşur.

2.1.1. ATP-PCr Sistem

ATP-PCr sistemi, literatürde aynı zamanda kreatin fosfat sistemi, fosfojen sistem veya alaktik enerji sistemi olarak da adlandırılmaktadır (Gastin, 2001; Spriet, 1992; Sahlin & Harris, 2011). Bu sistem, kısa süreli ve yüksek şiddetli fiziksel aktivitelerde enerji ihtiyacını karşılamak üzere devreye giren, vücudun en hızlı ATP üretebilen enerji yoludur (Franchini, 2023; Julio vd., 2017). Kas hücrelerinde sınırlı miktarda bulunan adenozin trifosfat (ATP) ve kreatin fosfat (CP), bu sistemin temel enerji kaynaklarını oluşturur. Kreatin fosfatın parçalanması sonucu ortaya çıkan enerjiyle adenozin difosfat (ADP) yeniden ATP'ye dönüştürülür; bu süreçte 1 mol kreatin fosfattan 1 mol ATP elde edilir (Sahlin & Harris, 2011; Sah vd., 2022).

Oksijen kullanımına ihtiyaç duyulmaz ve laktik asit oluşumu gerçekleşmez (Spriet, 1992; Shen vd., 2021). ATP-PCr sistemi, özellikle 10–15 saniyeyi geçmeyen kısa süreli maksimal eforlarda etkilidir ve yüksek patlayıcı güç gerektiren spor performanslarında belirleyici rol oynar (Franchini, 2023; Julio vd., 2017). Atletizmdeki kısa mesafe koşuları (ör. 100 metre), atma ve atlama branşları, futbolda topa vurma anı, voleybolda smaç vuruşu ve basketbolda turnike atışı gibi örneklerde bu sistem baskın olarak çalışır. Bu tür yüksek yoğunluklu, kısa süreli aktivitelerde, hızlı kasılan Tip II (beyaz) kas lifleri ön plandadır ve enerji sisteminin etkinliğini belirleyen temel kas lifi tipidir (Valkovic vd., 2022).

2.1.2. Anaerobik Glikoliz

Anaerobik glikolizis sistemi, egzersiz sırasında hızlı enerji üretiminin gerekli olduğu ancak ATP-PCr sisteminin süresinin yetersiz kaldığı durumlarda devreye giren bir enerji sistemidir (Açıkada, 2021; Spriet, 1992; Gastin, 2001). Literatürde sıklıkla “laktik asit sistemi” olarak da anılmaktadır (Özgür, 2016; Bayram, 2025). Bu sistemin temel enerji kaynağı,

karbonhidratlardır (glikoz ve glikojen) (Bompa & Haff, 2019; Sahlin & Harris, 2011). Glikozun hücre sitoplazmasında oksijen kullanılmaksızın yıkılmasıyla ATP sentezlenir ve bu süreçte yan ürün olarak laktik asit (LA) oluşur (Spriet, 1992; Özgür, 2016). Anaerobik glikoliz yoluyla, bir mol glikozdan yaklaşık 2 ila 3 mol ATP elde edilir (Açıkada, 2021; Dünder, 2003).

Bu sistem, özellikle 1 ila 3 dakika arasında süren, yüksek şiddetli egzersizlerde enerji ihtiyacını karşılamak üzere etkindir (Turgay vd., 2014; Aktaş, 2023; Franchini, 2023). Süre uzadıkça ve enerji talebi devam ettikçe, glikozun parçalanması hızlanır ve oluşan laktik asit, kas dokusunda ve kan dolaşımında birikmeye başlar (Akbaş vd., 2017; Cicioğlu, 2002; Andre, Fırat & Özçelik, 2024). Bu birikim, kas içi pH seviyesini düşürerek yorgunluğun temel nedenlerinden biri haline gelir (Bayram, 2025; Gastin, 2001). Dinlenik durumda kandaki laktat konsantrasyonu yaklaşık 1 mmol/L düzeyindeyken, yoğun egzersizle birlikte bu değer 16–20 mmol/L seviyelerine kadar çıkabilir (Akbaş vd., 2017; Aybek, 2023; Yıldız, 2012).

Egzersiz sonrasında veya oksijenin yeterli olduğu durumlarda, biriken laktik asit vücut tarafından metabolize edilir. Bu metabolik süreçlerin yaklaşık %72'si, laktatın kaslarda oksidatif yollarla enerjiye dönüştürülmesiyle gerçekleşir (Spriet, 1992; Açıkada, 2021). Geri kalan %18'i ise, karaciğerde glukoneogenez süreciyle yeniden karbonhidrata (glikoza) dönüştürülür (Bompa & Haff, 2019; Dünder, 2003; Özgür, 2016).

Anaerobik glikoliz sistemi, özellikle orta süreli yüksek yoğunluklu sporlarda baskın enerji kaynağıdır (Franchini, 2023; Julio vd., 2017; Bayram, 2025). Örnek olarak, 400–800 metre koşuları, 100–200 metre yüzme yarışları, bir rauntluk boks müsabakaları veya bir periyotluk güreş karşılaşmaları gibi aktiviteler verilebilir (Turgay vd., 2014; Aktaş, 2023). Bu egzersizlerde hızlı enerji üretimi ile birlikte laktat birikimi de gözlemlenir; bu nedenle antrenman planlamasında bu sistemin fizyolojik sınırları dikkate alınmalıdır (Akkaya, 2022; Bompa & Haff, 2019; Dünder, 2003).

2.2. Aerobik Sistem

Aerobik sistem, enerji üretiminde oksijen kullanımının temel alındığı ve uzun süreli dayanıklılık gerektiren fiziksel aktivitelerde baskın rol oynayan enerji sistemidir. Bu sistem, karbonhidratlar (glikoz), yağlar ve proteinlerin mitokondri organellerinde oksidatif metabolizma yoluyla parçalanması sonucu ATP sentezini sağlar. Aerobik sistem, enerji üretiminde en verimli ancak en yavaş mekanizma olarak kabul edilir.

Bir mol glikozun oksidatif yıkımı sonucunda yaklaşık 38–39 mol ATP

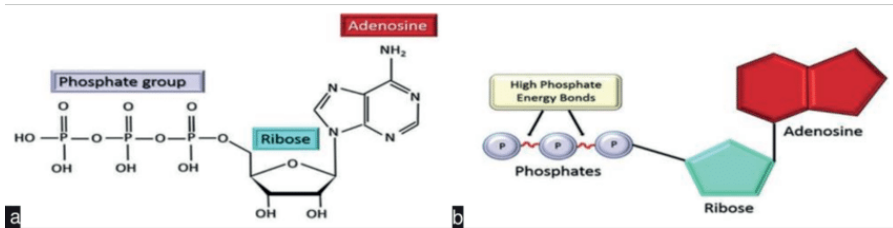
üretilirken, yağların oksidasyonu çok daha fazla enerji sağlar; örneğin uzun zincirli yağ asitlerinin metabolizması sonucunda 130 mol ATP'ye kadar enerji elde edilebilir. Ancak, eşit miktarda oksijen kullanımı koşulunda karbonhidratların enerji verimliliği yağlara kıyasla daha yüksektir (Alaeddinoğlu, Kaya, 2016).

Bu sistem, dayanıklılık sporlarında, örneğin maraton koşusu, triatlon, uzun mesafe yüzme ve bisiklet gibi uzun süre devam eden orta ve düşük şiddetteki egzersizlerde temel enerji kaynağıdır. Mitokondriyal enzimlerin aktivitesi, oksijen taşıma kapasitesi ve kardiyovasküler dayanıklılık aerobik sistemin performansını belirleyen başlıca fizyolojik parametrelerdir.

Sonuç olarak, aerobik enerji sistemi, yüksek miktarda ATP sentezleyerek uzun süreli kas aktivitesini desteklerken, yorgunluk oluşumunu geciktirir ve sporunun dayanıklılığını artırır.

2.3. Adenozin Trifosfat (ATP)

Fiziksel aktivite sırasında kas kasılmalarının gerçekleşebilmesi için gerekli olan temel enerji kaynağı, biyolojik bir molekül olan adenozin trifosfat (ATP)'dir (Gastin, 2001; Spriet, 1992). ATP, vücutta doğrudan kullanılan tek enerji formudur ve tüm metabolik süreçlerde enerji aktarımının merkezinde yer alır (Valkovič vd., 2022). Kimyasal olarak ATP; adenin bazına bağlı bir riboz (şeker) molekülü ve üç adet fosfat grubundan oluşur, bu yapısı sayesinde yüksek enerjili fosfat bağlarını içerir (Mahoney vd., 2018). Her kas kasılması, ATP'nin bir fosfat grubunu kaybederek adenozin difosfat (ADP) haline dönüşmesiyle birlikte ortaya çıkan enerji sayesinde gerçekleşir (Sahlin & Harris, 2011; Shen vd., 2021). Ancak, kas hücrelerinde depolanan ATP miktarı oldukça sınırlıdır ve yalnızca birkaç saniyelik yüksek şiddetli fiziksel aktiviteyi karşılayabilecek düzeydedir (Spriet, 1992; Julio vd., 2017). Bu nedenle, egzersiz süresince sürekli olarak yeni ATP sentezi gerekmektedir. Vücut, bu ihtiyacı karşılayabilmek için üç temel enerji sistemini kullanır: ATP-PCr sistemi, anaerobik glikoliz ve aerobik sistem (Franchini, 2023; Gastin, 2001).



Şekil 1. Adenozin Trifosfat Kimyasal Yapısı (Mahoney vd., 2018).

2.4. Enerji Sistemlerinin Sporcu Performansı Üzerindeki Rolü

Sporcularda fiziksel performansın sürdürülebilirliği ve etkinliği, enerji sistemlerinin doğru ve verimli bir şekilde çalışmasına doğrudan bağlıdır (Gastin, 2001; Franchini, 2023). Egzersiz sırasında kaslara gereken enerjinin sağlanması; aktivitenin süresi, şiddeti, tipi ve sporcunun fizyolojik kapasitesine göre farklılık gösteren enerji sistemleri tarafından gerçekleştirilir (Julio vd., 2017; Spriet, 1992). Bu sistemler, sportif performansı belirleyen temel biyolojik yapı taşları arasında yer almakta ve enerji metabolizmasının etkinliğiyle doğrudan ilişkilidir (Valkovič vd., 2022; Mujika vd., 2018).

ATP-PCr sistemi, kısa süreli ve yüksek şiddetli egzersizlerde anlık enerji gereksinimini karşılayan en hızlı enerji üretim yoludur. Bu sistem, özellikle sprint koşuları, uzun atlama, voleybolda smaç veya futbolda ani şut gibi patlayıcı güç gerektiren aktivitelerde baskındır (Sahlin & Harris, 2011; Sah vd., 2022). Bu tür aktivitelerde hızlı kasılan Tip IIB kas liflerinin etkinliği, sinir-kas koordinasyonu ve fosfokreatin depolarının yenilenme hızı performansı belirleyen başlıca faktörlerdir (Shen vd., 2021; Valkovič vd., 2022; Hostrup & Bangsbo, 2023).

Anaerobik glikoliz sistemi, 30 saniye ile 3 dakika arasındaki yüksek yoğunluklu egzersizlerde enerji üretiminde baskın hale gelir. Bu sistemin etkisi, 400–800 metre koşular, yüzme, boks ve güreş gibi branşlarda belirgindir (Turgay vd., 2014; Aktaş, 2023; Özgür, 2016). Ancak bu süreçte ortaya çıkan laktik asit birikimi kas içi pH'ı düşürerek yorgunluk ve performans düşüşüne yol açabilir (Akbaş vd., 2017; Cicioğlu, 2002; Andre vd., 2024). Bu nedenle antrenman programlarında laktat toleransını artırmaya yönelik interval, tempo ve eşik antrenmanları önemli bir yer tutar (Bayram, 2025; Apaydın, 2021).

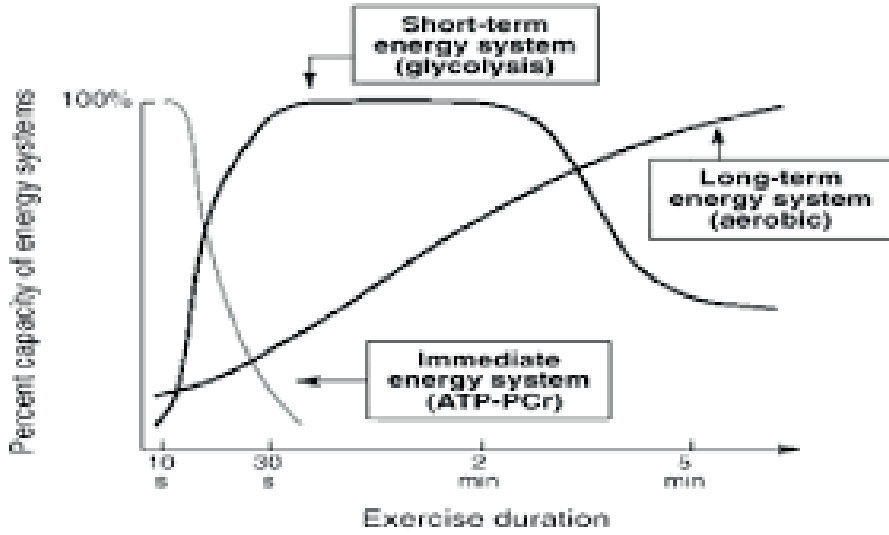
Aerobik enerji sistemi ise uzun süreli, düşük veya orta şiddetli egzersizlerde temel enerji kaynağı olarak görev yapar (Açıkada, 2021; Bilal & Sarioğlu, 1992). Maraton, triatlon, uzun mesafe yüzme ve bisiklet gibi dayanıklılık branşlarında bu sistemin etkinliği, performansın sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir (Baykara vd., 2019; Özdemir, 2010). Aerobik kapasitesi yüksek sporcular, daha düşük yorgunlukla daha uzun süre egzersiz yapabilir ve toparlanma süreçleri daha hızlı gerçekleşir (Aybek, 2023; Özgür, 2016). Bu sistemin gelişimi, mitokondri yoğunluğu, oksidatif enzim aktivitesi ve kardiyovasküler kapasiteyle yakından ilişkilidir (Burke vd., 2019; Guest vd., 2021).

Sonuç olarak, sportif performansın düzeyi; enerji sistemlerinin egzersize özgü taleplere ne ölçüde uyum sağladığıyla doğrudan ilişkilidir. Antrenörler

ve spor bilimciler, spor dalının enerji profiline uygun antrenman planlamaları yapmalı ve sporcuların aerobik-anaerobik sistem kapasitelerini branşa özgü biçimde geliştirmelidir (Açıkada, 2021; Bayram, 2025; Bompa & Haff, 2019). Böylece hem maksimal performans düzeyi artırılabilir hem de yorgunluğa karşı fizyolojik dayanıklılık optimize edilebilir (Cicioğlu, 2002; Andre vd., 2024; Kellmann vd., 2018).

Tablo 1. Bazı Spor Branşlarına Göre Baskın Enerji Sistemleri

Spor Branşı / Aktivite	Egzersiz Süresi ve Şiddeti	Baskın Enerji Sistemi
100 m Sprint (Atletizm)	8–12 saniye / Maksimal	ATP-PCr Sistemi
Uzun Atlama / Gülle Atma	5–10 saniye / Maksimal	ATP-PCr Sistemi
400–800 m Koşu	45 saniye – 2 dakika / Yüksek	Anaerobik Glikolizis
100–200 m Yüzme	1–2 dakika / Yüksek	Anaerobik Glikolizis
1 Raunt Boks / 1 Periyot Güreş	1–3 dakika / Yüksek	Anaerobik Glikolizis
Maraton (42 km)	2–3 saat / Orta – Düşük	Aerobik Sistem
Triatlon / Uzun Msafce Bisiklet	1–4 saat / Orta – Düşük	Aerobik Sistem
Futbol / Basketbol (Maç süresi)	90+ dakika / Değişken Şiddette	Aerobik + Anaerobik
Tenis / Voleybol (Uzun Ralli)	Sürekli – Patlayıcı + Süreklilik	ATP-PCr + Aerobik
Crossfit / Fonksiyonel Antrenman	10–30 dakika / Yüksek –Değişken	Anaerobik + Aerobik
Kayaklı Koşu	15-90 dakika / Orta - Yüksek	Aerobik + Anaerobik Glikolizis
Alp Disiplini	45 saniye - 2 dakika / Maksimal	ATP PCr + Anaerobik Glikolizis
Biathlon (Kayaklı koşu + atış)	30-60 dakika / Orta Yüksek	Aerobik + Anaerobik
Kayakla Atlama	5-10 saniye / Maksimal	ATP PCr Sistem



Şekil 1. Farklı sürelerde maksimal egzersiz sırasında anaerobik (ATP-PCr, glikoliz) ve aerobik enerji sistemlerinin katkısını gösteren geleneksel model (Swanwick & Matthews, 2018).

3. Antrenman Planlaması

Sporcuların performansını sistematik ve sürdürülebilir şekilde geliştirebilmek için antrenman yüklerinin belirli bir mantık çerçevesinde yapılandırılması gereklidir. Bu yapılandırma sürecinde, sporcunun fizyolojik, psikolojik ve teknik özellikleri dikkate alınarak kısa, orta ve uzun vadeli hedeflere ulaşılması amaçlanır. Antrenman planlaması, yüklenme ilkelerine uygun olarak antrenman şiddeti, süresi, sıklığı ve içeriğinin düzenlenmesini kapsar (Açıkkada, 2021; Thomas, Erdman & Burke, 2016).

Bu noktada devreye giren periodizasyon, antrenman biliminin temelini oluşturan kavramlardan biridir. Periodizasyon; yüklenme ve dinlenme süreçlerinin belirli bir zaman dilimi içerisinde sistematik biçimde düzenlenmesi ve sporcunun hedeflenen dönemde en yüksek performansa ulaşmasının sağlanmasıdır (Açıkkada, 2021; Malsagova ve ark., 2021). Hazırlık, yarışma ve geçiş dönemlerine özgü programların geliştirilmesi sayesinde performansın tepe noktasına ulaşması amaçlanır.

Etkili bir antrenman planlaması yalnızca fizyolojik gelişimi desteklemekle kalmaz, aynı zamanda sakatlıkların önlenmesine, psikolojik dayanıklılığın artırılmasına ve sporcunun motivasyonunun korunmasına da katkı sağlar. Bu nedenle periodizasyon, antrenmanın rastgele değil, bilimsel temellere dayalı bir düzen içerisinde uygulanması gerektiğini vurgulayan kritik bir

yaklaşım olarak kabul edilmektedir (Akyol, Bilgiç & Ersoy, 2008; Baykara, Cana, Sarıkabak & Aydemir, 2019).

3.1. Antrenman Biliminin Temel Prensipleri

Antrenman sürecinin bilimsel bir temele oturtulabilmesi için belirli ilkelerin gözetilmesi gerekir. Bu ilkeler, periodizasyonun yapı taşlarını oluşturur ve sporcuların performans gelişiminde yol gösterici bir çerçeve sunar (Açıkada, 2021; Malsagova ve ark., 2021).

Aşağıda antrenman biliminin temel prensipleri özetlenmiştir:

3.1.1. Yüklenme ve Adaptasyon Prensibi

Organizma, kendisine uygulanan stres faktörlerine uyum sağlamak üzere tepki verir. Yüklenme kademeli olarak artırıldığında performans gelişir. Ancak bu artış, sporcunun bireysel tolerans düzeyine uygun olmalıdır; aksi takdirde aşırı yüklenme ve sakatlık riski ortaya çıkar (Thomas, Erdman & Burke, 2016; Akyol, Bilgiç & Ersoy, 2008).

3.1.2. Süreklilik Prensibi

Antrenman uyaranlarının düzenli ve kesintisiz biçimde verilmesi gerekir. Uzun süreli aralar, kazanılan adaptasyonların kaybedilmesine yol açabilir. Bu nedenle süreklilik, antrenman sürecinin en kritik bileşenlerinden biridir (Açıkada, 2021).

3.1.3. Bireyselleştirme Prensibi

Sporcular arasında fizyolojik, psikolojik ve genetik farklılıklar bulunur. Aynı antrenman yüküne verilen yanıt her sporcu için farklılık gösterebilir. Bu nedenle programlar, sporcunun özelliklerine göre bireyselleştirilmelidir (Thomas, Erdman & Burke, 2016; Baykara, Cana, Sarıkabak & Aydemir, 2019).

3.1.4. Özelleşme Prensibi

Antrenman uyaranları, sporcunun branşına ve performans hedeflerine uygun olmalıdır. Genel fiziksel gelişim önemli olmakla birlikte, sporcunun branşa özgü enerji sistemleri, kas grupları ve motor becerileri öncelikli olarak geliştirilmelidir (Açıkada, 2021; Jeukendrup, 2011).

3.1.5. Çeşitlilik Prensibi

Tekdüze antrenman uyaranları, performans gelişimini sınırlar. Çalışmalarda yöntemsel çeşitlilik sağlanmalı, yüklenme ve dinlenme döngüleri

dengeli biçimde planlanmalıdır (Malsagova ve ark., 2021; Baykara, Cana, Sarıkabak & Aydemir, 2019).

3.1.6. Çok Yönlü Gelişim Prensibi

Sporcu yalnızca branşa özgü değil, genel motorik özellikler (kuvvet, dayanıklılık, sürat, esneklik ve koordinasyon) açısından da gelişim göstermelidir. Çok yönlü gelişim hem performansın yükselmesine hem de sakatlıkların önlenmesine katkı sağlar (Akyol, Bilgiç & Ersoy, 2008; Açıkada, 2021).

3.1.7. Aktif Katılım Prensibi

Antrenman sürecinde sporcunun aktif katılımı, öğrenme ve adaptasyonun kalıcı hale gelmesi açısından önemlidir. Sporcu pasif alıcı değil, sürecin aktif bir parçası olmalıdır (Akyol, Bilgiç & Ersoy, 2008).

3.1.8. Yükün Kademeli Artırılması Prensibi

Organizmanın uyum kapasitesi göz önünde bulundurularak antrenman yükleri aşamalı şekilde artırılmalıdır. Ani ve aşırı yüklenmeler performansı olumsuz etkileyebilir (Açıkada, 2021; Thomas, Erdman & Burke, 2016).

3.1.9. Periyodizasyon Prensibi

Yüklenme ve dinlenme süreçlerinin belirli bir zaman dilimi içerisinde sistematik biçimde düzenlenmesini ifade eder. Bu prensip sayesinde sporcunun yıl içerisindeki performansı dalgalı ama planlı bir gelişim izler (Malsagova ve ark., 2021; Açıkada, 2021).

3.1.10. Geriye Dönüş Prensibi

Antrenman uyaranlarının azalması veya tamamen ortadan kalkması durumunda, kazanılmış performans adaptasyonları geriye döner. Bu nedenle düzenli çalışma sürdürülebilirlik açısından önemlidir (Akyol, Bilgiç & Ersoy, 2008; Baykara, Cana, Sarıkabak & Aydemir, 2019).

3.1.11. Modelleme (Antrenman Sürecini Biçimlendirme) Prensibi

Antrenman planı, sporcunun yarışma koşullarını mümkün olduğunca simüle edecek biçimde kurgulanmalıdır. Böylece sporcu, müsabaka stresine ve ortamına daha kolay adapte olur.

Bu prensipler hem bireysel sporcularda hem de takım sporlarında periodizasyonun temel taşlarını oluşturur. Uygulamada bu ilkelerin dikkate

alınması, antrenman planlamasının daha bilimsel ve sistematik bir çerçevede yürütülmesini sağlar (Açıkada, 2021; Malsagova ve ark., 2021).

3.2. Periyodizasyonun Bölümleri: Birim Antrenman, Mikrosiklüs, Mezosiklüs, Makrosiklüs ve Megasiklüs

Antrenman planlamasında performansın sistematik biçimde geliştirilmesi, yalnızca tek tek antrenmanların değil, bütün bir yılın ve hatta birden fazla yılın mantıksal çerçevede yapılandırılmasını gerektirir. Bu nedenle periyodizasyon, farklı zaman ölçeklerinde planlama birimlerinden oluşur. Bu birimler hiyerarşik bir yapı içerisinde mikrosiklüs, mezosiklüs, makrosiklüs ve megasiklüs olarak sınıflandırılmaktadır (Açıkada, 2021; Malsagova ve ark., 2021).

3.2.1. Birim Antrenman

Birim antrenman, periyodizasyonun en küçük ve en işlevsel yapı taşıdır. Tek bir gün içerisinde planlanan **ısınma, ana bölüm ve soğuma** evrelerinden oluşur. Her evre, sporcunun o günkü hedefine yönelik **fizyolojik ve psikolojik adaptasyonu** destekleyecek biçimde tasarlanır.

Bir birim antrenman, yalnızca o günün çalışması değil; aynı zamanda tüm antrenman döneminin kalitesini belirleyen temel halkadır. Yüklenme ve toparlanma dengesi, antrenman içeriğinin doğru planlanmasıyla sağlanır. Bu nedenle birim antrenmanlar, sporcunun gelişim sürecinde **“küçük ama belirleyici adımlar”** olarak görülmelidir.

3.2.2. Mikrosiklüs

5–7 günü kapsayan en küçük planlama birimidir. Günlük antrenman içeriklerinin sistematik biçimde düzenlenmesini sağlar. Yoğun yüklenme günleri ile aktif toparlanma günleri dengeli biçimde dağıtılarak sporcunun hem adaptasyonu hem de toparlanması desteklenir (Thomas, Erdman & Burke, 2016; Akyol, Bilgiç & Ersoy, 2008).

3.2.3. Mezosiklüs

3–6 haftalık süreyi kapsayan alt dönemlerdir. Her mezosiklüs belirli bir kapasiteyi (örneğin dayanıklılık, kuvvet, sürat veya beceri) geliştirmeye odaklanır. Bu süreçte antrenman içeriği, yoğunluk ve süre aşamalı olarak artırılarak hedeflenen fizyolojik adaptasyon sağlanır (Açıkada, 2021; Malsagova ve ark., 2021).

3.2.4. Makrosiklüs

Genellikle 3–6 aylık süreyi kapsayan daha geniş dönemlerdir. Bir makrosiklüs içerisinde hazırlık, yarışma ve geçiş evreleri yer alabilir. Örneğin, bir futbol takımının hazırlık dönemi makrosiklüsünde dayanıklılık ve kuvvet çalışmaları ön plandayken, yarışma dönemi makrosiklüsünde daha çok sürat, çeviklik ve taktiksel çalışmalara ağırlık verilir (Jeukendrup, 2011; Açıkkada, 2021).

3.2.5. Megasiklüs

En geniş ölçekli planlama birimidir ve genellikle **4–8 yılı** kapsar. Bu süre, özellikle olimpiyatlar, dünya şampiyonaları gibi sporcuların kariyerlerinde önemli dönemeçlere hazırlık süreçlerinde anlam kazanır. Megasiklüs kapsamında yıllık planlar birbirini tamamlayacak şekilde organize edilir; sporcu aşamalı olarak gelişim gösterir ve hedeflenen dönemde en üst düzey performansa ulaşmayı amaçlar (Malsagova ve ark., 2021; Akyol, Bilgiç & Ersoy, 2008).

Bu hiyerarşik yapı sayesinde antrenmanlar hem kısa vadeli hedeflerle uyumlu hem de uzun vadeli gelişimi destekleyici nitelikte planlanır. Mikrosiklüslerden megasiklüs planlamasına kadar uzanan bu bütünsel yaklaşım, sporcuların fiziksel kapasitelerinin kademeli biçimde geliştirilmesine ve yarışma dönemlerinde en yüksek verimlilikle performans göstermelerine olanak tanır (Açıkkada, 2021; Malsagova ve ark., 2021; Akyol, Bilgiç & Ersoy, 2008).

3.3. Dayanıklılık, Kuvvet, Sürat ve Beceri Antrenmanlarının Planlanması

Antrenman planlamasında temel motorik özelliklerin geliştirilmesi, performansın kalıcı ve dengeli bir biçimde artışını sağlamak açısından kritik öneme sahiptir. Bu kapsamda dayanıklılık, kuvvet, sürat ve beceri antrenmanlarının bilimsel temellere göre organize edilmesi gerekmektedir (Açıkkada, 2021; Thomas, Erdman & Burke, 2016).

a. Dayanıklılık Antrenmanları: Aerobik ve anaerobik kapasitenin geliştirilmesine yönelik planlanır. Aerobik dayanıklılık çalışmaları düşük-orta şiddette ve uzun süreli yüklenmelerle sağlanırken, anaerobik dayanıklılık için yüksek yoğunluklu interval yöntemler kullanılır. Dayanıklılık, birçok branşta temel performans belirleyicisi olduğu için özellikle hazırlık dönemlerinde öncelikli yer tutar (Jeukendrup, 2011; Açıkkada, 2021).

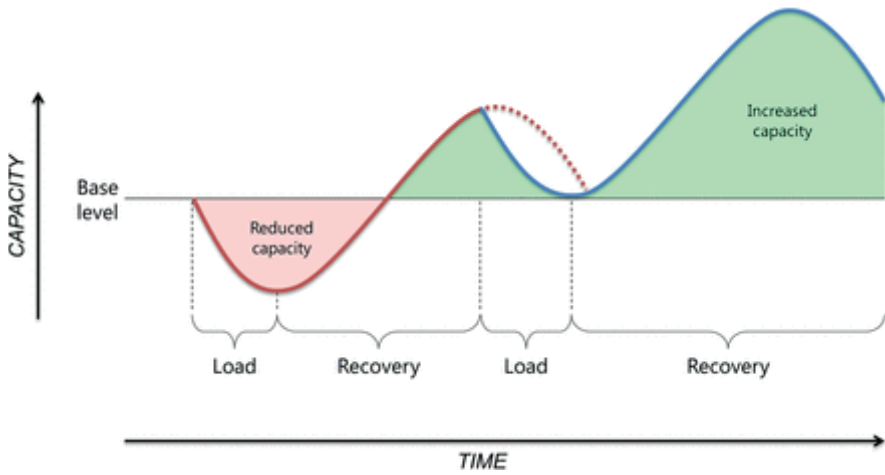
b. Kuvvet Antrenmanları: Kuvvetin farklı türleri (maksimal kuvvet, patlayıcı kuvvet, kuvvette devamlılık, hipertrofi) periyodik olarak geliştirilmelidir. Hazırlık döneminde genel kuvvet çalışmaları ön plandayken, yarışma döneminde branşa özgü kuvvet türlerine odaklanılır. Kuvvet antrenmanlarının planlanmasında yüklenme prensipleri (set, tekrar, yoğunluk, dinlenme süreleri) sistematik biçimde düzenlenmelidir (Wax ve ark., 2021; Malsagova ve ark., 2021).

c. Sürat Antrenmanları: Sinir-kas koordinasyonu, reaksiyon zamanı ve hız kapasitesini geliştirmeye yöneliktir. Kısa süreli, yüksek yoğunluklu ve tam dinlenmeli çalışmalarla planlanır. Sürat antrenmanları, özellikle futbol, basketbol ve atletizm gibi sporlarda performansın belirleyici unsurlarından biridir (Akbaş ve ark., 2017; Açıkada, 2021).

d. Beceri Antrenmanları: Branşa özgü teknik ve taktik becerilerin sistematik olarak öğretilmesi ve geliştirilmesini kapsar. Beceri antrenmanlarının başarısı, tekrar sıklığı, uygulama çeşitliliği ve oyun koşullarına benzerlik düzeyi ile doğrudan ilişkilidir. Mikro döngülerde beceri çalışmalarının düzenli olarak yer alması, teknik gelişimi kalıcı hale getirir (Akyol, Bilgiç & Ersoy, 2008; Baykara, Cana, Sarıkabak & Aydemir, 2019).

3.4. Yüklenme ve Toparlanma Dengesi

Performans gelişiminin temelinde yüklenme ile toparlanma arasındaki denge bulunmaktadır. Aşırı yüklenme toparlanmayı engelleyerek overtraining sendromuna, yetersiz yüklenme ise adaptasyonun gerçekleşmemesine yol açabilir. Bu nedenle yüklenme ve toparlanma döngülerinin periyodik biçimde düzenlenmesi gerekir. Toparlanmayı destekleyen unsurlar arasında uyku, beslenme, aktif dinlenme ve psikolojik iyileşme stratejileri yer alır (Meeusen vd., 2013). Yüklenme ve toparlanma döngüsünün zamana bağlı olarak kapasite üzerindeki etkisi Şekil 2’de gösterilmiştir (Onnia, 2019).



Şekil 2. Yüklenme ve toparlanma döngüsünün zamana bağlı olarak kapasite üzerindeki etkisi

3.5. Bazı Spor Branşına Özgü Örnekler

a. Maraton Koşusu: Aerobik dayanıklılığın geliştirilmesi için uzun süreli düşük-orta şiddette koşular ön plandadır. Yarışma döneminde ise hız sürdürme kapasitesini artırmak amacıyla tempo koşuları ve interval çalışmaları uygulanır (Jeukendrup, 2011).

b. Futbol: Dayanıklılık, sürat ve kuvvet antrenmanlarının dengeli bir kombinasyonu gerekir. Hazırlık döneminde genel dayanıklılık ve kuvvet çalışmaları ağırlıklı iken, yarışma döneminde sürat, çeviklik ve taktiksel antrenmanlar öne çıkar (Açıkada, 2021).

c. Halter: Kuvvet ve patlayıcı güç gelişimi esastır. Hazırlık döneminde genel kuvvet ve hipertrofiye odaklanılırken, yarışma öncesinde maksimal güç ve teknik beceri geliştirilir (Wax vd., 2021).

d. Jimnastik: Beceri ve koordinasyon antrenmanları temel öneme sahiptir. Kuvvet ve esneklik çalışmaları beceri kazanımını destekleyici biçimde planlanır (Akyol, Bilgiç & Ersoy, 2008).

e. Kayaklı Koşu: Uzun süreli, değişken şiddette efor gerektiren bir branş olup aerobik dayanıklılığın baskın olduğu, ancak yüksek eğim geçişleri ve sprint finişlerinde anaerobik kapasitenin de devreye girdiği bir yapıya sahiptir. Hazırlık döneminde temel aerobik kapasiteyi artırmaya yönelik uzun mesafe kros ve rulo kayak çalışmaları yapılırken; yarışma döneminde yüksek yoğunluklu interval (HIIT), tepki-sürat ve teknik verimlilik antrenmanları

ön plana çıkar (Açıkada, 2021; Jeukendrup, 2011).

4. Beslenme ve Ergojenik Destekler

Sporcu performansının gelişiminde beslenme, yalnızca enerji ihtiyacını karşılayan bir unsur değil; aynı zamanda toparlanma, bağışıklık fonksiyonları ve antrenman adaptasyonu üzerinde doğrudan etkili bir faktördür (Thomas, Erdman & Burke, 2016). Bilimsel literatürde, makro ve mikro besin öğelerinin dengeli alımı ile hidrasyonun performans için kritik olduğu vurgulanmaktadır (Malsagova vd., 2021).

4.1. Makro Besin Öğeleri

Karbonhidratlar, yağlar ve proteinlerdir. Vücuda enerji sağlayan, büyüme, onarım ve metabolik işlevlerin sürdürülmesi için büyük miktarlarda alınması gereken temel besin bileşenleridir. Karbonhidratlar hızlı enerji, yağlar uzun süreli enerji ve hücresel yapı, proteinler ise kas onarımı ve doku yenilenmesi için kullanılır (Gürsoy, Aktaş & Dane, 2001; Thomas, Erdman & Burke, 2016).

4.1.1. Karbonhidratlar

Sporcunun motor gücünü besleyen en temel enerji kaynağı olarak, performansın sürekliliğini ve kas dayanıklılığını belirleyen biyokimyasal yapı taşlarıdır. Glikoz formunda dolaşıma katılan karbonhidratlar, kas ve karaciğerde glikojen şeklinde depolanarak yüksek yoğunluklu egzersizlerde hızlı enerji sağlar (Jeukendrup, 2011; Thomas, Erdman & Burke, 2016). Bu depoların yeterliliği, özellikle anaerobik ve yüksek tempolu aktivitelerde yorgunluk eşiğini doğrudan etkiler (Gürsoy, Aktaş & Dane, 2001; Eskici, 2020). Yetersiz karbonhidrat alımı, kas glikojeninin erken tükenmesine, laktat birikimine ve performans düşüşüne neden olurken; antrenman sonrası doğru zamanda alınan karbonhidratlar, glikojen resentez hızını artırarak toparlanmayı hızlandırır (Thomas, Erdman & Burke, 2016; Özdemir, 2010). Dolayısıyla karbonhidrat, yalnızca bir enerji kaynağı değil, aynı zamanda antrenman adaptasyonu, dayanıklılık kapasitesi ve nöromusküler verimliliğin korunması açısından sporcu beslenmesinin bilimsel temelini oluşturur (Malsagova vd., 2021; Baykara, Cana, Sarıkabak & Aydemir, 2019).

4.1.2. Yağlar (lipitler)

Enerji metabolizmasının en yoğun kaynağı olup 1 gramı yaklaşık 9 kcal enerji sağlar ve özellikle orta-düşük şiddetli, uzun süreli egzersizlerde oksidatif fosforilasyon yoluyla enerji üretiminde temel rol oynar (Thomas,

Erdman & Burke, 2016; Jeukendrup, 2011). Trigliceritler, fosfolipitler ve steroller olmak üzere üç ana grupta incelenir; trigliceritler enerji deposu olarak kas ve adipöz dokuda, fosfolipitler hücre zarının yapısında, kolesterol ise steroid hormon ve D vitamini sentezinde görev alır (Filiz, 2023; Yaman, Yıldırım, Tanyıldız & Tuna, 2022). Egzersiz sırasında mitokondriyal yağ oksidasyonu (β -oksidasyon) ile serbest yağ asitlerinden asetil-CoA oluşur, bu da Krebs döngüsüne katılarak ATP üretimini sağlar (Eskici, 2020; Gürsoy, Aktaş & Dane, 2001). Düzenli dayanıklılık antrenmanları, kas hücrelerinde mitokondri yoğunluğunu ve yağ oksidasyon enzimlerinin aktivitesini artırarak enerji verimliliğini geliştirir (Malsagova vd., 2021; Akyol, Bilgiç & Ersoy, 2008). Ayrıca yağlar, A, D, E ve K vitaminlerinin emilimi için zorunludur ve hücre zarının akışkanlığını koruyarak hormonal ve sinirsel iletimin sağlıklı işlemesine katkıda bulunur (Yaman vd., 2022; Alphan, 2024). Bu nedenle yeterli ve dengeli yağ alımı, sadece enerji kaynağı değil, hücresel bütünlük, hormon üretimi, inflamasyon kontrolü ve uzun süreli performans sürdürülebilirliği açısından da sporcu beslenmesinde kritik bir bileşendir (Thomas, Erdman & Burke, 2016; Baykara, Cana, Sarıkabak & Aydemir, 2019).

4.1.3. Proteinler

Organizmanın yapısal, fonksiyonel ve metabolik bütünlüğünü koruyan temel biyomoleküllerdir ve özellikle sporcularda kas dokusunun onarımı, yeniden yapılanması ve adaptasyonu açısından hayati öneme sahiptir (Thomas, Erdman & Burke, 2016; Eskici, 2020). Yaklaşık 20 aminoasitten oluşan proteinlerin 9'u esansiyel olup dışarıdan besin yoluyla alınmalıdır; bunlar vücutta sentezlenemez (Yaman, Yıldırım, Tanyıldız & Tuna, 2022; Gürsoy, Aktaş & Dane, 2001). Egzersiz sonrası kas liflerinde meydana gelen mikrotravmaların iyileşmesi, kas protein sentezi (MPS) süreciyle gerçekleşir ve bu süreçte özellikle lösin, izolösin ve valin gibi BCAA'lar (dallı zincirli aminoasitler) uyarıcı rol oynar (Wax vd., 2021; Andre, Fırat & Özçelik, 2024). 1 gram protein ortalama 4 kcal enerji sağlar; ancak proteinler, öncelikli olarak enerji değil, enzim, hormon, taşıyıcı molekül ve yapısal doku sentezinde kullanılır (Eskici, 2020; Thomas, Erdman & Burke, 2016). Uzun süreli veya yüksek şiddetli egzersizlerde karbonhidrat depoları azaldığında, enerji ihtiyacının karşılanması için glukoneogenez yoluyla aminoasitlerin enerjiye dönüştürülmesi artar (Jeukendrup, 2011; Gürsoy, Aktaş & Dane, 2001). Sporcularda yetersiz protein alımı kas yıkımına (katabolizma) ve toparlanma sürecinin uzamasına yol açarken, yeterli ve zamanında alınan protein (özellikle egzersiz sonrası 20–40 g yüksek biyolojik değerli kaynaklardan) kas hipertrofisi, güç artışı ve metabolik adaptasyonun

desteklenmesini sağlar (Thomas, Erdman & Burke, 2016; Malsagova vd., 2021). Dolayısıyla proteinler, sadece kas gelişiminin değil, performansın korunması, bağışıklık fonksiyonlarının sürdürülmesi ve antrenman sonrası iyileşmenin hızlandırılması açısından da sporcu beslenmesinde vazgeçilmez bir makro besin ögesidir (Eskici, 2020; Baykara, Cana, Sarıkabak & Aydemir, 2019).

4.1.4. Makro Besin Öğelerinin Performansa Etkisi

Sportif performansın temel belirleyicilerindendir çünkü enerji üretimi, kas onarımı ve metabolik dayanıklılığın sürdürülmesinde doğrudan rol oynarlar (Thomas, Erdman & Burke, 2016; Malsagova vd., 2021). Karbonhidratlar, yüksek yoğunluklu egzersizlerde kas glikojen depoları aracılığıyla birincil enerji kaynağını oluşturur; yeterli karbonhidrat alımı, yorgunluk eşliğini geciktirir ve performans süresini uzatır (Jeukendrup, 2011; Gürsoy, Aktaş & Dane, 2001). Yağlar, özellikle düşük ve orta şiddetli egzersizlerde oksidatif sistem üzerinden enerji sağlar ve glikojen depolarının korunmasına yardımcı olur; böylece uzun süreli dayanıklılık aktivitelerinde verimliliği artırır (Filiz, 2023; Yaman, Yıldırım, Tanyıldız & Tuna, 2022). Proteinler ise egzersiz sonrası kas liflerinde meydana gelen mikro hasarların onarımını destekleyerek toparlanmayı hızlandırır, kas kütesinin korunmasını sağlar ve kuvvet gelişimini destekler (Eskici, 2020; Wax vd., 2021). Dolayısıyla makro besin öğelerinin dengeli alımı, enerji metabolizmasının etkin çalışması, yorgunluğun geciktirilmesi, toparlanmanın hızlanması ve antrenman adaptasyonunun maksimize edilmesi açısından performansın biyokimyasal temelini oluşturur (Baykara, Cana, Sarıkabak & Aydemir, 2019; Akyol, Bilgiç & Ersoy, 2008).

4.2. Mikro Besin Öğeleri

Enerji üretiminde doğrudan rol oynamayan, ancak metabolik reaksiyonların düzenlenmesi, kas kasılması, sinir iletimi, oksijen taşınması, bağışıklık fonksiyonları ve antioksidan savunma sistemleri için hayati öneme sahip vitaminler ve minerallerden oluşur (Yaman, Yıldırım, Tanyıldız & Tuna, 2022; Çerit & Onat, 2024). Küçük miktarlarda gereksinim duyulmasına rağmen, sportif performans ve toparlanma süreçlerinde etkileri büyüktür (Thomas, Erdman & Burke, 2016; Alphan, 2024).

4.2.1. Vitaminler

Vücudun enerji üretiminde doğrudan rol almayan ancak metabolik reaksiyonların düzenlenmesi, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi, kas fonksiyonlarının sürdürülmesi ve oksidatif stresin azaltılması açısından

hayati önem taşıyan organik bileşiklerdir (Yaman, Yıldırım, Tanyıldız & Tuna, 2022; Çerit & Onat, 2024). Küçük miktarlarda alınmalarına rağmen, biyokimyasal süreçlerde koenzim veya antioksidan olarak görev yaparlar (Thomas, Erdman & Burke, 2016; Alphan, 2024). Yağda çözünen vitaminler (A, D, E, K) vücutta depo edilebilir ve özellikle hücre zarının korunması, kemik mineralizasyonu, kan pıhtılaşması ve görme fonksiyonları üzerinde etkilidir (Yaman vd., 2022; Filiz, 2023). Suda çözünen vitaminler (B grubu ve C vitamini) ise depolanmadıkları için düzenli olarak alınmalıdır; B vitaminleri özellikle enerji metabolizmasında görev alırken, C vitamini güçlü bir antioksidan olarak bağ dokusu sentezi, demir emilimi ve immün yanıtın desteklenmesinde rol oynar (Çerit & Onat, 2024; Akyol, Bilgiç & Ersoy, 2008). Sporcularda artan metabolik hız, oksijen tüketimi ve oksidatif stres nedeniyle vitamin gereksinimi genellikle daha yüksektir (Thomas, Erdman & Burke, 2016; Malsagova vd., 2021). Bu nedenle yeterli vitamin alımı, enerji dönüşümünün verimliliğini artırır, kas yorgunluğunu azaltır, toparlanma sürecini hızlandırır ve egzersiz sonrası oksidatif hasarın sınırlandırılmasında önemli bir fizyolojik avantaj sağlar (Yaman vd., 2022; Çerit & Onat, 2024).

4.2.2. Mineraller

Organizmanın elektrolit dengesi, kas kasılması, sinir iletimi, enzim aktivasyonu ve kemik yapısının korunması gibi temel yaşam fonksiyonlarında görev alan inorganik elementlerdir (Alphan, 2024; Thomas, Erdman & Burke, 2016). Enerji sağlamasalar da enerji metabolizmasının düzgün işlemesi için vazgeçilmezdirler (Malsagova vd., 2021; Akyol, Bilgiç & Ersoy, 2008). Makro mineraller (kalsiyum, fosfor, magnezyum, sodyum, potasyum ve klor) vücutta yüksek miktarda bulunur ve özellikle kas kontraksiyonu, su dengesi ve sinirsel uyarı iletimi süreçlerinde kilit rol oynar (Alphan, 2024; Yaman, Yıldırım, Tanyıldız & Tuna, 2022). Kalsiyum ve fosfor, kemik ve dişlerin yapısında yer alarak kas kasılması ve ATP üretiminde etkilidir; magnezyum, kas gevşemesi ve yüzlerce enzimatik reaksiyonun kofaktörüdür; sodyum, potasyum ve klor ise hücre içi-dışı sıvı dengesini düzenleyerek performans sırasında sıvı kaybına bağlı kas kramplarını önler (Thomas, Erdman & Burke, 2016; Baykara, Cana, Sarıkabak & Aydemir, 2019). İz mineraller (demir, çinko, bakır, selenyum, iyot vb.) daha az miktarda gereksinim duyulsa da hayati işlevler üstlenir; demir, hemoglobin ve miyogloblin aracılığıyla oksijen taşınmasında görev alırken, çinko protein sentezi ve bağışıklık fonksiyonlarını destekler, selenyum antioksidan savunma sisteminde görev yapar (Yaman vd., 2022; Çerit & Onat, 2024). Özellikle sporcularda terleme yoluyla mineral kaybı artar; bu nedenle elektrolit dengesi ve mineral yeterliliği, dayanıklılığın korunması, kas fonksiyonlarının devamı

ve egzersiz sonrası toparlanmanın hızlandırılması açısından kritik öneme sahiptir (Alphan, 2024; Thomas, Erdman & Burke, 2016).

4.2.3. Su ve Elektrolitler

Vücudun homeostatik dengesini, ısı düzenlemesini ve fizyolojik performansın sürdürülebilirliğini sağlayan temel unsurlardır (Alphan, 2024; Thomas, Erdman & Burke, 2016). Su, insan vücudunun yaklaşık %55–70'ini oluşturur ve tüm metabolik reaksiyonların gerçekleştiği ortamdır (Akyol, Bilgiç & Ersoy, 2008; Malsagova vd., 2021). Hücre içi ve dışı sıvı dengesini koruyarak besinlerin taşınması, atık ürünlerin uzaklaştırılması, kan hacminin düzenlenmesi ve vücut ısısının terleme yoluyla kontrol edilmesinde hayati rol oynar (Alphan, 2024; Thomas vd., 2016). Egzersiz sırasında terleme ile kaybedilen suyun yanında sodyum (Na^+), potasyum (K^+), klor (Cl^-), magnezyum (Mg^{2+}) gibi elektrolitlerin de kaybı, kas krampları, sinir iletiminde bozulma, kan basıncında düşüş ve performans azalması gibi sonuçlara yol açabilir (Alphan, 2024; Baykara, Cana, Sarıkabak & Aydemir, 2019). Sodyum özellikle terle en fazla kaybedilen elektrolittir ve plazma ozmolalitesinin korunmasında kilit rol oynar; potasyum hücre içi sıvı dengesini ve kas kasılmasını düzenlerken, magnezyum kas gevşemesi ve enerji üretiminde görev alır (Yaman, Yıldırım, Tanyıldız & Tuna, 2022; Alphan, 2024). Egzersiz sırasında %2'den fazla sıvı kaybı, dayanıklılıkta belirgin düşüşe neden olabilir; bu nedenle önceden, egzersiz süresince ve sonrasında yeterli hidrasyonun sağlanması performansın korunması ve ısıya bağlı stresin önlenmesi açısından zorunludur (Thomas, Erdman & Burke, 2016; Malsagova vd., 2021). Bilimsel olarak değerlendirildiğinde su ve elektrolit dengesi, sadece sıvı alımı değil, aynı zamanda hücresel metabolizma, kardiyovasküler stabilite ve nöromusküler fonksiyonların devamlılığı için sporcu beslenmesinin en kritik bileşenlerinden biridir (Alphan, 2024; Akyol vd., 2008).

4.2.4. Mikro Besin Öğelerinin Performansa Etkisi

Doğrudan enerji sağlamasalar da enerji üretimi, kas kasılması, oksijen taşınması, sinir iletimi ve antioksidan savunma gibi yaşamsal süreçlerde görev alarak sportif performansın korunmasında kritik rol oynarlar (Thomas, Erdman & Burke, 2016; Yaman, Yıldırım, Tanyıldız & Tuna, 2022). Vitaminler, özellikle B grubu vitaminleri, enerji metabolizmasında koenzim olarak görev yapar ve kasların enerji üretim kapasitesini artırır; C ve E vitaminleri güçlü antioksidan özellikleriyle egzersiz sonucu oluşan oksidatif stresi azaltarak kas hasarını önler (Çerit & Onat, 2024; Akyol, Bilgiç & Ersoy, 2008). D vitamini kas kuvveti, kemik sağlığı ve bağışıklık

sistemi üzerinde doğrudan etkilidir (Yaman vd., 2022; Alphan, 2024). Mineraller ise elektrolit dengesi, kas kasılması ve oksijen taşınmasında belirleyicidir; demir hemoglobin aracılığıyla oksijenin kaslara taşınmasını sağlarken, kalsiyum, magnezyum, sodyum ve potasyum kas kontraksiyonu ve sinir iletimini düzenler (Alphan, 2024; Baykara, Cana, Sarıkabak & Aydemir, 2019). Bu besin öğelerinin yetersizliği, yorgunluk, kas krampları, bağışıklık zayıflığı ve toparlanma süresinde uzama gibi performans düşürücü sonuçlara yol açar (Thomas, Erdman & Burke, 2016; Malsagova vd., 2021). Dolayısıyla mikro besin öğelerinin yeterli düzeyde alımı, metabolik verimlilik, dayanıklılık, toparlanma hızı ve fizyolojik denge açısından yüksek performansın sürdürülebilirliği için vazgeçilmezdir (Yaman vd., 2022; Çerit & Onat, 2024).

4.3. Antrenman Öncesi, Sırası ve Sonrası Beslenme Stratejileri

a. Antrenman öncesi beslenme, egzersiz sırasında kullanılacak enerji depolarının (özellikle kas glikojeni) yeterli düzeyde olmasını amaçlar (Thomas, Erdman & Burke, 2016; Jeukendrup, 2011). Antrenmandan 2–4 saat önce karbonhidrattan zengin, düşük yağ ve lif içeriğine sahip bir öğün tercih edilmelidir; bu yaklaşım, hipoglisemi riskini azaltır ve enerji sürekliliğini sağlar (Baykara, Cana, Sarıkabak & Aydemir, 2019; Gürsoy, Aktaş & Dane, 2001).

b. Antrenman sırasındaki beslenme, 60 dakikadan uzun süren yüksek yoğunluklu aktivitelerde performansın düşmemesi için gereklidir (Thomas, Erdman & Burke, 2016; Jeukendrup, 2011). Egzersiz süresince saat başına 30–60 gram karbonhidrat (örneğin sporcu içeceği veya jel formunda) alınması, kas glikojeninin korunmasına yardımcı olur; ayrıca sıvı ve elektrolit alımı, dehidratasyon ve elektrolit kaybını önleyerek termoregülasyonu destekler (Alphan, 2024; Malsagova vd., 2021).

c. Antrenman sonrası beslenme ise toparlanma ve kas onarımının en kritik evresidir (Thomas, Erdman & Burke, 2016; Eskici, 2020). İlk 30 dakika içinde karbonhidrat ve protein kombinasyonu (yaklaşık 3:1 oranında) alınması, glikojen depolarının yenilenmesini ve kas protein sentezinin artmasını sağlar (Wax vd., 2021; Gürsoy, Aktaş & Dane, 2001). Ayrıca sıvı ve elektrolitlerin yeniden kazandırılması, hidrasyonun sağlanması ve antrenman adaptasyonunun optimize edilmesi açısından önemlidir (Alphan, 2024; Akyol, Bilgiç & Ersoy, 2008).

4.4. Sporcu Beslenmesinde Güncel Yaklaşımlar

Sporcu performansının sürdürülebilirliği ve enerji sistemlerinin etkinliği, yalnızca antrenman planlamasıyla değil; beslenme stratejilerinin enerji

metabolizmasıyla uyumlu biçimde düzenlenmesiyle de doğrudan ilişkilidir (Burke vd., 2019; Vitale & Getzin, 2019). Son yıllarda ketojenik diyet, aralıklı oruç (intermittent fasting), yüksek protein alımı ve ergogenik desteklerin (örneğin kreatin, beta-alanin, kafein, sodyum bikarbonat) kullanımı, performans artırıcı ve metabolik adaptasyon sağlayıcı potansiyelleri nedeniyle spor beslenmesinde öne çıkan güncel yaklaşımlar arasında yer almaktadır (Conde-Pipó vd., 2024; Guest vd., 2021; Grgic vd., 2021).

Bu stratejilerin etkinliği; spor branşı, antrenman sıklığı, enerji harcaması ve bireysel fizyolojik yanıtlar gibi birçok değişkene bağlı olarak farklılık göstermektedir (Thomas, Erdman, & Burke, 2016; Malsagova vd., 2021). Örneğin karbonhidrat kısıtlamasına dayalı ketojenik diyetler, kısa vadede yağ oksidasyon kapasitesini artırarak dayanıklılık sporcularında metabolik verimliliği destekleyebilirken, uzun vadede yüksek yoğunluklu egzersiz performansını sınırlayabilmektedir (Jeukendrup, 2011; Conde-Pipó vd., 2024).

Benzer şekilde, ergojenik desteklerin (örneğin kreatin, kafein, beta-alanin) etkinliği; doz, zamanlama, bireysel tolerans ve antrenman dönemine entegrasyon gibi faktörlerle yakından ilişkilidir (Wax vd., 2021; Andre vd., 2024). Kreatin takviyesi kısa süreli, yüksek şiddetli performanslarda ATP-PCr sistemini desteklerken; kafein merkezi sinir sistemi uyarımı yoluyla yorgunluk algısını azaltabilir (Guest vd., 2021). Buna karşın bilinçsiz veya aşırı kullanım, sıvı-elektrolit dengesizlikleri ve gastrointestinal rahatsızlıklara yol açabilir (Logue vd., 2018; Melin vd., 2024).

Bu nedenle çağdaş sporcu beslenmesi anlayışı, bilimsel kanıta dayalı, enerji sistemlerinin gereksinimleriyle uyumlu ve bireysel farklılıkları gözeten kişiselleştirilmiş beslenme planlarının oluşturulmasını esas almalıdır (Thomas, Erdman, & Burke, 2016; Malsagova vd., 2021). Sporcuların antrenman yüklenmesi, toparlanma süreçleri ve müsabaka dönemleri göz önünde bulundurularak hazırlanan bu planlar, enerji üretim yollarının etkinliğini destekleyerek hem performans artışı hem de metabolik denge açısından en uygun sonuçların elde edilmesini sağlar (Burke vd., 2019; Vitale & Getzin, 2019).

5. Enerji Sistemleri, Antrenman Planlaması ve Beslenmenin Birbirini Tamamlayıcı Etkileri

Sporcu performansının bütüncül biçimde geliştirilmesi, enerji sistemleri, antrenman planlaması ve beslenme süreçlerinin birbirini tamamlayacak şekilde yönetilmesine bağlıdır. Bu üç bileşen arasındaki etkileşim, sporcunun hem antrenman yanıtını hem de müsabaka performansını belirleyen temel

unsurlardandır (Açıkada, 2021; Thomas, Erdman, & Burke, 2016)

a. Enerji sistemleri: Sporcunun branşa ve antrenman türüne bağlı olarak kullandığı enerji yollarını belirler. ATP-PCr, anaerobik glikoliz ve aerobik enerji sistemlerinin işlevlerinin doğru anlaşılması, antrenman yüklenmelerinin süre, yoğunluk ve dinlenme oranlarına uygun şekilde düzenlenmesine yardımcı olur (Açıkada, 2021; Gastin, 2001; Spriet, 1992; Yıldız, 2012; Franchini, 2023). Enerji sistemleri arasındaki bu etkileşim, özellikle farklı süre ve şiddetteki egzersizlerde performansın belirlenmesinde kritik rol oynar (Bayram, 2025; Özgür, 2016).

b. Antrenman planlaması: Enerji sistemlerinin fizyolojik sınırlarını dikkate alarak programlanır. Örneğin, kısa süreli yüksek şiddetli egzersizler ATP-PCr sistemini baskın kullanırken, uzun süreli dayanıklılık çalışmaları aerobik sistemi geliştirir (Dündar, 2003; Açıkada, 2021; Turgay vd., 2014). Bilimsel temelli antrenman programları, sporcuların enerji sistemlerini kademeli olarak geliştirmesine ve doğru dönemde zirve formuna ulaşmasına olanak tanır (Bompa & Haff, 2019; Akkaya, 2022; Bayram, 2025). Ayrıca, antrenman yüklenmesinin periyodik olarak planlanması, sporcunun hem anaerobik hem aerobik kapasitesini dengelemeyi sağlar (Andre, Fırat & Özçelik, 2024; Aktaş, 2023).

c. Beslenme ve ergogenik destekler: Enerji sistemlerinin etkin çalışmasını doğrudan etkiler. Karbonhidrat alımı glikojen depolarını destekleyerek anaerobik ve aerobik performansı artırırken; proteinler kas onarımı ve adaptasyonu hızlandırır, yağlar ise uzun süreli düşük-orta şiddetli aktivitelerde önemli enerji kaynağıdır (Özdemir, 2010; Mor, 2018; Karagöz, 2023; Baykara vd., 2019). Ergogenik destekler (ör. kreatin, kafein, beta-alanin) uygun planlamayla kullanıldığında antrenman adaptasyonunu destekler ve yorgunluğu geciktirir (Sahlin & Harris, 2011; Sah vd., 2022; Andre, Fırat & Özçelik, 2024; Apaydın, 2021). Bu nedenle beslenme stratejileri, antrenman türüne ve enerji sistemlerinin baskınlığına göre bireyselleştirilmelidir (Açıkada, 2021; Bompa & Haff, 2019).

Dolayısıyla enerji sistemleri, antrenman planlaması ve beslenme tek tek düşünüldüğünde performansın yalnızca bir yönünü açıklarken, birlikte ele alındığında sporcunun maksimum verimliliğe ulaşmasını ve performansın sürdürülebilirliğini sağlar (Burke vd., 2019; Kellmann vd., 2018).

Dengesizlik Durumları ve Performans Kayıpları

Enerji sistemleri, antrenman planlaması ve beslenme süreçlerinden herhangi birinin ihmal edilmesi, diğer bileşenleri olumsuz etkileyerek performans kayıplarına neden olabilir. Sporcu performansının bütüncül

biçimde sürdürülebilmesi için bu üç alanın eşgüdüm içinde yönetilmesi gerekmektedir (Açıkada, 2021; Thomas, Erdman, & Burke, 2016; Kellmann vd., 2018).

- *İyi antrenman planlaması fakat yetersiz beslenme:* Glikojen depolarının tükenmesi, hızlı yorgunluk, bağışıklık sistemi zayıflığı ve artan sakatlık riski ortaya çıkar (Mor, 2018; Özdemir, 2010; Baykara, Cana, Sarıkabak & Aydemir, 2019). Sporcu, antrenmanda gösterdiği eforu müsabaka döneminde sürdüremez (Açıkada, 2021; Bompa & Haff, 2019).

- *Yeterli beslenme fakat yanlış antrenman planlaması:* Sporcu enerji açısından hazır olsa bile, uygun yüklenme-dinlenme dengesi sağlanmadığı için adaptasyon gerçekleşmez (Dündar, 2003; Akkaya, 2022; Bayram, 2025). Potansiyel performans kullanılmaz, motivasyon kaybı ve aşırı antrenman riski artar (Bompa & Haff, 2019; Şahin & Taşkın, 2023).

- *Enerji sistemleri bilgisi olmadan yapılan antrenman:* Spor dalına uygun olmayan yüklenmeler, sporcunun yanlış sistemleri geliştirmesine yol açar (Açıkada, 2021; Gastin, 2001; Yıldız, 2012). Örneğin, maraton koşucusuna kısa süreli patlayıcı yüklenmelerin öncelik verilmesi, verimliliği düşürür (Franchini, 2023; Aktaş, 2023; Turgay vd., 2014).

Bu dengesizlikler, sporcu performansının sürdürülebilirliği için enerji sistemleri, antrenman planlaması ve beslenmenin eşit önemde ve koordineli biçimde ele alınması gerektiğini açıkça göstermektedir (Burke vd., 2019; Guest vd., 2021).

6. Uygulamalı Vaka Örnekleri

a. Maraton: Aerobik enerji sistemi baskındır. Dayanıklılık antrenmanlarının büyük bölümü uzun süreli ve düşük-orta şiddetli koşulara dayanır. Beslenmede karbonhidrat yüklemesi, yarış öncesinde ve sırasında enerji devamlılığını sağlamak için kritik rol oynar (Jeukendrup, 2011; Thomas, Erdman & Burke, 2016). Yetersiz beslenme durumunda “duvara çarpma” (hızlı glikojen tükenmesi) kaçınılmaz hale gelir (Gürsoy, Aktaş & Dane, 2001; Baykara, Cana, Sarıkabak & Aydemir, 2019).

b. Futbol: Karma enerji sistemlerini kullanır. Maç boyunca aerobik sistem dayanıklılığı sağlarken, ani sprintlerde ATP-PCr ve anaerobik glikoliz devreye girer (Açıkada, 2021; Akbaş vd., 2017). Bu nedenle antrenman programları dayanıklılık, kuvvet ve sürati dengeli biçimde geliştirmelidir. Beslenme stratejilerinde hem yüksek karbonhidrat alımı (maç içi enerji devamlılığı) hem de protein desteği (yoğun maç temposunda toparlanma) kritik öneme sahiptir (Thomas, Erdman & Burke, 2016; Eskici, 2020).

c. Halter: Anaerobik alaktik (ATP-PCr) sistem baskındır. Antrenman planlaması kuvvet ve patlayıcı güce odaklanır. Beslenmede yüksek protein alımı kas onarımı için gereklidir, kreatin gibi ergogenik destekler de fosfokreatin depolarını artırarak patlayıcı güce katkıda bulunur (Wax vd., 2021; Andre, Fırat & Özçelik, 2024). Yetersiz planlama durumunda sporcunun maksimal kaldırış kapasitesi düşer ve sakatlık riski artar (Thomas, Erdman & Burke, 2016; Malsagova vd., 2021).

d. Kayak (Kros Kayak / Biatlon): Uzun süreli ve yüksek efor gerektiren bir branş olduğundan aerobik enerji sistemi baskındır; ancak yokuş çıkışları ve sprint finişleri sırasında anaerobik glikoliz de önemli rol oynar. Bu nedenle antrenman programları hem maksimal oksijen tüketimini ($VO_2\max$) geliştirmeye hem de laktat toleransını artırmaya yönelik olmalıdır (Açıkada, 2021; Turgay vd., 2014; Kıyıcı & Alaeddinoğlu, 2022). Soğuk ortam koşulları nedeniyle termoregülasyon ve enerji dengesi kritik öneme sahiptir. Karbonhidrat, yağ ve protein oranları dikkatle planlanmalı; özellikle uzun yarışlarda karbonhidrat jel veya içecek desteği glikojen depolarının korunmasına yardımcı olur (Jeukendrup, 2011; Thomas, Erdman & Burke, 2016). Ayrıca demir ve B12 vitamini eksiklikleri dayanıklılık performansını olumsuz etkileyebileceğinden düzenli kan değerleri takibi önerilir (Malsagova vd., 2021; Yaman vd., 2022).

7. Sonuç

Bu bölüm, sportif performansın sürdürülebilir biçimde geliştirilmesinin yalnızca yüksek antrenman yoğunluğuna değil, enerji sistemleri, bilimsel temelli antrenman planlaması ve kanıta dayalı beslenme stratejilerinin bütüncül entegrasyonuna bağlı olduğunu ortaya koymuştur. ATP-PCr, anaerobik glikoliz ve aerobik enerji sistemlerinin egzersiz süresi, şiddeti ve branşa özgü enerji gereksinimlerine göre devreye giriş dinamiklerinin doğru anlaşılması; periodizasyon ilkeleriyle uyumlu yüklenme–dinlenme dengesinin kurulmasını, bireysel adaptasyonun optimize edilmesini ve performans artışının kontrollü biçimde sürdürülmesini sağlar (Açıkada, 2021; Mujika vd., 2018; Kellmann vd., 2018).

Makro besinlerin zamanlamaya duyarlı kullanımı, enerji metabolizmasının etkinliği ve kas adaptasyonu açısından belirleyici rol oynamaktadır. Karbonhidratların glikojen depolarını koruyucu etkisi, proteinlerin kas protein sentezini ve toparlanmayı destekleyici işlevi, yağların ise uzun süreli enerji üretimindeki oksidatif katkısı, performansın biyokimyasal temelini oluşturur (Thomas, Erdman, & Burke, 2016; Burke vd., 2019). Buna ek olarak, mikro besin öğeleri (vitaminler, mineraller ve elektrolitler),

oksijen taşınması, sinir iletimi, kas kontraksiyonu ve antioksidan savunma süreçlerinin sürdürülebilirliği açısından vazgeçilmezdir (Yaman vd., 2022; Malsagova vd., 2021).

Uygulamada her branşın enerji profiline özgü fizyolojik talepler dikkate alınmalı; örneğin maratonda aerobik kapasite, halterde ATP-PCr sistemi, takım sporlarında ise karma enerji profili esas alınarak antrenman içerikleri ve beslenme stratejileri uyarlanmalıdır (Açıkada, 2021; Jeukendrup, 2011). Ayrıca ergogenik desteklerin (örneğin kreatin, beta-alanin, kafein, sodyum bikarbonat) etkinliği; doz, zamanlama ve bireysel tolerans faktörleriyle birlikte değerlendirilmelidir (Wax vd., 2021; Andre vd., 2024; Guest vd., 2021).

Sonuç olarak, enerji sistemleri, antrenman planlaması ve beslenmenin bütüncül biçimde yönetilmesi, yalnızca kısa vadeli müsabaka başarısını değil; uzun vadeli fizyolojik adaptasyon, dayanıklılık, toparlanma kapasitesi ve kariyer sürdürülebilirliğini güvence altına alan bilimsel bir temeli temsil etmektedir. Bu yaklaşım, modern spor bilimlerinde performansın çok boyutlu yönetimi için yeni bir paradigma olarak değerlendirilebilir (Burke vd., 2019; Malsagova vd., 2021; Vitale & Getzin, 2019).

8. Kaynaklar

- Açıkada, C. (2021). *Enerji Sistemleri, Makro Besinler, Antrenman Alanları ve Antrenman Yöntemleri. Fenerbahçe Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 1(1), 3–13.
- Akbaş, S., Pelvan, S. O., Sunar, C., Bilici, S., & Çotuk, H. B. (2017). *Kısa Mesafe Sürat Koşularında Kan Laktat Seviyesi. Marmara Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 2(1), 1–7.
- Akkaya, B. (2022). Antrenman Bilgisi. *Sportif Yönleriyle Türk Halk Oyunları*, 143.
- Aktaş, F. (2023). *Teniste Anaerobik Kapasitenin Önemi. In Spor Bilimleri Üzerine Araştırmalar–III* (s. 1).
- Akyol, A. G. A., Bilgiç, A. G. P., & Ersoy, G. (2008). *Fiziksel Aktivite, Beslenme ve Sağlıklı Yaşam*. Ankara: Klasmat Matbaacılık.
- Alaceddinoğlu, V., & Kaya, İ. (2016). Türkiye Kayak Milli Takımları Alp Disiplini ve Kuzey Disiplini Sporcularının Antropometrik ve Fizyolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması. *Sportif Bakış: Spor Ve Eğitim Bilimleri Dergisi*, 3(2), 116–123.
- Alphan, M. E. (2024). *Su, Elektrolitler ve Asit-Baz Dengesi. In Temel Beslenme İlkeleri ve Laboratuvar Uygulamaları* (s. 183).
- Andre, H., Fırat, F., & Özçelik, A. (2024). *Beta-Alanin ve Sodyum Bikarbonat Takviyelerinin Kombine Tüketiminin Egzersiz Performansına Etkisi: Sistematik Derleme. Uluslararası Bozok Spor Bilimleri Dergisi*, 5(3), 34–52.*
- Apaydın, C. S. C. (2021). *Düzenli Olarak Yapılan Skillmill Egzersizlerinin Anaerobik Performans ve Solunum Fonksiyonları Üzerine Etkisinin İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü)*.
- Aybek, S. (2023). *Futbolda Laktat Testi ve Performans Analizlerinde Teknoloji. In L. Ceylan & Z. Yurtsızoglu (Eds.), Spor Bilimlerine Kuramsal Bakış III* (s. 59–72).
- Baykara, C., Cana, H., Sarıkabak, M., & Aydemir, U. (2019). *Beslenme ve Sporcu Beslenmesi. In Her Yönüyle Spor* (s. 65).
- Baykara, C., Cana, H., Sarıkabak, M., & Aydemir, U. (2019). *Beslenme ve Sporcu Beslenmesi. In Her Yönüyle Spor* (s. 65).
- Bayram, T. A. N. (2025). *Bireysel Sporlarda Performansı Sürdürebilme: Enerji Sistemlerinin Rolü. In Bireysel Sporlarda Performans Gelişimi ve Bilimsel Uygulamalar* (s. 27).
- Baysal, A. (2004). *Beslenme*. Hatiboğlu Yayınevi.
- Bilal, M. S., & Sarioğlu, T. (1992). *İskemik Miyokard İnjurisi ve İntraoperatif Miyokard Korunmasına Genel Bir Bakış. Türk Göğüs Kalp Damar Cerrahisi Dergisi*, 1(2), 118–126.

- Bompa, T. O., & Haff, G. G. (2019). Periodization: Theory and methodology of training. *Human Kinetics*.
- Burke, L. M., Jeukendrup, A. E., Jones, A. M., & Mooses, M. (2019). Contemporary nutrition strategies to optimize performance in distance runners and race walkers. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 29(2), 117–129. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.2019-0004>
- Cicioğlu, İ. (2002). *The Effect of Induced Alkalosis on Exhaustive Exercise Performance*. *Gazi Journal of Physical Education and Sport Sciences*, 7(3), 9–16.
- Conde-Pipó, J., Mora-Fernandez, A., Martinez-Bebia, M., Gimenez-Blasi, N., Lopez-Moro, A., Latorre, J. A., Almendros-Ruiz, A., Requena, B., & Mariscal-Arcas, M. (2024). *Intermittent Fasting: Does It Affect Sports Performance? A Systematic Review*. *Nutrients*, 16(1), 168. <https://doi.org/10.3390/nu16010168>
- Çerit, G., & Onat, T. (2024). *Egzersiz ve Antioksidanlar*. In *Spor Bilimlerinde Multidisipliner Güncel Araştırmalar* (s. 107).
- Dündar, U. (2003). *Antrenman teorisi* (pp. 22-34). Nobel Yayın Dağıtım.
- Eskici, G. (2020). *Protein ve Egzersiz – Yeni Yaklaşımlar*. *Sportmetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 18(3), 1–13.
- Filiz, S. D. (2023). *Sporcuların Beslenmesinde Yağ Alımının Önemi*. *Türkiye Klinikleri Nutrition and Dietetics – Special Topics*, 9(2), 72–76.
- Franchini, E. (2023). *Energy system contributions during Olympic combat sports: A narrative review*. *Metabolites*, 13(2), 297. <https://doi.org/10.3390/metabo13020297>
- Gastin, P. B. (2001). *Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise*. *Sports Medicine*, 31(10), 725–741. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131100-00003>
- Grgic, J., Pedisic, Z., Saunders, B., Artioli, G. G., Schoenfeld, B. J., McKenna, M. J., Bishop, D. J., Kreider, R. B., Stout, J. R., Kalman, D. S., Arent, S. M., VanDusseldorp, T. A., Lopez, H. L., Ziegenfuss, T. N., Burke, L. M., Antonio, J., & Campbell, B. I. (2021). International Society of Sports Nutrition position stand: Sodium bicarbonate and exercise performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(1), 61. <https://doi.org/10.1186/s12970-021-00458-w>
- Guest, N. S., VanDusseldorp, T. A., Nelson, M. T., Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Jenkins, N. D. M., Arent, S. M., Antonio, J., Stout, J. R., Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E., Goldstein, E. R., Kalman, D. S., & Campbell, B. I. (2021). *International Society of Sports Nutrition Position Stand: Caffeine and Exercise Performance*. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00383-4>

- Guest, N. S., VanDusseldorp, T. A., Nelson, M. T., Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Jenkins, N. D. M., Arent, S. M., Antonio, J., Stout, J. R., Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E., Goldstein, E. R., Kalman, D. S., & Campbell, B. I. (2021). International Society of Sports Nutrition position stand: Caffeine and exercise performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00383-4>
- Gürsoy, R., Aktaş, Ö., & Dane, Ş. (2001). *Beslenme ve Besinsel Ergojenikler I: Karbonhidrat, Yağ ve Proteinler. Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 1(2).
- Hostrup, M., & Bangsbo, J. (2023). Performance adaptations to intensified training in top-level football. *Sports Medicine (Aveuçlandı, N.Z.)*, 53(3), 577–594. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01791-z>
- Jäger, R., Mohr, A. E., Carpenter, K. C., Kerksick, C. M., Purpura, M., Mousa, A., Townsend, J. R., Lamprecht, M., West, N. P., Black, K., Gleeson, M., Pyne, D. B., Wells, S. D., Arent, S. M., Smith-Ryan, A. E., Kreider, R. B., Campbell, B. I., Bannock, L., Scheiman, J., Wissent, C. J., ... Antonio, J. (2019). *International Society of Sports Nutrition Position Stand: Probiotics. Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16(1), 62. <https://doi.org/10.1186/s12970-019-0329-0>
- Jeukendrup, A. E. (2011). *Nutrition for Endurance Sports: Marathon, Triathlon, and Road Cycling. Journal of Sports Sciences*, 29(Suppl 1), S91–S99. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.610348>
- Julio, U. F., Panissa, V. L. G., Esteves, J. V., Cury, R. L., Agostinho, M. F., & Franchini, E. (2017). *Energy-system contributions to simulated judo matches. International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(5), 676–683. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0750>
- Karagöz, Ö. Ü. Ş. (2023). Tenis özelinde beslenme prensipleri. *İçinde: Spor Bilimlerine Kuramsal Bakış- Eds: Ceyhan, L., Yürsüzöğlü, Z., Gazi Kitabevi, Ankara*, 73-97.
- Kellmann, M., Bertollo, M., Bosquet, L., Brink, M., Coutts, A. J., Duffield, R., Erlacher, D., Halson, S. L., Hecksteden, A., Heidari, J., Kallus, K. W., Meeusen, R., Mujika, I., Robazza, C., Skorski, S., Venter, R., & Beckmann, 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/ijsp.2017-0759>
- Kıyıcı, F., & Alaeddinoğlu, V. (2022). Kayak Alp Disiplini Alt Yapısı İçin Yetenek Seçimi Üzerine Bir Değerlendirme. *Uluslararası Gelişim Akademik Dergisi*, 1(1), 14-32.
- Logue, D., Madigan, S. M., Delahunt, E., Heinen, M., Mc Donnell, S. J., & Corish, C. A. (2018). Low energy availability in athletes: A review of prevalence, dietary patterns, physiological health, and sports performance. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(1), 73–96. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0790-3>

- Mahoney, D., Hiebert, J., Thimmesch, A., Pierce, J., Vacek, J., Clancy, R., Sauer, A., & Pierce, J. (2018). *Understanding D-ribose and mitochondrial function. Advances in Bioscience and Clinical Medicine*, 6(1), 1–10. <https://doi.org/10.7575/aiac.abcm.v.6n.1p.1>
- Malsagova, K. A., Kopylov, A. T., Sinitsyna, A. A., Stepanov, A. A., Izotov, A. A., Butkova, T. V., Chingin, K., Klyuchnikov, M. S., & Kaysheva, A. L. (2021). *Sports Nutrition: Diets, Selection Factors, Recommendations. Nutrients*, 13(11), 3771. <https://doi.org/10.3390/nu13113771>
- Melin, A. K., Areta, J. L., Heikura, I. A., Stellingwerff, T., Torstveit, M. K., & Hackney, A. C. (2024). Direct and indirect impact of low energy availability on sports performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 34(1), e14327. <https://doi.org/10.1111/sms.14327>
- Mercan, G. (2021). Sporcuların beslenme, ergojenik destek ve probiyotik bilgi düzeylerinin incelenmesi: izmir örneği.
- Miko, H. C., Zillmann, N., Ring-Dimitriou, S., Dorner, T. E., Titze, S., & Bauer, R. (2020). Auswirkungen von Bewegung auf die Gesundheit [Effects of physical activity on health]. *Gesundheitswesen (Bundesverband der Ärzte des Öffentlichen Gesundheitsdienstes (Germany))*, 82(S 03), S184–S195. <https://doi.org/10.1055/a-1217-0549>
- Mor, A. (2018). *Antrenör ve Sporcular için Sporda Beslenme ve Besin Takviyesi*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Mujika, I., Halson, S., Burke, L. M., Balagué, G., & Farrow, D. (2018). An integrated, multifactorial approach to periodization for optimal performance in individual and team sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(5), 538–561. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2018-0093>
- Onnia, T. (2019). *Development and evaluation of a heart rate sensor software for team sports monitoring*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19098.72640>
- Özdemir, G. (2010). *Spor Dallarına Göre Beslenme. Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 8(1), 1–6.
- Özdemir, G. (2010). *Spor Dallarına Göre Beslenme. Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 8(1), 1–6.
- Özgür, B. O. (2016). *Anaerobik Eşik Belirleme Yöntemleri*. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.
- Pekcan, G. (2008). *Beslenme Durumunun Saptanması*. In *Diyet El Kitabı* (s. 67–141).
- Sah, N., Stenhouse, C., Halloran, K. M., Moses, R. M., Seo, H., Burghardt, R. C., Johnson, G. A., Wu, G., & Bazer, F. W. (2022). *Creatine metabolism at the uterine-conceptus interface during early gestation in sheep†. Biology of Reproduction*, 107(6), 1528–1539. <https://doi.org/10.1093/biolre/ioac171>

- Sahlin, K., & Harris, R. C. (2011). *The creatine kinase reaction: A simple reaction with functional complexity*. *Amino Acids*, 40(5), 1363–1367. <https://doi.org/10.1007/s00726-011-0856-8>
- Shen, D., Zheng, Y. W., Zhang, D., Shen, X. Y., & Wang, L. N. (2021). *Acupuncture modulates extracellular ATP levels in peripheral sensory nervous system during analgesia of ankle arthritis in rats*. *Purinergic Signalling*, 17(3), 411–424. <https://doi.org/10.1007/s11302-021-09777-8>
- Spriet, L. L. (1992). *Anaerobic metabolism in human skeletal muscle during short-term, intense activity*. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 70(1), 157–165. <https://doi.org/10.1139/y92-023>
- Swanwick, E., & Matthews, M. (2018). *Energy systems: A new look at aerobic metabolism in stressful exercise*. *MOJ Sports Medicine*, 2(1), 00039.
- Şahin, O., & Taşkın, S. (2023). Fiziksel Aktivite ve Yaşam Doyum İlişkisi. *Spor Bilimleri Üzerine Araştırmalar-IV*, 75.
- Thomas, D. T., Erdman, K. A., & Burke, L. M. (2016). *American College of Sports Medicine Joint Position Statement: Nutrition and Athletic Performance*. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(3), 543–568. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000852>
- Turgay, F., Çolakoglu, M., Karamızrak, O., Çolakoglu, S., Çeçen, A., Acarbay, Ş., & Sessiz, H. T. (2014). *400 ve 800m Koşu Performansı ve Pik Total Kan Laktatı İlişkisi*. *CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 1(4), 22–30.
- Valkovič, L., Apps, A., Ellis, J., Neubauer, S., Tyler, D. J., Schmid, A. I., Rider, O. J., & Rodgers, C. T. (2022). *Increased cardiac Pi/PCr in the diabetic heart observed using phosphorus magnetic resonance spectroscopy at 7T*. *PLOS ONE*, 17(6), e0269957. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269957>
- Vitale, K., & Getzin, A. (2019). Nutrition and supplement update for the endurance athlete: Review and recommendations. *Nutrients*, 11(6), 1289. <https://doi.org/10.3390/nu11061289>
- Wax, B., Kerksick, C. M., Jagim, A. R., Mayo, J. J., Lyons, B. C., & Kreider, R. B. (2021). *Creatine for Exercise and Sports Performance, with Recovery Considerations for Healthy Populations*. *Nutrients*, 13(6), 1915. <https://doi.org/10.3390/nu13061915>
- Yaman, M., Yıldırım, H., Tanyıldız, S., & Tuna, B. H. (2022). *Vitaminler*. In *A'dan Z'ye Beslenme*.
- Yıldız, S. A. (2012). Aerobik ve anaerobik kapasitenin anlamı nedir. *Solumum dergisi*, 14(1), 1-8.

Aralıklı Orucun Otofaji – Mitofaji, Mikrobiyota ve Bilişsel Performans ve Nöroplastisite Üzerine Etkileri

Muharrem Ogan¹, Mehmet Karasu²

Özet

Beslenme ve bağırsak-beyin ekseninin beyin sağlığı ve bilişsel işlevler için önemi giderek daha fazla kabul görmektedir. Beslenme müdahaleleri, beyin bozukluklarını önleme ve/veya tedavi etme potansiyeli açısından test edilmektedir. 12 ila 48 saat boyunca kalori alımının kesilmesi veya büyük ölçüde sınırlandırılması ve bununla düzenli beslenme dönemlerinin dönüşümlü olarak uygulandığı aralıklı oruç (IF), hayvan modellerinde nörobiyolojik sağlık açısından umut verici sonuçlar göstermiştir. Bu derleme makalesinde, IF'nin bilişsel işlevler üzerindeki potansiyel faydaları ve hayvanlar ve insanlarda beyinle ilgili bozuklukların önlenmesi ve ilerlemesi üzerindeki olası etkileri tartışılmaktadır. Bunu, metabolik, hücrel ve sirkadiyen mekanizmalar yoluyla beyinde anatomik ve fonksiyonel değişikliklere yol açan IF'nin etkilerini özetleyerek yapıyoruz. Derlememiz, IF'nin sağlıklı deneklerde bilişsel işlevler üzerinde kısa vadede olumlu bir etkisi olduğuna dair net bir kanıt olmadığını göstermektedir. Klinik çalışmalar, IF'nin epilepsi, Alzheimer hastalığı ve multipl sklerozun hastalık semptomları ve ilerlemesi üzerinde faydaları olduğunu göstermektedir. Hayvan çalışmalarından elde edilen bulgular, Parkinson hastalığı, iskemik inme, otizm spektrum bozukluğu ve duygudurum ve anksiyete bozukluklarının IF'den fayda sağlayabileceği mekanizmaları göstermektedir. Gelecekteki araştırmalar, IF'nin olumlu etkilerinin yaş veya obezite varlığından bağımsız olarak geçerli olup olmadığını ortaya çıkarmalıdır. Ayrıca, oruç tutma düzenindeki farklılıklar, toplam kalori alımı ve belirli besinlerin alımı, IF'nin başarısında önemli bileşenler olabilir. Ayrıca, oruç tutma alışkanlıklarının farklılıkları, toplam kalori alımı ve belirli besinlerin alımı, IF'nin başarısında önemli faktörler olabilir. Boylamsal çalışmalar ve randomize klinik çalışmalar (RCT'ler), IF'nin beyinle ilgili hastalıkların gelişimi ve ilerlemesi üzerindeki uzun vadeli etkilerine ışık tutacaktır.

- 1 Öğr. Gör., Atatürk Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Erzurum, Türkiye, muharrem.ogan@atauni.edu.tr <https://orcid.org/0000-0003-2548-0023>
- 2 Arş. Gör., Atatürk Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Erzurum, Türkiye, mehmet.karasu@atauni.edu.tr <https://orcid.org/0009-0003-6862-6632>

Giriş

Beyin hastalıkları, dünya çapında ölüm ve sakatlığın önde gelen nedenleri arasında yer almakta olup, son on yıllarda görülme sıklığının önemli ölçüde artmasıyla daha da önem kazanmaktadır. Beyinle ilgili hastalıkların olası tedavilerini bulmak için başlatılan çok sayıda çalışmaya rağmen, tedavi seçenekleri hala çoğunlukla semptomların hafifletilmesine dayanmakta, henüz kesin bir tedavi bulunamamıştır. Epidemiyolojik kanıtlar, beyinle ilgili hastalıkların önlenmesine yardımcı olabilecek yeni potansiyel yollar açabilecek yaşam tarzı faktörlerinin rolünü desteklemektedir (Solfrizzi, V. 2008). Örneğin, diyetler ve bunların beyin üzerindeki etkileri arasındaki yer almaktadır. Birçok diyetin beyin sağlığını desteklediği bulunmuştur ve kanıtların çoğu, sebze, meyve, baklagiller, kuruyemişler, fasulye, tahıllar, balık ve zeytinyağı bakımından zengin olan Akdeniz diyetini işaret etmektedir. Ayrıca, Hipertansiyonu Durdurmaya Yönelik Beslenme Yaklaşımları (DASH) diyeti, kan basıncını ve dolayısıyla inme, bunama ve nörokognitif disfonksiyon risklerini düşüren sodyum, potasyum, magnezyum ve kalsiyum bakımından düşük gıdalardan oluşarak kardiyovasküler riski azaltmak üzere tasarlanmıştır (Smith, P.J et al 2010). Diyetlerin ve kalori kısıtlamasının beyin sağlığı üzerinde olumlu etkileri olmasına rağmen, bu stratejilerin birçok insan için uzun süre sürdürülmesi oldukça zordur ve zaten düşük vücut ağırlığına veya kas kütlesine sahip kişilerde zararlı etkileri olabilir. İlginç bir şekilde, hayvan ve insan (gözlemsel ve klinik) çalışmalarından elde edilen artan kanıtlar, kalori veya beslenme değişiklikleri olmadan oruç dönemlerinin biliş ve beyin sağlığı üzerinde benzer etkilere sahip olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, beslenme alımının biliş üzerindeki rolünü incelemeye yönelik artan ilginin yanı sıra, aralıklı oruç olarak adlandırılan ne zaman ve ne sıklıkla yemek yeneceğini incelemeye yönelik artan bir ilgi de vardır (Di Francesco, A. et al 2018).

1. Otofajinin Temel Mekanizması ve Oruçla Aktivasyonu

Otofaji, hücrelerin kendi zarar görmüş veya işlevsiz bileşenlerini lizozomlar aracılığıyla yıkıp geri dönüştürdüğü bir süreçtir. Bu mekanizma, hücresel yenilenme, enerji verimliliği ve homeostazın korunmasında temel bir rol oynar. Aralıklı oruç (intermittent fasting, IF) uygulaması sırasında hücreler düşük enerji durumuna girer; bu durum *AMPK* (*AMP-activated protein kinase*) yolunu aktive ederken *mTOR* (*mechanistic target of rapamycin*) sinyal yolunu baskılar.

mTOR'un baskılanması ve *AMPK*'nin aktivasyonu, otofajik süreçleri tetikleyerek şu sonuçlara yol açar:

- Hasarlı organellerin parçalanması
- Protein agregatlarının temizlenmesi
- Hücresel stresin azalması
- Enerji verimliliğinin artması

Bu mekanizmalar, hücrelerin yaşlanmaya ve çevresel stres faktörlerine karşı dayanıklılığını artırır (Mizushima & Komatsu, 2011).

2. Mitofaji ve Mitokondri Kalitesi

Mitokondriler, hücresel enerji üretiminde merkezi bir rol oynar ve yaşlanma sürecinde işlevlerini yitirebilir. Aralıklı oruç, mitofaji olarak bilinen seçici otofaji türünü aktive ederek bozulmuş mitokondrilerin ortadan kaldırılmasını sağlar. Özellikle *PINK1-Parkin* sinyal yolunun aktive olmasıyla, membran potansiyelini kaybetmiş mitokondriler işaretlenir ve lizozomlar tarafından yok edilir.

Bu süreç sonucunda oksidatif stres azalır, ATP üretim kapasitesi artar ve apoptozis riski düşer. Dolayısıyla mitofaji, hücresel enerji metabolizmasının sürekliliğini korur ve yaşlanma sürecinde mitokondriyal bütünlüğün devamını destekler (Palikaras, Lionaki & Tavernarakis, 2015).

3. Oruç Türleri ve Otofaji Aktivasyonu

Aralıklı orucun farklı türleri, otofaji aktivasyonunu farklı düzeylerde etkiler:

- **16/8 yöntemi:** Günlük 16 saat açlık, 8 saat beslenme penceresiyle hafif düzeyde otofaji oluşturur.
- **24 saatlik oruç:** Daha belirgin bir otofaji aktivasyonu sağlar.
- **Ramazan orucu:** Süreye ve bireysel fizyolojiye bağlı olarak değişkenlik gösterir.

Hayvan modellerinde yapılan çalışmalar, 24–48 saatlik açlık sürelerinin otofaji belirteçleri olan *LC3*, *Beclin-1* ve *ATG5* proteinlerinin ekspresyonunu anlamlı derecede artırdığını göstermektedir. Bu durum, oruç süresinin otofajik yanıtın gücünü belirleyen önemli bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır (Singh et al., 2009).

4. Hastalıklardan Korunma ve Hücresel Temizlik

Otofajinin bozulması, Alzheimer ve Parkinson gibi nörodejeneratif hastalıklar, Tip 2 diyabet ve bazı kanser türleriyle ilişkilidir. Aralıklı oruç,

bu bozulmuş otofajik süreçleri yeniden düzenleyerek hücrel temizlik mekanizmalarını onarabilir.

- **Nörodejeneratif hastalıklarda:** IF, nöronlarda protein birikimini azaltır, sinaptik dengenin korunmasına yardımcı olur ve bilişsel gerilemeyi yavaşlatır.

- **Metabolik hastalıklarda:** Otofaji, yağ dokusunda inflamasyonu azaltır ve insülin duyarlılığını artırır.

Bu etkiler, aralıklı orucun sistemik düzeyde metabolik esnekliği güçlendiren önemli bir strateji olduğunu göstermektedir (Singh et al., 2009).

5. Uzun Vadeli Fizyolojik Kazanımlar

Otofajik mekanizmaların düzenli olarak aktive edilmesi, daha sağlıklı ve dirençli bir hücrel yapı oluşturur. Bu durum, aralıklı orucun yaşlanma karşıtı etkilerinin ve yaşam süresini uzatma potansiyelinin temelini oluşturur. Düzenli otofaji aktivasyonu, hücrelerin stres adaptasyon kapasitesini artırarak organizmanın genel dayanıklılığını güçlendirir.

6. Aralıklı Oruç ve Mikrobiyota Üzerindeki Etkileri

Bağırsak mikrobiyotası, sindirim sisteminde yaşayan trilyonlarca mikroorganizmanın oluşturduğu karmaşık bir ekosistemdir. Bu mikrobiyal topluluk; bağışıklık, enerji metabolizması, nörolojik işlevler ve inflamasyonun düzenlenmesinde kilit rol oynar.

6.1. Mikrobiyotanın Zamanla Değişen Dinamik Yapısı

Mikrobiyota bileşimi yaş, diyet, fiziksel aktivite ve sirkadiyen ritim gibi faktörlere bağlı olarak değişir. Aralıklı oruç uygulamaları, beslenme zamanlarını sınırlandırarak sirkadiyen ritimle uyumlu bir mikrobiyota profili oluşmasına katkı sağlar. Bunun sonucunda fermentasyon kapasitesi ve kısa zincirli yağ asidi (özellikle bütirat ve asetat) üretimi artar, bağırsak bariyeri bütünlüğü güçlenir (Thaiss et al., 2014).

6.2. Aralıklı Oruçla Mikrobiyota Çeşitliliği Artar

IF uygulamaları, özellikle *Lactobacillus*, *Akkermansia muciniphila* ve *Bifidobacterium* türlerinde artış sağlamaktadır. Bu bakteriler anti-inflamatuar etki gösterir, mukus tabakasını korur ve metabolik hastalıklara karşı koruyucu rol oynar. Özellikle *Akkermansia muciniphila*, aralıklı oruçla dramatik biçimde artarak bağırsak geçirgenliğini azaltır ve insülin duyarlılığını artırır (Everard et al., 2013).

6.3. Oruç, Disbiyozisi Önler

Modern diyetlerin (yüksek yağ, düşük lif) neden olduğu mikrobiyal dengesizlik (disbiyozis), bağışıklık sistemi zayıflığı, otoimmün hastalıklar ve ruhsal bozukluklarla ilişkilidir. Mental sağlık bozukluklarına neden olabilir. Aralıklı oruç, bu dengesizliği düzeltir ve bağırsak-hücre iletişimini yeniden yapılandırarak sistemik sağlığı destekler.

6.4. Mikrobiyota ve Sirkadiyen Ritim Etkileşimi

Bağırsak bakterileri de günlük biyolojik saatlere sahiptir. Aralıklı oruç, bu mikrobiyal ritmi stabilize ederek gece-gündüz döngüsüne uygun metabolik faaliyetleri destekler (Zarrinpar et al., 2016). Melatonin, mikrobiyota bileşimini etkileyebilir. Melatonin, bir bez tarafından beyinde doğal olarak salgılanan bir hormondur. Vücudumuzun sirkadiyen ritmini, uyku olgusunu düzenleyebilir. Melatonin kendi kendine beyinde üretilir.

6.5. Beyin-Bağırsak Eksenini Üzerinden Nörolojik Etkiler

Bağırsakta üretilen serotonin ve GABA gibi nörotransmitterler beyin fonksiyonlarını etkiler. Sağlıklı mikrobiyota bileşimi, depresyon ve anksiyete düzeylerini azaltırken bilişsel performansı artırabilir. Bu etkiler, mikrobiyota-bağırsak-beyin eksenini üzerinden gerçekleşir.

6.6. Aralıklı Oruç ve Kadınlar Üzerindeki Hormonal Etkileri

Aralıklı orucun (IF) endokrin sistem üzerindeki etkileri, cinsiyete göre farklılık gösterebilir. Kadınlar, hormonal sistem açısından daha hassas bir yapıya sahiptir; özellikle östrojen, progesteron, luteinize edici hormon (LH), folikül uyarıcı hormon (FSH) ve tiroid hormonları oruçtan etkilenebilir. Bu nedenle aralıklı oruç uygulamalarının kadın fizyolojisinde bazı olumlu etkilerinin yanı sıra dikkat edilmesi gereken riskleri de vardır.

7. Aralıklı Oruçta Bilişsel Performans ve Nöroplastisite

Nöroplastisite adı verilen hem yapısal hem de işlevsel değişikliklere olanak tanıyan bir özelliğe sahiptir. Aralıklı oruç yalnızca metabolik sistemi değil, aynı zamanda beyin sağlığını yeniden inşa etme işlemidir. Bilişsel performans ve nöroplastisiteyi de olumlu yönde etkiler.

7.1. Bilişsel Fonksiyonlar

Çeşitli insan ve hayvan çalışmaları, IF'nin hafıza, öğrenme, dikkat ve yürütücü işlevlerde anlamlı gelişmeler sağladığını göstermiştir. Oruç sırasında artan *Beyin Kaynaklı Nörotrofik Faktör (BDNF)* düzeyleri, sinaptik

plastisiteyi ve nörojenezi artırarak bilişsel kapasiteyi destekler (Mattson et al., 2018).

7.2. Nöroplastisite ve Nöroenez

Aralıklı oruç, hipokampusta yeni nöron oluşumunu teşvik eder, mitokondriyal biyogenezi artırır, serebral kan akışını düzenler ve nöronal stres toleransını yükseltir. Bu mekanizmalar, yaşa bağlı bilişsel bozulmanın önlenmesine katkı sağlar.

7.3. BDNF Artışı

Beyinde türetilmiş sinir hücresi büyüme faktörüdür. Artan BDNF düzeyleri, nöronların hayatta kalma oranını artırır, sinaptik iletimi güçlendirir ve uzun süreli potansiyasyonu (LTP) destekler. Hayvan deneylerinde, oruç tutan farelerin Morris su labirenti testlerinde daha hızlı öğrenme ve hatırlama sergilediği gösterilmiştir (Halagappa et al., 2007).

7.4. Nöroinflamasyonun Azaltılması

IF, beyindeki mikrogliya aktivitesini azaltarak nöroinflamasyonu baskılar. Bu durum Alzheimer ve Parkinson gibi hastalıklara karşı koruyucu etki gösterir, oksidatif stresi ve iltihabi sitokinleri (IL-1 β , TNF- α) azaltır.

7.5. Ketogenez ve Beyin Enerjisi

Sağlıklı fizyolojide, vücutta sürekli olarak düşük seviyelerde keton cisimcikleri sentezlenir ve bu moleküller enerji metabolizmasında kullanılır. Oruç ve uzun süreli uyku gibi dönemlerde ise kandaki keton konsantrasyonu artış gösterir. Organizmanın enerji üretim mekanizmaları, depolanmış karbonhidrat kaynaklarına veya karbonhidrat dışı substratlara dayanır. Yeterli glikojen depoları mevcudiyetinde, vücudun öncelikli tercihi ve temel enerji sağlama yolu glikojenoliz, yani glikojenin yıkımıdır. Ketogenez, yağ asitlerinin metabolik yıkımı sonucu, başta karaciğerde olmak üzere, enerji kaynağı olarak kullanılan keton cisimlerinin sentezlendiği biyokimyasal bir süreçtir. Oruç sırasında glikojen depoları tükendiğinde keton cisimcikleri (özellikle β -hidroksibütirat) enerji kaynağı olarak kullanılır. Bu ketonlar, nöronlar için alternatif enerji sağlar, antioksidan savunmayı güçlendirir ve BDNF sentezini uyarır.

7.6. Depresyon ve Anksiyete Üzerine Etkiler

BDNF artışı ve azalan nöroinflamasyon, serotonin ve dopamin dengesini destekleyerek ruh hali üzerinde olumlu etkiler yaratır. Böylece depresyon ve anksiyete belirtileri azalır, HPA aksının regülasyonu sağlanır.

Sonuç

Aralıklı oruç, hücresel düzeyden sistemik düzeye kadar uzanan çok boyutlu bir etki mekanizmasına sahiptir. Otofaji ve mitofaji yoluyla hücresel temizlik ve yenilenmeyi desteklerken, mikrobiyota dengesi üzerinde düzenleyici etkiler gösterir. Bu süreçler hem metabolik hem de nörolojik sağlığı optimize eder.

Ayrıca aralıklı oruç, beyin fonksiyonlarını güçlendirerek nöroplastisiteyi ve bilişsel performansı artırır; yaşlanma, nörodejeneratif hastalıklar ve metabolik bozukluklara karşı koruyucu bir potansiyel taşır. Bu bütünsel etkiler, aralıklı orucun yalnızca bir beslenme yöntemi değil, aynı zamanda hücresel uzun ömür ve zihinsel canlılık için bilimsel temelli bir yaşam stratejisi olabileceğini göstermektedir.

Kaynaklar

- Di Francesco, A.; Di Germanio, C.; Bernier, M.; De Cabo, R. Oruç tutma zamanı. *Bilim* 2018 , 362 , 770–775.
- Mizushima, N., & Komatsu, M. (2011). Autophagy: renovation of cells and tissues. *Cell*, 147(4), 728–741. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2011.10.026>
- Palikaras, K., Lionaki, E., & Tavernarakis, N. (2015). Coordination of mitophagy and mitochondrial biogenesis during ageing in *C. elegans*. *Nature*, 521(7553), 525–528.
- Singh, R., et al. (2009). Autophagy regulates lipid metabolism. *Nature*, 458(7242), 1131–1135. <https://doi.org/10.1038/nature07976>
- Thaiss, C. A., et al. (2014). Transkingdom control of microbiota diurnal oscillations promotes metabolic homeostasis. *Cell*, 159(3), 514–529.
- Everard, A., et al. (2013). Cross-talk between *Akkermansia muciniphila* and intestinal epithelium controls diet-induced obesity. *PNAS*, 110(22), 9066–9071.
- Zarrinpar, A., et al. (2016). Diet and feeding pattern affect the diurnal dynamics of the gut microbiome. *Cell Metabolism*, 20(6), 1006–1017.
- Mattson, M. P., et al. (2018). Intermittent metabolic switching, neuroplasticity and brain health. *Nature Reviews Neuroscience*, 19(2), 63–80.
- Halagappa, V. K., et al. (2007). Intermittent fasting and caloric restriction ameliorate age-related behavioral deficits in the triple-transgenic mouse model of Alzheimer’s disease. *Neurobiology of Disease*, 26(1), 212–220.
- Smith, P. J., Blumenthal, J. A., Babyak, M. A., Craighead, L., Welsh-Bohmer, K. A., Browndyke, J. N., ... & Sherwood, A. (2010). Effects of the dietary approaches to stop hypertension diet, exercise, and caloric restriction on neurocognition in overweight adults with high blood pressure. *Hypertension*, 55(6), 1331–1338.
- Solfrizzi, V.; Capurso, C.; D’Introno, A.; Colacicco, AM; Santamato, A.; Rannieri, M.; Fiore, P.; Capurso, A.; Panza, F. Predemans ve demans sendromlarında yaşam tarzına bağlı faktörler. *Uzman Rev. Neurother.* 2008, 8 , 133–158.

Egzersiz ve Sinir Sistemi Arasındaki Nörobiyolojik İlişkinin İncelenmesi

Ömer Yaşa¹

Özet

Bu bölüm, egzersiz ve sinir sistemi arasındaki ilişkinin, yalnızca kas-iskelet sistemi ve motor performans boyutuyla sınırlı olmayıp; nöron yapısı, sinaptik iletim, nörotransmitter dengesi, nörotrofik faktörler ve nöroplastisiteyi kapsayan çok katmanlı bir nörobiyolojik temel üzerine kurulu olduğunu ortaya koymaktadır. Sinir sisteminin makro düzeydeki organizasyonu (merkezi ve periferik sinir sistemi; somatik ve otonom alt sistemler) ile mikro düzeydeki dinamikleri (dentrit–akson bütünlüğü, aksiyon potansiyeli, sinaptik plastisite) egzersizle birlikte yeniden şekillenmektedir. Egzersiz sırasında artan motor komutlar, somatik sinir sistemi üzerinden iskelet kaslarına iletilirken; otonom sinir sistemi düzeyinde sempatik aktivasyon ve toparlanma döneminde parasempatik/vagal yanıt, kardiyovasküler ve solunumsal adaptasyonları düzenlemektedir. Nörotransmitterler (dopamin, serotonin, noradrenalin, GABA, glutamat) ve nörotrofik faktörler (özellikle BDNF, IGF-1, VEGF), egzersizle birlikte dikkat, yürütücü işlevler, hafıza, duygudurum ve stresle başa çıkma süreçlerini iyileştiren nörobiyolojik bir zemin oluşturur. Çocukluktan yaşlılığa uzanan yaşam döngüsü perspektifinde, düzenli fiziksel aktivite; bilişsel gelişim, akademik uyum, motor beceri, bilişsel esneklik ve nörodejeneratif süreçlere karşı korunma açısından kritik rol oynamaktadır. Sonuç olarak bu bölüm, egzersizi; sinir sisteminin yapısal esnekliğini, fonksiyonel kapasitesini ve beyin sağlığını destekleyen, ölçme-izleme temelli programlarla bütünleştirildiğinde hem performans hem de zihinsel iyi oluşun sürdürülebilirliğini sağlayan güçlü bir nörobiyolojik müdahale olarak konumlandırmaktadır.

1 Atatürk Üniversitesi, Kış Sporları ve Spor Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, omer.yasa16@ogr.atauni.edu.tr, 0000-0003-3837-393X

1. Giriş

Sinir sistemi, organizmanın yaşam boyunca tüm fizyolojik süreçlerini koordine eden, çevresel uyaranlara uyum sağlama kapasitesi yüksek ve sürekli değişen bir yapı olarak insan davranışının temel belirleyicilerinden biridir (Bozdemir, 2024). Bilişsel, duygusal ve motor fonksiyonların bütüncül yönetiminden sorumlu olan bu karmaşık yapı; genetik özellikler, çevresel faktörler ve bireyin yaşam boyu edindiği deneyimler doğrultusunda yeniden şekillenen dinamik bir özellik taşımaktadır (Erdoğan vd., 2025). Bu dinamik mimariyi etkileyen en güçlü uyarıcıların başında ise hareket temelli etkileşimler ve fiziksel aktivite gelmektedir. Güncel bilimsel veriler, egzersizin sinaptik iletişimden nörotrofik faktör salınımına kadar birçok nörobiyolojik mekanizmayı harekete geçirerek sinir sisteminin işlevsel ve yapısal bütünlüğünü güçlendirdiğini ortaya koymaktadır (Özocak vd., 2019; Ünal, 2021; Guo et al., 2020).

Egzersiz, yalnızca kas-iskelet sistemini uyaran bir fizyolojik süreç değil; aynı zamanda sinir sistemi üzerinde çok yönlü adaptasyonlar oluşturan temel bir biyolojik düzenleyicidir (Eken, 2021). Düzenli fiziksel aktivite, nöronal bağlantıların güçlenmesini, sinaptik plastisitenin artmasını, nörotrofik faktörlerin özellikle BDNF'nin üretiminin desteklenmesini ve motor-sensör ağlarda yeniden yapılanmayı teşvik ederek sinir sisteminin fonksiyonel verimliliğini artırmaktadır (Özocak vd., 2019; Bakal, 2021). Bu nörobiyolojik süreçler; dikkat, bellek, yürütücü işlevler, problem çözme ve hareket kontrolü gibi bilişsel-motor yeteneklerin gelişimini destekleyerek bireyin çevresel taleplere daha hızlı ve daha etkili yanıt vermesine katkı sağlamaktadır (Meray & Yenice, 2018; Morgan vd., 2015).

Egzersiz ile sinir sistemi arasındaki ilişkinin temelinde yer alan nöroplastisite mekanizmaları; nöronların hayatta kalması, büyümesi ve yeni bağlantılar oluşturmaları için gerekli olan moleküler süreçleri kapsamaktadır. BDNF, IGF-1 ve VEGF gibi nörotrofik faktörler; dentritik dallanmaların artmasını, yeni sinaptik bağlantıların kurulmasını, sinaptik iletimin güçlenmesini (LTP) ve nöronal iletim hızının gelişmesini sağlayarak sinir sisteminin esneklik ve adaptasyon kapasitesini artırmaktadır (Başaran vd., 2013; Özocak vd., 2019; Müller vd., 2020). Bu nedenle egzersiz, nöroplastisiteyi tetikleyen ve sürdüren en güçlü doğal biyolojik uyarıcılardan biri olarak değerlendirilmektedir (Tekin vd., 2025; Ünal, 2021).

Yaşam döngüsü perspektifinden bakıldığında fiziksel aktivitenin nörobiyolojik etkileri, çocukluk döneminde bilişsel gelişim ve akademik performansı desteklerken; ergenlik ve yetişkinlik dönemlerinde motor beceriler, dikkat süreçleri ve bilişsel esneklik üzerinde belirgin katkılar

sağlamaktadır (Meray & Yenice, 2018; Morgan vd., 2015). Yaşlılık döneminde ise düzenli egzersiz, nörodejeneratif süreçlere karşı koruyucu bir rol üstlenerek sinir sisteminin yapısal ve fonksiyonel bütünlüğünü sürdürmeye yardımcı olmaktadır. Ayrıca, egzersizin etkilerinin bilişsel süreçleri aşarak psikososyal uyumu da anlamlı biçimde güçlendirdiği ifade edilmektedir (Ateş vd., 2025; Ma & Mumtaz, 2025). Tüm bu veriler, egzersizin yalnızca performansı veya fiziksel kapasiteyi artıran bir davranış değil; aynı zamanda sinir sisteminin sağlığını koruyan, geliştiren ve bireyin bütüncül iyi oluşunu destekleyen temel bir nörobiyolojik uyarıcı olduğunu göstermektedir.

Bu bağlamda, bu bölümün amacı egzersiz ile sinir sistemi arasındaki nörobiyolojik ilişkiyi güncel literatür ışığında kapsamlı biçimde ele almak; egzersizin nöroplastisite üzerindeki etkilerini, bu süreçleri yöneten moleküler mekanizmaları ve ortaya çıkan bilişsel-motor yansımaları bilimsel temelde açıklamaktır. Bu kapsamlı değerlendirme, spor bilimciler, eğitimciler, antrenörler ve sağlık profesyonelleri için egzersizin sinir sistemi üzerindeki çok yönlü biyolojik etkilerini anlamada bütüncül bir perspektif sunmayı hedeflemektedir (Bayram, 2022; Machado vd., 2015).

2. Egzersiz Kavramı ve Fizyolojik Temeller

2.1. Egzersiz

Egzersiz, bireyin fiziksel kapasitelerini geliştirmek amacıyla planlı, yapısal, tekrar edilebilir ve belirli bir yoğunluk-süre-sıklık parametresi çerçevesinde uygulanan fiziksel aktivite formu olarak tanımlanmaktadır (Erdoğan & Aslan, 2021). Spontane hareketlerden farklı olarak egzersiz; organizmanın metabolik, nöromusküler ve kardiyovasküler sistemlerini belirli bir stres düzeyine maruz bırakarak fizyolojik adaptasyon süreçlerini tetikler (Satman, 2018). Bu nedenle egzersiz; dayanıklılık, kuvvet, koordinasyon, esneklik ve sürat gibi performans bileşenlerinin geliştirilmesinin yanı sıra sinir sistemi başta olmak üzere tüm organizma üzerinde çok boyutlu biyolojik etkiler oluşturan temel bir uyarıcıdır (Atabaş, 2024). Nitekim egzersizin düzenli ve kontrollü biçimde uygulanması, yalnızca performans çıktılarında değil; bireylerin egzersizle kurduğu psikolojik ilişki, motivasyon düzeyi ve hatta egzersiz bağımlılığı eğilimleri üzerinde de belirleyici rol oynamaktadır (Çelik & Sevindik Aktaş, 2025).

Egzersizin ortaya çıkardığı biyolojik yüklenme, organizmanın homeostatik dengesini kontrollü biçimde bozarak kas kasılması, enerji üretimi, hormon salınımı ve sinaptik iletişim gibi birçok fizyolojik süreci harekete geçirir (Erdoğan & Aslan, 2021). Bu nedenle egzersiz, yalnızca fiziksel kapasiteyi artıran bir davranış değildir; aynı zamanda sinir sistemi ile kas-iskelet sistemi

arasındaki iletişimi güçlendiren temel bir nörofizyolojik uyaran olarak da değerlendirilmektedir (Bayram, 2022; Meray & Yenice, 2018). Egzersize verilen yanıt; yapılan aktivitenin tipi (aerobik, direnç, HIIT, koordinatif), bireyin antrenman geçmişi, yaş, motivasyon düzeyi ve fizyolojik durumu gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Satman, 2018). Nitekim egzersizin metabolik hızlanma, solunum sayısında artış, kalp atım hızı tepkileri, kas uyarılabilirliği, terleme ve vücut ısısı değişimleri gibi geniş bir fizyolojik parametre seti üzerinde etkili olduğu; bu parametrelerin egzersiz süresi ve şiddetiyle yakından ilişkili biçimde değiştiği literatürde açıkça belirtilmektedir (Ogan et al., 2015).

2.2. Egzersizin Fizyolojik Temelleri

Egzersizin fizyolojik temeli, organizmanın bir yüklenme karşısında gösterdiği akut (kısa süreli) yanıtlar ve düzenli egzersiz ile oluşan kronik adaptasyonlar üzerinden açıklanmaktadır. Akut egzersiz sırasında kardiyovasküler sistem kalp atım hızını, stroke volume ve oksijen taşıma kapasitesini artırırken; solunum sistemi daha yüksek ventilasyon düzeyi ile dokulara oksijen sağlamaktadır (Erdoğan & Aslan, 2021; Çabuk vd., 2020). Bu süreçte enerji gereksinimi ATP-PCr, glikolitik ve oksidatif enerji sistemleri tarafından karşılanmakta; metabolik stres, mekanik gerilim ve hücresel sinyal artışı meydana gelmektedir (Satman, 2018; Bozdemir, 2024).

Bu metabolik süreçlere paralel olarak sinir sistemi de egzersizin temel düzenleyici unsurlarından biri hâline gelir. Motor ünitelerin aktivasyonu, kas liflerinin senkronizasyonu, hareketin hız ve doğruluğu; merkezi sinir sistemi (MSS) ve periferik sinir sistemi (PSS) arasındaki koordineli iletişim sayesinde gerçekleşir (Akbulut, 2024; Akyüz & Ma, 2012). Bu nedenle egzersize verilen fizyolojik yanıt, yalnızca kas ve kardiyovasküler yapılarla sınırlı olmayıp, sinir sisteminin yönetimindeki bütüncül bir biyolojik süreçtir (Morgan vd., 2015; Guo vd., 2020).

Düzenli egzersiz ile zaman içinde organizmada kronik adaptasyonlar gelişir. Bu adaptasyonlar; kardiyovasküler dayanıklılığın artması, kas yapısında hipertrofi ve güçlenme, metabolik verimliliğin gelişmesi, nöromusküler koordinasyonun iyileşmesi ve sinir sistemi-kas sistemi arasındaki iletişimin hızlanması şeklinde özetlenebilir (Satman, 2018; Atabaş, 2024; Civan vd., 2018). Bu fizyolojik temeller, egzersizin yalnızca performansı değil, aynı zamanda sinir sistemi sağlığını ve bilişsel süreçleri de olumlu yönde etkileyen güçlü bir biyolojik düzenleyici olduğunu göstermektedir (Morgan vd., 2015; Bayram, 2022; Machado vd., 2015).

3. Sinir Sistemi

Sinir sistemi, organizmanın iç ve dış çevreden gelen uyarıları algılamasını, bu bilgileri işlemesini ve uygun motor veya otonom yanıtlar üretmesini sağlayan temel bir iletişim ağıdır (Akbulut, 2024; Akyüz & Ma, 2012). Duyu reseptörlerinden gelen bilgilerin alınması, merkezi sinir sisteminde işlenmesi ve kaslara ya da organlara iletilmesi sinir hücrelerinin elektriksel ve kimyasal iletişim mekanizmalarıyla gerçekleşir (Fountas, 2011; Bozdemir, 2024). Bu iletişim; aksiyon potansiyeli, sinaptik iletim ve nörotransmitter salınımı gibi temel süreçlere dayanır (Çuvalcıoğlu, 2024; Ünal, 2021; Morgan vd., 2015). Sinir hücrelerinin elektriği kullanarak hızlı iletim sağlaması, organizmanın çevresel uyaranlara milisaniyeler içinde yanıt verebilmesine olanak tanımaktadır (Gibbons, 2019; Wang, 2023)

Sinir sistemi genel olarak merkezi sinir sistemi (MSS) ve periferik sinir sistemi (PSS) olarak iki ana bölümde incelenir (Akbulut, 2024). PSS'nin temel alt bileşenlerinden biri olan otonom sinir sistemi (OSS) ise istemsiz fonksiyonların düzenlenmesinden sorumlu olup sempatik ve parasempatik sistemden oluşmaktadır (Akyüz & Ma, 2012; Gibbons, 2019). Egzersiz sırasında OSS'nin özellikle sempatik dalı aktifleşerek kalp, solunum ve dolaşım sisteminde performansı destekleyen bir dizi fizyolojik yanıt oluşturur (Fu & Levine, 2013; Budak & Özdek, 2025).

Egzersiz bağlamında sinir sistemi hem hareketin başlatılmasında hem kas aktivasyonunun düzenlenmesinde hem de öğrenme, dikkat, reaksiyon zamanı ve karar verme gibi bilişsel süreçlerin yönetilmesinde temel bir rol üstlenir (Bozdemir, 2024; Morgan et al., 2015). Bu nedenle sinir sistemi yapılarının anlaşılması, egzersiz-nörobiyoloji etkileşiminin bilimsel temellerini açıklamak açısından kritik önem taşımaktadır (Meray & Yenice, 2018; Tekin et al., 2025).

3.1. Merkezi Sinir Sistemi (MSS)

Merkezi sinir sistemi; beyin ve omurilikten oluşur ve organizmadaki tüm bilişsel, motor ve duygusal süreçlerin üst düzey kontrol merkezidir (Akbulut, 2024; Bozdemir, 2024). Beyin bölgeleri (prefrontal korteks, hipokampus, motor korteks, serebellum) duyu bilgilerin işlenmesi, karar verme, hareket planlama, hafıza oluşumu ve öğrenme gibi işlevlerin yönetildiği temel alanlardır (Morgan vd., 2015; Özkul, 2020). Egzersiz sırasında MSS, hem motor komutların oluşturulması hem de duyu geri bildirimlerin işlenmesi için yoğun aktivite gösterir (Guo vd., 2020). Ayrıca egzersiz kaynaklı artan nörotrofik faktör salınımı (özellikle BDNF) MSS'de

nöroplastisiteyi destekleyerek sinaptik güçlenme ve yapısal adaptasyonlara katkı sağlar (Liu & Nusslock, 2018; Müller vd., 2020; Tekin vd., 2025).

3.2. Periferik Sinir Sistemi (PSS)

Periferik sinir sistemi, MSS ile vücuttaki kaslar, organlar ve duyu reseptörleri arasında çift yönlü iletişimi sağlayan yapıdır (Akbulut, 2024). PSS, istemli hareketlerin kontrolü ve istemsiz organ fonksiyonlarının düzenlenmesinden sorumludur (Akyüz & Ma, 2012; Gibbons, 2019). İki temel alt bileşene ayrılır:

3.2.1. Somatik Sinir Sistemi

Somatik sinir sistemi, iskelet kaslarının istemli kontrolünü sağlayan motor ve duysal sinirlerden oluşur ve egzersiz sırasında motor ünitelerin aktivasyonu, kas liflerinin senkronizasyonu ile hareket doğruluğunun propriyoseptif geri bildirim aracılığıyla düzenlenmesi tamamen bu sistem üzerinden gerçekleşir (Akbulut, 2024; Bozdemir, 2024; Guo vd., 2020). Bu nedenle somatik sinir sisteminin etkin çalışması; hız, koordinasyon, denge ve kuvvet gibi performans bileşenlerinin optimal düzeyde sergilenmesi için kritik öneme sahiptir (Satman, 2018; Akyüz & Ma, 2012).

3.2.2. Otonom Sinir Sistemi

Otonom sinir sistemi, istem dışı çalışan organların düzenlenmesinden sorumlu olup kalp atım hızı, damar tonusu, solunum ritmi, sindirim fonksiyonları, terleme ve metabolik süreçler gibi hayati işlevlerin homeostatik denge içinde sürdürülmesini sağlar (Akyüz & Ma, 2012; Gibbons, 2019). Egzersiz sırasında artan enerji gereksiniminin karşılanması için kardiyovasküler, solunumsal ve metabolik tepkilerin koordinasyonu bu sistem aracılığıyla gerçekleştirilir (Fu & Levine, 2013; Çabuk vd., 2020); böylece kalp debisi yükselir, ventilasyon artar, kan akımı iskelet kaslarına yönlendirilir ve metabolik yanıtlar hızlanır (Karakulak vd., 2016; Daniela vd., 2022). Otonom sinir sistemi bu görevleri, birbirine zıt fakat tamamlayıcı özelliklere sahip olan sempatik ve parasempatik alt bölümleri aracılığıyla yerine getirir (Budak & Özdek, 2025; Gibbons, 2019); sempatik sistem egzersiz gibi stres durumlarında vücudu harekete hazırlarken, parasempatik sistem dinlenme ve toparlanma dönemlerinde organizmanın yeniden dengeye ulaşmasını sağlar (Fu & Levine, 2013; Akyüz & Ma, 2012).

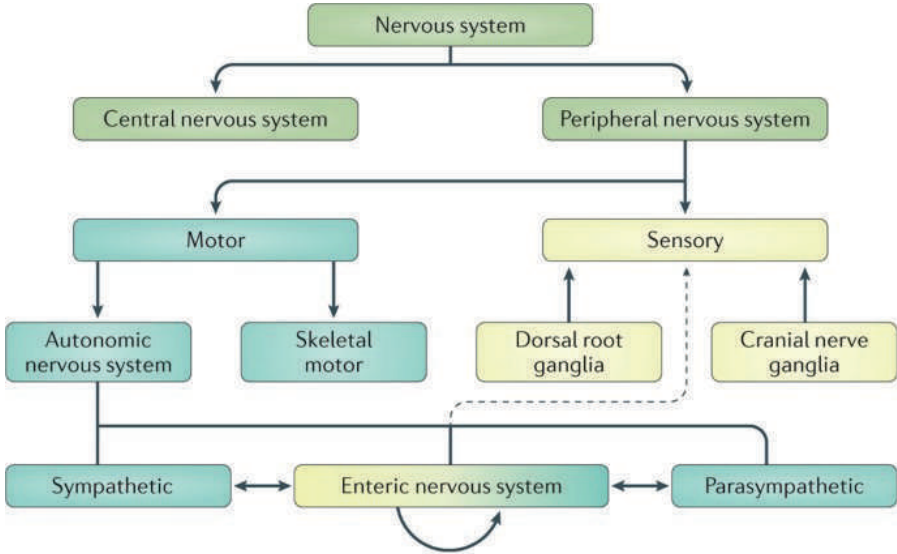
3.2.2.1. Sempatik Sinir Sistemi

Sempatik sinir sistemi, “savaş-kaç” mekanizmasının temel düzenleyicisi olup egzersiz sırasında baskın şekilde aktifleşerek organizmanın fiziksel

yükçe hızlı ve etkili biçimde uyum sağlamasını sağlar (Gibbons, 2019; Fu & Levine, 2013). Bu aktivasyon sonucunda göz bebekleri büyür, kalp atım sayısı ve kan basıncı yükselir, solunum hızı ile ventilasyon artar, iskelet kaslarına yönlendirilen kan akımı belirgin şekilde artar ve terleme yoğunlaşır (Akyüz & Ma, 2012; Karakulak vd., 2016). Bu fizyolojik değişikliklerin tamamı, egzersiz performansını destekleyerek kaslara daha fazla oksijen ve enerji iletilmesini, termoregülasyonun korunmasını ve motor çıktının optimize edilmesini mümkün kılar (Çabuk vd., 2020; Daniela vd., 2022).

3.2.2.2. Parasempatik Sinir Sistemi

Parasempatik sinir sistemi, “dinlen ve sindir” yanıtının temel düzenleyicisi olup egzersiz sonrası toparlanma döneminde baskın hâle gelerek organizmanın yeniden homeostatik dengeye ulaşmasını sağlar (Akyüz & Ma, 2012; Gibbons, 2019). Bu süreçte göz bebekleri küçülür, kalp atım sayısı ve kan basıncı azalır, solunum hızı düşer, terleme azalır ve sindirim sistemi aktivitesi artar (Fu & Levine, 2013). Parasempatik etkinliğin belirginleşmesi, özellikle vagal tonusun yükselmesiyle ilişkilidir ve toparlanma kalitesinin en önemli fizyolojik göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir (Budak & Özdek, 2025; Karakulak vd., 2016).



Nature Reviews | Gastroenterology & Hepatology

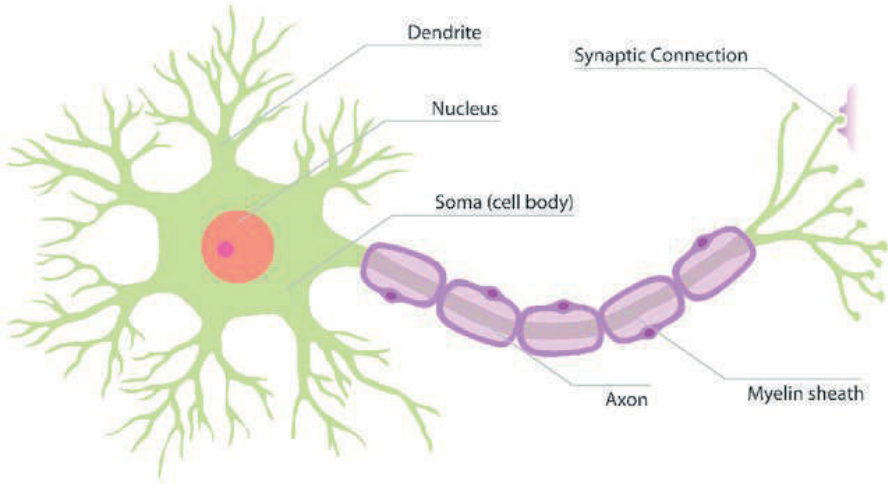
Şekil 1. Sinir Sisteminin Yapısal ve İşlevsel Sınıflandırılması (Rao & Gershon 2016).

4. Sinir Sisteminin Nörobiyolojik Temelleri

Sinir sisteminin işleyişi, yalnızca anatomik organizasyonla değil, aynı zamanda hücresel düzeyde gerçekleşen nörobiyolojik süreçlerle şekillenen karmaşık bir mekanizmaya dayanır (Akbulut, 2024; Meray & Yenice, 2018). Nöronların yapısal özellikleri, sinyallerin iletim biçimi, nörotransmitterlerin salınım dengesi ve sinaptik bağlantıların plastisitesi hem bilişsel işlevlerin hem motor performansın hem de egzersize verilen adaptif yanıtların temelini oluşturur (Başaran vd., 2013; Machado vd., 2015; Özocak vd., 2019). Bu bölümde sinir sisteminin hücresel ve moleküler düzeydeki çalışma prensipleri ele alınmakta; egzersizle ilişkili nörobiyolojik mekanizmalar, mevcut literatür çerçevesinde ayrıntılı biçimde açıklanmaktadır (Morgan vd., 2015; Bayram, 2022; Ünal, 2021).

4.1. Nöronların Yapısı ve İşlevi

Nöronlar, sinir sisteminin iletişim işlevini yürüten özelleşmiş hücrelerdir ve dentrit, soma ve akson olmak üzere üç temel bölümden oluşur (Gevrek, 2025). Dentritler, diğer nöronlardan veya duyu reseptörlerinden gelen sinyalleri alan yapılar iken; hücre gövdesi (soma), bu bilgileri bütünleştirerek aksona ileten bölgedir (Meray & Yenice, 2018). Akson ise sinyalin uzun mesafeye taşınmasını sağlayan iletim hattıdır ve miyelin kılıfla çevrili olması durumunda sinyal iletim hızı belirgin şekilde artar (Atak, 2021). Miyelin segmentleri arasındaki Ranvier düğümleri sayesinde aksiyon potansiyeli “saltatory iletim” ile çok daha hızlı bir şekilde ilerler (Akbulut, 2024). Nöronların yapısal bütünlüğü ve dentritik alanın genişliği, sinaptik bağlantı sayısı ve bilgi işleme kapasitesi ile doğrudan ilişkilidir (Başaran vd., 2013). Egzersiz, özellikle dentritik dallanma, akson bütünlüğü ve sinaptik yoğunluk üzerinde olumlu etkiler oluşturarak nöronların yapısal dayanıklılığını ve iletim kapasitesini artırmaktadır (Tekin vd., 2025; Özocak vd., 2019; Pranoto vd., 2020). Bu nedenle nöron morfolojisinin anlaşılması, egzersizin nörobiyolojik etkilerini açıklamak için temel önem taşır (Morgan vd., 2015; Müller vd., 2020).

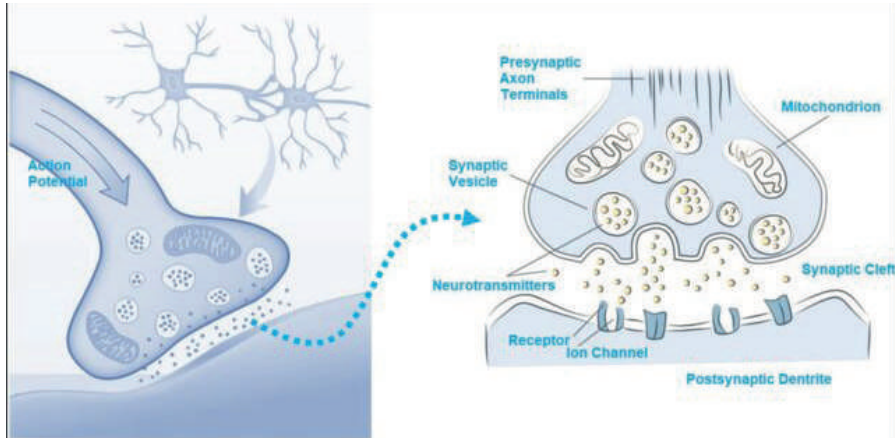


Şekil 2. Bir Nöronun Yapısal Bileşenleri (Fountas, 2011)

4.2. Sinaptik İletim ve Aksiyon Potansiyeli

Sinaptik iletim, nöronal bilginin bir hücreden diğerine aktarılmasını sağlayan kimyasal ve elektriksel süreçlerin bütünüdür (Gevrek, 2025; Meray & Yenice, 2018). Bir nöronun aksonunda oluşan aksiyon potansiyeli akson ucuna ulaştığında, presinaptik terminalde bulunan veziküllerden nörotransmitterlerin sinaptik boşluğa salınımı gerçekleşir (Gibbons, 2019; Machado et al., 2015). Bu nörotransmitterler postsinaptik nöronun reseptörlerine bağlanarak uyarıcı (eksitator) veya baskılayıcı (inhibitör) yanıt oluşturur (Erdoğan vd., 2025; Morgan et al., 2015; Özocak et al., 2019).

Aksiyon potansiyeli, hücre zarındaki iyon dağılımının değişmesiyle oluşan hızlı bir elektriksel dalgadır (Gevrek, 2025; Fountas, 2011). Depolarizasyon, repolarizasyon ve hiperpolarizasyon evrelerinden oluşan bu süreç, nöronal iletişimin temel dinamiğini oluşturur (Meray & Yenice, 2018; Machado et al., 2015). Egzersiz sırasında motor komutların artan hız ve doğrulukla kaslara iletilmesi, bu aksiyon potansiyeli mekanizmasının etkinliğine bağlıdır (Atak, 2021; Morgan et al., 2015). Aynı zamanda egzersizin sinaptik bağlantıların etkinliğini artırması, uzun dönemli güçlenme (LTP) süreçlerini destekleyerek öğrenme, hafıza ve motor beceri gelişimini kolaylaştırmaktadır (Özocak et al., 2019; Liu & Nusslock, 2018; Pranoto et al., 2020).



Şekil 3. Nöronda Aksiyon Potansiyeli ile Sinaptik İletimin Yapısal ve İşlevsel Bileşenleri (Wang, 2023).

4.3. Nörotransmitterler ve Egzersize Bağlı Değişimler

Nörotransmitterler, nöronlar arasındaki iletişimi düzenleyen kimyasal araçlardır ve sinir sisteminin nörokimyasal dengesi için kritik öneme sahiptir (Meray & Yenice, 2018; Machado et al., 2015). Dopamin, motivasyon, ödül ve motor kontrol süreçlerinde; serotonin, duygudurum düzenlenmesinde ve bilişsel esneklikte; noradrenalin, dikkat, uyanıklık ve stres yanıtında; GABA ve glutamat ise inhibitör ve eksitator sinaptik iletimin temel düzenleyicileri olarak görev yapmaktadır (Erdoğan et al., 2025; İnan, 2021). Egzersiz, nörotransmitter sistemleri üzerinde güçlü etkiler oluşturur (Civan vd., 2018; Morgan et al., 2015). Aerobik egzersiz serotonin ve noradrenalin düzeylerini artırarak ruh hâlinin iyileşmesine ve stres düzeyinin azalmasına katkı sağlar (Esmacilzadeh & Moradikör, 2025; Ma & Mumtaz, 2025). Yüksek yoğunluklu egzersiz dopaminerjik yolları uyararak motivasyon, dikkat ve motor performansı destekler (Machado et al., 2015; Guo et al., 2020). Egzersiz ayrıca glutamat aracılı sinaptik güçlenmeyi artırırken, GABA aktivitesinin düzenlenmesi yoluyla sinirsel dengeyi optimize eder (Özocak et al., 2019; Müller et al., 2020). Bu nörokimyasal değişimler, egzersizin hem bilişsel hem duygusal hem de motor süreçler üzerindeki olumlu etkilerinin temel biyolojik açıklamalarını oluşturmaktadır (Bayram, 2022; Satman, 2018).

4.4. Nöroplastisite Mekanizmaları

Nöroplastisite, sinir sisteminin deneyimlere, çevresel taleplere ve fiziksel aktiviteye bağlı olarak yapısal ve fonksiyonel değişim gösterebilme kapasitesidir

(Başaran et al., 2013; Özocak et al., 2019). Yapısal nöroplastisite; dentritik dallanmanın artması, sinaptik bağlantı sayısının çoğalması, akson büyümesi ve yeni nöron oluşumu (nörojeniz) gibi süreçleri içerirken; fonksiyonel nöroplastisite, sinaptik iletim gücünün uzun dönemli artışı (LTP) veya azalması (LTD) gibi sinaptik etkinlik değişimlerine dayanır (Morgan et al., 2015; Müller et al., 2020). Egzersiz, nöroplastisiteyi destekleyen en güçlü doğal uyaranlardan biridir (Satman, 2018; Bayram, 2022). Aerobik egzersiz başta hipokampus olmak üzere beynin öğrenme ve hafıza ile ilişkili bölgelerinde yeni nöron oluşumunu artırırken; BDNF, IGF-1 ve VEGF gibi nörotrofik faktörlerin salınımını yükselterek sinaptik plastisiteyi güçlendirir (Pranoto et al., 2020; Liu & Nusslock, 2018; Ghanbarzadeh et al., 2016). Bu mekanizmalar, egzersizin bilişsel işlevleri ve motor öğrenmeyi geliştirmedeki etkisinin temelini oluşturur (Meray & Yenice, 2018; Ma & Mumtaz, 2025).

4.5. Egzersizin Nörobiyolojik Uyarıcı Olarak Rolü

Egzersiz, sinir sistemi üzerinde hem akut hem de kronik etkiler oluşturan güçlü bir nörobiyolojik uyarıcıdır (Machado et al., 2015; Satman, 2018). Akut egzersiz sırasında artan kalp debisi, oksijen taşınımı ve nörotransmitter salınımı; merkezi sinir sisteminin uyarılabilirliğini artırarak bilişsel süreçleri ve reaksiyon hızını iyileştirir (Erdoğan et al., 2025; Fu & Levine, 2013). Düzenli egzersiz ise nörotrofik yanıtın artması, sinaptik plastisitenin güçlenmesi, nörojeniz ve dentritik dallanmanın çoğalması gibi süreçler aracılığıyla sinir sisteminin yapısal bütünlüğünü geliştirmektedir (Liu & Nusslock, 2018; Pranoto et al., 2020; Sheikhzadeh et al., 2015). Egzersiz ayrıca hipokampus, prefrontal korteks ve serebellum gibi bölgelerde metabolik aktiviteyi artırarak öğrenme, dikkat, yürütücü işlevler ve motor kontrol süreçlerini desteklemektedir (Morgan et al., 2015; Meray & Yenice, 2018; Bayram, 2022). Bu yönüyle egzersiz hem performans gelişimi hem de beyin sağlığının korunması açısından kritik bir biyolojik düzenleyici olarak değerlendirilmektedir (Esmacilzadeh & Moradikar, 2025; Müller et al., 2020).

5. Egzersiz ve Sinir Sistemi Arasındaki Etkileşim

Egzersiz ve sinir sistemi arasındaki etkileşim hem hücresel hem de sistem düzeyinde gerçekleşen çok yönlü biyolojik süreçlerle şekillenmektedir (Machado et al., 2015; Özocak et al., 2019). Fiziksel aktivite sırasında ortaya çıkan fizyolojik uyarılar; sinaptik iletimi, nörotransmitter dengesini, nörotrofik faktör üretimini ve nöral ağların işlevsel bağlantılılığını doğrudan etkileyerek sinir sisteminin adaptasyon kapasitesini artırmaktadır (Erdoğan et al., 2025; Ghanbarzadeh et al., 2016; Müller et al., 2020). Bu süreçler,

bilişsel işlevlerden motor performansa, duygudurum düzenlemeden hafıza süreçlerine kadar geniş bir yelpazede kendini göstermektedir (Morgan et al., 2015; Meray & Yenice, 2018; Bayram, 2022). Egzersiz, özellikle MSS'nin plastik kapasitesini harekete geçirerek beynin yapısal ve fonksiyonel bütünlüğünü destekleyen güçlü bir nörobiyolojik uyarıcı olarak işlev görmektedir (Liu & Nusslock, 2018; Pranoto et al., 2020; Sheikhzadeh et al., 2015).

Egzersiz sırasında artan motor komutlar, somatik sinir sistemi aracılığıyla iskelet kaslarına iletilirken, bu süreç aynı zamanda MSS'de motor korteks, serebellum ve bazal ganglion gibi bölgelerin aktivasyonunu artırır (Morgan et al., 2015; Meray & Yenice, 2018). Motor kortekste bu artmış aktivite, hareket doğruluğu ve koordinasyonu geliştirirken; serebellum, denge ve ince motor kontrol süreçlerini optimize eder (Bayram, 2022). Düzenli egzersiz, bu bölgelerdeki sinaptik bağlantıların güçlenmesini sağlayarak motor öğrenmeyi ve hareket becerilerinin kalıcılığını desteklemektedir (Özocak et al., 2019; Müller et al., 2020). Egzersize bağlı motor sistem adaptasyonları, reaksiyon zamanı, çeviklik ve hareket hızı gibi performans göstergelerini de olumlu yönde etkiler (Satman, 2018; Ogan et al., 2015).

Bilişsel süreçler açısından bakıldığında egzersiz, prefrontal korteks ve hipokampus gibi kritik beyin bölgelerinde metabolik aktiviteyi artırarak dikkat, yürütücü işlevler, karar verme ve problem çözme gibi bilişsel fonksiyonları geliştirebilmektedir (Morgan et al., 2015; Meray & Yenice, 2018). Bu iyileşme, özellikle aerobik egzersizle artan serebral kan akımı, oksijenlenme ve BDNF üretimi ile ilişkilendirilmektedir (Liu & Nusslock, 2018; Pranoto et al., 2020; Ghanbarzadeh et al., 2016). Hipokampusta gerçekleşen nörojenез ve sinaptik yoğunluk artışının hafıza süreçlerini güçlendirdiği; prefrontal kortekste nöroplastisite mekanizmalarının ise bilişsel esneklik ve dikkat kontrolünü desteklediği bilinmektedir (Ünal, 2021; Özocak et al., 2019). Bu nedenle düzenli fiziksel aktivite hem çocuklarda hem yetişkinlerde hem de yaşlı bireylerde bilişsel kapasitenin korunması ve geliştirilmesinde etkili bir araçtır (Ma & Mumtaz, 2025; Esmacilzadeh & Moradikor, 2025).

Düzenli egzersiz yapan bireylerde otonom sinir sistemi dengesinin daha etkin olduğu, stresle başa çıkma kapasitesinin geliştiği ve duygu durum düzenlemesinin daha dengeli gerçekleştiği görülmektedir (Budak & Özdek, 2025; Fu & Levine, 2013; Ma & Mumtaz, 2025). Benzer şekilde, kaygının bilişsel süreçler ve performans üzerindeki olumsuz etkileri de doğrulanmıştır (Demir et al., 2025).

Nörokimyasal açıdan egzersiz, dopamin, serotonin, noradrenalin ve

endorfin gibi nörotransmitterlerin salınımını artırarak duygudurumun iyileşmesine, kaygı düzeyinin azalmasına ve motivasyonun yükselmesine katkıda bulunur (Eker, 2024; Machado et al., 2015; Ma & Mumtaz, 2025). Bu nörokimyasal değişiklikler, egzersizin depresyon ve anksiyete gibi psikolojik sorunlar üzerindeki olumlu etkilerinin biyolojik temelini oluşturmaktadır (Esmacilzadeh & Moradikor, 2025). Ayrıca egzersiz sırasında artan dopamin ve noradrenalin düzeylerinin dikkat, reaksiyon zamanı ve bilişsel uyanıklığı artırdığı gösterilmiştir (Erdoğan et al., 2025; Morgan et al., 2015).

Sonuç olarak egzersiz ve sinir sistemi arasındaki etkileşim, tek bir biyolojik mekanizma üzerinden değil; sinaptik plastisite, nörotransmitter salınımı, nörotrofik faktör üretimi, motor-sensör entegrasyonu ve otonom yanıtların bütüncül etkileşimi üzerinden açıklanmaktadır (Özocak et al., 2019; Ghanbarzadeh et al., 2016; Morgan et al., 2015; Fu & Levine, 2013). Bu geniş etkileşim yelpazesi, egzersizin hem performans gelişimi hem de beyin sağlığının korunması açısından vazgeçilmez bir uyaran olduğunu göstermektedir (Tekin et al., 2025; Meray & Yenice, 2018; Bayram, 2022). Düzenli egzersiz uygulamalarının, sinir sisteminin yapısal esnekliğini ve fonksiyonel kapasitesini güçlendirerek bireyin bilişsel-motor becerilerini ve psikolojik iyi oluşunu desteklediği bilimsel olarak ortaya konmuştur (Müller et al., 2020; Liu & Nusslock, 2018; Ma & Mumtaz, 2025; Esmacilzadeh & Moradikor, 2025).

6. Sonuç

Bu bölüm, egzersizin sinir sistemi üzerindeki etkilerinin yalnızca motor performans artışıyla sınırlı olmadığını; nöronal yapı, sinaptik iletişim, nörotransmitter dengesi ve nöroplastisite süreçlerinin bütüncül etkileşimiyle şekillenen çok yönlü bir nörobiyolojik temele dayandığını ortaya koymuştur (Özocak et al., 2019; Ghanbarzadeh et al., 2016; Machado et al., 2015; Morgan et al., 2015; Tekin et al., 2025).

Nöronların dentritik dallanması, aksonal iletim kapasitesi ve sinaptik bağlantıların plastisite düzeyi; egzersizin şiddeti, süresi ve düzenliliğiyle doğrudan ilişkili olup, özellikle aerobik ve yüksek yoğunluklu egzersizlerin sinaptik güçlenme, nörogenез ve uzun dönemli potansiyasyon (LTP) üzerinde belirgin etkiler oluşturduğu görülmektedir (Liu & Nusslock, 2018; Ghanbarzadeh et al., 2016; Pranoto et al., 2020; Tekin et al., 2025). Bu nörobiyolojik adaptasyonlar, bilişsel işlevlerin, öğrenme süreçlerinin ve motor kontrol mekanizmalarının geliştirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır (Özocak et al., 2019; Morgan et al., 2015).

Nörotransmitter sistemleri üzerinden değerlendirildiğinde, egzersizin dopamin, serotonin ve noradrenalin gibi nörokimyasal düzenleyiciler üzerinde sağladığı etki; dikkat, motivasyon, duygudurum dengesi ve bilişsel esneklik açısından önemli bir biyolojik avantaj oluşturmaktadır (Erdoğan et al., 2025; Morgan et al., 2015). Bu süreçlere paralel olarak artan BDNF, IGF-1 ve VEGF düzeyleri, nöronal dayanıklılığı artırarak hem merkezi sinir sistemi hem periferik sinir sistemi düzeyinde bütüncül bir adaptasyon sağlamaktadır (Tekin et al., 2025; Ghanbarzadeh et al., 2016; Sheikhzadeh et al., 2015; Pranoto et al., 2020). Bu nörotrofik yanıtların sürekliliği, düzenli fiziksel aktivite alışkanlıklarının yaşam boyu beyin sağlığını destekleyen temel bir mekanizma olduğunu göstermektedir (Esmacilzadeh & Moradikor, 2025; Özocak et al., 2019).

Uygulama açısından bakıldığında egzersizin nörobiyolojik etkileri yaşamsal döngünün tüm dönemlerinde farklı gereksinimlere cevap verebilecek kapasitededir; çocukluk döneminde bilişsel gelişimi ve akademik uyumu desteklediği, ergenlik ve yetişkinlikte motor beceri, dikkat ve yürütücü işlevleri güçlendirdiği, yaşlılık döneminde ise nörodejeneratif süreçlere karşı koruyucu bir etki oluşturduğu ortaya konmuştur (Morgan et al., 2015; Meray & Yenice, 2018; Esmacilzadeh & Moradikor, 2025). Bu bağlamda, egzersiz temelli nörobiyolojik adaptasyonların yalnızca akut performans artışını değil; uzun vadeli bilişsel dayanıklılık, sinirsel esneklik ve mental sağlık sürdürülebilirliğini güvence altına alan bilimsel bir temel sunduğu söylenebilir (Tekin et al., 2025; Özocak et al., 2019; Guo et al., 2020).

Sonuç olarak, egzersiz ve sinir sistemi arasındaki ilişki, moleküler düzeydeki nörotrofik değişimlerden sistem düzeyindeki motor-sensör entegrasyonuna kadar uzanan geniş bir biyolojik çerçevede değerlendirilmelidir (Tekin vd., 2025; Özocak vd., 2019; Morgan vd., 2015). Bu bütüncül yaklaşım, modern spor bilimlerinde performans, sağlık ve bilişsel işlevlerin yönetiminde yeni bir paradigma olarak önem kazanmakta; antrenman biliminden eğitim ortamlarına, klinik uygulamalardan sağlıklı yaşam programlarına kadar geniş bir yelpazede stratejik bir yol gösterici niteliği taşımaktadır (Meray & Yenice, 2018; Esmacilzadeh & Moradikor, 2025). Bu nedenle fiziksel aktivitenin nörobiyolojik temelleri hem bilimsel araştırmalar hem de uygulamalı spor bilimleri açısından giderek daha fazla önem kazanan disiplinler arası bir çalışma alanı olarak değerlendirilebilir (Guo vd., 2020; Müller vd., 2020).

7. Kaynaklar

- Akbulut, N. H. (2024). Sinir Sistemi Histolojisi. *Sağlık & Bilim 2024: Histoloji ve Embriyoloji-I*, 51.
- Akyüz, G., & Ma, L. (2012). Otonom sinir sistemi anatomisi ve değerlendirilmesi. *Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi*, 58(1), 1-5.
- Atabaş, E. G. (2024). Fonksiyonel Antrenman. *Beden Eğitimi ve Spor Araştırmaları 2024-I*, 231.
- Atak, C. (2021). *Periferik Sinir İletim Hız Dağılımının Modern Programlama Dilleri ve Veri Analiz Yöntemleri Kullanılarak Modellenmesi* (Master's thesis, Necmettin Erbakan University (Turkey)).
- Ateş, F., Sağın, A. E., & Uğraş, S. (2025). The mediating role of interest in physical education class between satisfaction with life and attachment to school. *Milli Eğitim Dergisi*, 54(246), 1075–1108. <https://doi.org/10.37669/milliegitim.1502049>
- Bakal, A. Y. (2021). Nöromusküler elektrik stimülasyonu ve farklı yoğunluktaki kuvvet egzersizlerinin bilişsel fonksiyon ve idrar BDNF düzeyleri üzerine etkisi.
- Başaran, D. C., Yıldırım, F., Ekenci, B. Y., Kılıç, S., & Ülgen, P. (2013). Nöroplastisite ve Güncel Yaklaşımlar. *Başkent üniversitesi*, 15.
- Bayram, Ü. A. (2022). Egzersizin beyin üzerindeki etkilerinin biyopsikoloji açısından değerlendirilmesi. *Türk Eğitim Değerlendirmeleri Dergisi*, 1(1), 59-68.
- Bozdemir, B. S. (2024). *Fizyolojik psikoloji*. MedyaPress Türkiye Bilgi Ofisi Yayınları
- Budak, H., & Özdek, B. (2025). Otonom sinir sistemi aktivasyonlarında kalp atım hızı değişkenliğinin rolü. *Spor & Bilim*, 97.
- Civan, A., Özdemir, İ., Gencer, Y. G., & Durmaz, M. (2018). Egzersiz ve stres hormonları. *Türkiye Spor Bilimleri Dergisi*, 2(1), 1-14.
- Çabuk, R., Çayır, H., Yıldız, M., Onat, T., Cincioğlu, G., Adanur, O., & Kayaçan, Y. (2020). Egzersizin fizyolojik sistemler üzerine etkileri: Sistematik derleme. *Helal Yaşam Tıbbi Dergisi*, 2(1), 21–38.
- Çelik, B., & Sevindik Aktaş, B. (2025). Elit Sporcuların Egzersiz Bağımlılık Düzeylerinin İncelenmesi (Erzurum İli Örneği): Tanımlayıcı Araştırma. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, 17(1).
- Çuvalcıoğlu, İ. C. (2024). Nöromusküler yorgunluğun sinaptik iletide rol alan asetilkolin üzerine etkisi.
- Daniela, M., Catalina, L., Ilie, O., Paula, M., Daniel-Andrei, I., & Ioana, B. (2022). Effects of exercise training on the autonomic nervous system with a focus on anti-inflammatory and antioxidants effects. *Antioxidants*, 11(2), 350.

- Demir, G. T., Namlı, S., Çakır, E., Batu, B., Ateş, F., Yılmaz, E., Güvendi, B., Kocamaz Adaş, S., & Çağın, M. (2025). The role of mental toughness, sport imagery and anxiety in athletic performance: Structural equation modelling analysis. *BMC Psychology*, 13, 869. <https://doi.org/10.1186/s40359-025-03250-6>
- Eken, Ö. (2021). *Farklı Egzersiz Modalitelerinin Beyin Fonksiyonları Üzerine Etkisinin İncelenmesi* (Doctoral dissertation, İnönü University (Turkey)).
- Erdoğan, D. G., & Aslan, İ. (2021). Egzersiz ve egzersizin homeostatik fizyolojik etkileri. *Academic Developments on Health Sciences*, 67.
- Erdoğan, R., Yıldırak, A. ve Yılmaz, E. (2025). Egzersizin Nörotransmitterler Üzerindeki Etkisi: Sistematik Bir İnceleme. *Beden Eğitimi Spor Sağlık ve Eför Dergisi*, 4 (3), 29-38.
- Esmacilzadeh, M., & Moradikor, N. (2025). Nutrition & exercise for brain health: Enhancing cognitive function and neuroplasticity. *Advances in clinical and experimental medicine : official organ Wroclaw Medical University*, 34(9), 1419–1423. <https://doi.org/10.17219/acem/208533>
- Fountas, Z. (2011). Spiking neural networks for human-like avatar control in a simulated environment. *Computing Science of Imperial College London*, 1-60.
- Fu, Q. I., & Levine, B. D. (2013). Exercise and the autonomic nervous system. *Handbook of clinical neurology*, 117, 147-160.
- Gevrek, F. (2025). Sinir Bilim ve Embriyoloji. *Sağlık & Bilim 2025: Histoloji ve Embriyoloji-I*, 41.
- Ghanbarzadeh, M., Taheri, A., & Heyat, F. (2016). Molecular structure and response of the brain-derived neurotrophic factor (BDNF) to exercise. *Annals of Military and Health Sciences Research*, 14(4).
- Gibbons C. H. (2019). Basics of autonomic nervous system function. *Handbook of clinical neurology*, 160, 407–418. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64032-1.00027-8>
- Guo, L. Y., Lozinski, B., & Yong, V. W. (2020). Exercise in multiple sclerosis and its models: Focus on the central nervous system outcomes. *Journal of neuroscience research*, 98(3), 509–523. <https://doi.org/10.1002/jnr.24524>
- İnan, C. M. (2021). Bazı besin öğelerinin sinir sistemi üzerine etkileri. *Institute of Health Sciences Journal*, 6(1), 49–58.
- Karakulak, U. N., Yılmaz, Ö. H., Tutkun, E., Gündüzöz, M., Evranos, B., Onay, E. E., ... & Öztürk, M. T. (2016). Exercise heart rate recovery assessment of the cardiac autonomic nervous system in workers occupationally exposed to lead. *Archives of the Turkish Society of Cardiology/Türk Kardioloji Derneği Arşivi*, 44(5).
- Liu, P. Z., & Nusslock, R. (2018). Exercise-mediated neurogenesis in the hippocampus via BDNF. *Frontiers in Neuroscience*, 12, 52.

- Ma, Y., & Mumtaz, S. (2025). The long-term mental health benefits of exercise training for physical education students: a comprehensive review of neurobiological, psychological, and social effects. *Frontiers in psychiatry*, 16, 1678367. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2025.1678367>
- Machado, S., Paes, F., Ferreira Rocha, N. B., Yuan, T. F., Mura, G., Arias-Carrión, O., & Nardi, A. E. (2015). Neuroscience of Exercise: Association Among Neurobiological Mechanisms and Mental Health. *CNS & neurological disorders drug targets*, 14(10), 1315–1316. <https://doi.org/10.2174/1871527315999151119122238>
- Meray, J., & Yenice, I. S. (2018). Beyin ve Egzersiz. *Journal of Physical Medicine & Rehabilitation Sciences*, 21(2).
- Morgan, J. A., Corrigan, F., & Baune, B. T. (2015). Effects of physical exercise on central nervous system functions: a review of brain region specific adaptations. *Journal of molecular psychiatry*, 3(1), 3.
- Müller, P., Duderstadt, Y., Lessmann, V., & Müller, N. G. (2020). Lactate and BDNF: Key Mediators of Exercise Induced Neuroplasticity?. *Journal of clinical medicine*, 9(4), 1136. <https://doi.org/10.3390/jcm9041136>
- Ogan, M., Ozturk, D., Ozturk, M., Buzdağlı, Y., & Sajedi, H. (2015). Physical And Physiological Parameters Evaluation Of Sport Science Students. *The Swedish Journal of Scientific Research*, 2(8), 73.
- Özkul, Ç. (2020). Egzersiz ve beyin. Sağlık Bilimlerinde Multidisipliner Araştırmalar, 543.
- Özocak, O., Başçıl, S. G., & Gölgeci, A. (2019). Egzersiz ve nöroplastisite. *Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 31-38.
- Pranoto, A., Wahyudi, E., Prasetya, R. E., Fauziyah, S., Kinanti, R. G., Sugiharto, S., & Rejeki, P. S. (2020). High intensity exercise increases brain derived neurotrophic factor expression and number of hippocampal neurons in rats. *Comparative Exercise Physiology*, 16(4), 325–332.
- Rao, M., Gershon, M. The bowel and beyond: the enteric nervous system in neurological disorders. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol* 13, 517–528 (2016). <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2016.107>
- Satman, M. C. (2018). Fiziksel aktivite: bilinenin çok ötesi. *Spor metre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 16(4), 158-178.
- Sheikhzadeh, F., Etemad, A., Khoshghadam, S., Asl, N. A., & Zare, P. (2015). Hippocampal BDNF content in response to short- and long-term exercise. *Neurological Sciences*, 36(7), 1163–1166.
- Tekin, M., Küçükderdem, T., & Küçükoraş, M. (2025). Egzersizin Beyin Üzerindeki Nörobiyolojik Etkileri: BDNF ve Nöroplastisite. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Uluslararası Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 2(1), 13-28.

- Ünal, M. (2021). Egzersiz ve Nörogenез. Journal of Istanbul Faculty of Medicine, 84(2), 264-268. <https://doi.org/10.26650/IUITFD.2020.0066>
- Wang, F. (2023). Neuro-WiFi: A novel neuronal connection underlies the potential interventional target. *Science Insights*, 43(6), 1179-1196.

Futbolda Performans Optimizasyonu: Yük Yönetimi ve Toparlanma Stratejileri

Gökhan Atasever¹, Ahmet Dal²

Özet

Modern futbol, artan maç trafiği ve oyunun fiziksel yoğunluğundaki artış nedeniyle sporcuların fizyolojik sınırlarını zorlamaktadır. Bu çalışma, elit düzeydeki futbolcularda performansın sürdürülebilirliğini sağlamak ve sakatlık riskini minimize etmek amacıyla uygulanan yük yönetimi ve toparlanma (recovery) stratejilerini incelemektedir. Performans optimizasyonu; dışsal yük (koşu mesafeleri, sprint sayıları) ve içsel yükün (kalp atış hızı, algılanan zorluk derecesi) hassas bir dengede tutulmasını gerektirir. Makalede, GPS tabanlı takip sistemlerinin ve biyometrik verilerin antrenman dozajlamasındaki kritik rolü vurgulanmaktadır. Ayrıca, müsabaka sonrası inflamasyonu azaltmak ve glikojen depolarını yenilemek için kullanılan soğuk su daldırma, kompresyon giysileri, uyku kalitesinin artırılması ve beslenme protokolleri gibi toparlanma yöntemlerinin etkinliği literatür ışığında değerlendirilmektedir. Sonuç olarak, bireyselleştirilmiş yük izleme süreçlerinin, “yetersiz antrenman” ile “aşırı yüklenme” (overtraining) arasındaki ince çizgiyi yönetmede en etkili araç olduğu ve toparlanma stratejilerinin sadece fiziksel değil, bilişsel performansı da doğrudan etkilediği görülmektedir.

Giriş

Modern futbol, yüksek hızda oynanan, yoğun fiziksel taleplerin olduğu ve sezonda giderek artan maç sayısı ile birlikte hem performansın hem de yaralanma riskinin hassas biçimde yönetilmesini zorunlu kılan bir yapıya dönüşmüştür. Oyuncuların fiziksel yüklenme düzeyi; antrenman yoğunluğu, maç periyotlaması, seyahat temposu, psikolojik stres, toparlanma kalitesi ve biyolojik yanıtlar gibi çok boyutlu faktörlerin bir araya gelmesiyle

1 Atatürk Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, <https://orcid.org/0000-0003-3222-9486>, gokhan.atasever@atauni.edu.tr

2 Erzurum Büyükşehir Belediyesi, [2https://orcid.org/0009-0007-0581-6585](https://orcid.org/0009-0007-0581-6585)

şekillenmektedir (Impellizzeri ve Marcora, 2018). Bu nedenle yük yönetimi, yalnızca fiziksel performans artırma odaklı değil, aynı zamanda aşırı yüklenme, yorgunluk birikimi ve sakatlık riskini azaltmayı hedefleyen bütüncül bir süreçtir. Futbolun değişen talepleri nedeniyle, performans departmanları artık antrenman planlamasını yalnızca teknik-taktik değil, fizyolojik, bilişsel ve biyomekanik yük uyaranlarını da hesaba katarak yapılandırmak zorundadır (Altunbaş, 2025; Demir ve Kıyıcı, 2023).

Güncel literatür, özellikle yoğun fıkstür dönemlerinde oyuncuların toparlanma süreçlerinin performansın sürdürülebilirliği açısından kritik olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, iç ve dış yük ölçümlerinin entegrasyonu, bireyselleştirilmiş antrenman dozlaması ve bilimsel toparlanma stratejilerinin etkin kullanımı, modern futbol biliminde giderek daha merkezi bir konum edinmiştir. Bu bölümde, yük yönetimi ve toparlanma uygulamalarının fizyolojik temelleri, güncel pratikleri ve performans optimizasyonundaki rolleri geniş kapsamlı biçimde ele alınmaktadır.

Futbolda Yük Yönetimi: Kavramsal Temeller

Futbolda yük yönetimi, oyuncunun antrenman ve müsabaka sırasında maruz kaldığı tüm stres ve uyaranların nicel ve nitel olarak değerlendirilmesini ve bu değerlere göre uygun antrenman planlamalarının yapılmasını kapsamaktadır. Spor bilimlerinde “yük”, klasik olarak iki ana başlıkta sınıflandırılmaktadır: iç yük (internal load) ve dış yük (external load). Dış yük, GPS, hız, ivmelenme, yavaşlama, yüksek şiddetli koşu ve sprint gibi ölçümlerle nicelleştirilen fiziksel iş miktarını ifade ederken; iç yük, kalp atım hızı, kan laktat düzeyleri, algılanan zorluk derecesi (RPE) gibi fizyolojik ve psikolojik yanıtları kapsamaktadır (Bourdon ve ark., 2017).

Yük yönetimi, yalnızca oyuncunun ne kadar çalıştığını değil, aynı zamanda bu çalışmaya nasıl yanıt verdiğini de dikkate alır. Bu nedenle yük-yanıt ilişkisi, performans antrenmanı modellemelerinin temelini oluşturur. Futbol özelinde yük yönetimi; pozisyona özgü talepler, bireysel gelişim düzeyi, önceki yaralanma geçmişi, yaş, hormonal yanıtlar ve psikososyal faktörlerle birlikte değerlendirilmek zorundadır. Özellikle genç oyuncular ve elit düzey sporcular arasında yük toleransı büyük farklılıklar gösterir, bu nedenle bireyselleştirilmiş yaklaşımlar modern performans departmanlarının önemli bir gerekliliği hâline gelmiştir.

Dış Yük (External Load): Ölçüm, İzleme ve Uygulamalar

Dış yük, oyuncunun sahada gerçekleştirdiği toplam fiziksel iş miktarını ifade eder ve GPS, optik takip sistemleri ve ivmeölçerler gibi teknolojilerle

detaylı olarak kayıt altına alınmaktadır. Modern sistemler, bir futbolcunun bir antrenman veya maç boyunca kat ettiği toplam mesafenin yanı sıra, hız zonlarına göre koşu dağılımını, ivmelenme ve yavaşlama sayısını, PlayerLoad gibi mekanik yük parametrelerini ve yüksek şiddetli efor tekrarlarını milisaniyelik hassasiyetle ölçebilmektedir (Akenhead ve ark., 2016).

Dış yük izleme, antrenman planlanmasında teknik ekibe güçlü bir geri bildirim sağlar. Örneğin, kanat oyuncularını ve tam-back oyuncularını yüksek hızda koşu ve sprint açısından oyunun en büyük yüküne maruz kalırken, merkez orta saha oyuncularını daha yüksek toplam mesafe ve tekrarlı yüksek şiddetli eforlarla karakterize edilen bir yük profiline sahiptir. Bu nedenle pozisyona özgü yük referans aralıklarının oluşturulması, bireysel yük yönetimi için kritiktir.

Dış yük verileri yalnızca antrenman planlaması için değil, aynı zamanda maç performansının analizi ve oyuncu geliştirme süreçlerinde de kullanılmaktadır. Yüksek yoğunluklu efor kapasitesi, maç sonunda performans düşüşü, yorgunluğa bağlı teknik-taktik karar verme hataları ve hız dayanıklılığı gibi unsurlar dış yük verileriyle ilişkilendirilebilmektedir.

İç Yük (Internal Load): Fizyolojik ve Algısal Yanıtların Takibi

İç yük, oyuncunun uygulanan dış yüke karşı verdiği fizyolojik ve psikolojik yanıtları ifade eder. Kalp atım hızı (HR), kan laktatı, RPE, HRV (Kalp Atım Hızı Değişkenliği) ve hormonal stres belirteçleri (kortizol, testosteron) bu kapsamda değerlendirilir. İç yük, bireysel farklılıkları yansıtmaması nedeniyle dış yükle birlikte ele alındığında çok daha anlamlı sonuçlar üretir (McLaren ve ark., 2018).

RPE ölçeği, futbol özelinde en yaygın kullanılan iç yük göstergelerinden biridir. Oyuncuların subjektif algıları, özellikle farklı psikolojik stres düzeylerinde veya seyahat, uyku bozukluğu ve zihinsel yorgunluk gibi dışsal faktörlerin etkisi altında önemli ipuçları verir. HRV ölçümleri ise otonom sinir sistemi dengesini yansıtarak toparlanma düzeyinin değerlendirilmesinde kritik rol oynar. Düşük HRV, genellikle yetersiz toparlanma veya yüksek stres yükü ile ilişkilidir.

Atletik performans uzmanları, iç yük verilerini günlük karar verme süreçlerinde aktif olarak kullanmaktadır. Örneğin, antrenman öncesi HRV değerlendirmesi düşük olan bir oyuncunun antrenman şiddeti azaltılarak aşırı yüklenme riski azaltılabilir.

Yoğun Fikstür Dönemleri ve Performansın Sürdürülmesi

Yoğun fikstür dönemleri, özellikle üst düzey liglerde haftada iki veya üç maç oynanmasıyla karakterize edilir ve futbolcuların fiziksel, fizyolojik ve psikolojik yükünün en fazla arttığı süreçlerdir. Araştırmalar, 72 saatten kısa toparlanma sürelerinin sprint performansı, tekrarlı sprint yeteneği, eksenrik kas fonksiyonu ve nöromusküler güç çıktıları üzerinde olumsuz etkiler yarattığını göstermektedir (Silva ve ark., 2018). Bu durum, özellikle savunmacılar ve kanat oyuncularında belirgin hale gelmektedir.

Yoğun maç periyotlarında antrenman planlaması büyük ölçüde toparlanma odaklı olur. Bu süreçte, yük yönetiminin amacı performansı artırmak değil, performansın düşmesini engellemektir. Antrenman hacmi düşürülür, yoğunluk bireyselleştirilir ve taktik antrenmanlara öncelik verilir. Ayrıca rotasyon planlaması, oyuncu sağlığı ve performansının korunması açısından önemli bir stratejidir. Yoğun fikstürlerde kas hasarı belirteçleri (örneğin CK düzeyi) daha yüksek seyretmekte, bu da toparlanma gereksinimini artırmaktadır.

Yorgunluk, Aşırı Yüklenme ve Yaralanma Riski

Yorgunluk, futbol performansının en temel sınırlayıcılarından biridir ve hem akut hem de kronik yük birikiminin doğal sonucudur. Yorgunluğun kas-tendon yapılarında mekanik dayanımın azalmasına, eklem kontrolünün bozulmasına ve hareket verimliliğinin düşmesine yol açtığı bilinmektedir (Gabbett, 2016). Bu nedenle yorgunluk yalnızca performans düşüklüğüne değil, aynı zamanda yaralanma riskinin artmasına da zemin hazırlar.

Aşırı yüklenme durumu ise, oyuncunun yük tolerans kapasitesinin üzerinde uygulanan yüklenmelerin uzun süre devam etmesiyle ortaya çıkar. Bu süreçte iç yük göstergeleri yükselir, toparlanma göstergeleri düşer, performans parametreleri bozulur. Özellikle genç oyunculara kemik ve tendon dokusunun olgunlaşma düzeyi nedeniyle aşırı yüklenmeye bağlı yaralanma daha sık görülmektedir.

Yaralanma riski hem antrenman hem maç yüklerinin dengesizliğiyle yakından ilişkilidir. Literatürde yüksek akut-kronik yük oranı (ACWR) değerlerinin yaralanma riskini artırdığı gösterilmiştir. Bu nedenle yük yönetimi yalnızca performans artırma değil, yaralanma önleme stratejisinin de merkezinde yer alır.

Toparlanma Süreçlerinin Fizyolojik Temelleri

Toparlanma, organizmanın antrenman ve maç gibi stresörlere verdiği yanıt sonucunda bozulan fizyolojik dengeleri yeniden kurma sürecidir. Bu

süreç, kas-tendon iyileşmesi, enerji depolarının yenilenmesi, nöromusküler fonksiyonun toparlanması, hormonal denge ve merkezi sinir sistemi iyileşmesi gibi çok boyutlu mekanizmalardan oluşur.

Kas glikojen depolarının tükenmesi, futbol maçlarında yaygın olarak gözlenen metabolik yorgunluğun temel belirleyicilerindendir. Glikojen depolarının tam olarak yenilenmesi 24–48 saat sürebilir. Aynı şekilde eksantrik kas hasarı, DOMS ve nöromusküler fonksiyon kaybı maç sonrasında 48–72 saat devam edebilir (Nedelec ve ark., 2013). Bu nedenle toparlanma stratejilerinin zamanlaması, içeriği ve yoğunluğu performans sürdürülebilirliği açısından kritik önemdedir.

Toparlanma, yalnızca fizyolojik değil, aynı zamanda psikolojik bir süreçtir. Maç stresi, seyahat, taraftar baskısı, uyku kalitesi ve zihinsel yorgunluk gibi faktörler de toparlanmayı önemli ölçüde etkiler.

Toparlanma Stratejileri

Toparlanma stratejileri, futbolcularda maç ve antrenman sonrası ortaya çıkan nöromusküler yorgunluk, metabolik stres, kas hasarı, inflamasyon, psikolojik tükenmişlik ve hormonal bozulmaları minimize etmeyi amaçlayan multidisipliner uygulamalardan oluşur. Modern futbol performansı, yalnızca antrenman kalitesine değil, toparlanma sürecinin etkinliğine de doğrudan bağlıdır. Bu nedenle profesyonel kulüpler, toparlanma yönetimini sezon planlamasının temel bileşeni hâline getirmiştir. Bu bölüm, futbol sporunda yaygın olarak kullanılan bilimsel toparlanma stratejilerini fizyolojik mekanizmaları, uygulama parametreleri ve güncel araştırmalar ışığında ayrıntılı biçimde ele almaktadır.

Şok Havuzu (CWI)

Şok havuzu, futbolcularda maç sonrası kas hasarı ve inflamasyonu azaltmaya yönelik en sık uygulanan yöntemlerden biridir. Tipik olarak 8–12°C arasında, 8–10 dakika süreyle uygulanmaktadır. Soğuk, dokulardaki metabolik aktiviteyi düşürerek inflamatuvar süreçleri sınırlamakta ve kas içi ödem oluşumunu azaltmaktadır (Bleakley ve Davison, 2010). Soğuk uygulaması aynı zamanda vazokonstriksiyon yoluyla kan akımını azaltır ve su dışına çıkıldığında oluşan re-perfüzyon etkisiyle kas içi metabolitlerin temizlenmesi hızlanır.

Araştırmalar, şok havuzunun özellikle eksantrik kas hasarının yüksek olduğu yoğun maç dönemlerinde algılanan ağrıyı azalttığını ve sprint performansının daha hızlı toparlanmasına katkı sağladığını göstermektedir (Leeder ve ark., 2012). Ancak bazı çalışmalar, uzun dönemli sık uygulamaların

hipertrofi ve gç adaptasyonlarını yavaşlatabileceğini bildirmektedir. Bu nedenle CWI, yoğun fıkstr dönemlerinde tercih edilmekte, adaptasyon hedefli kuvvet dönemlerinde ise sınırlı kullanılmaktadır.

Kontrast Banyo (Contrast Water Therapy: CWT)

Kontrast banyo, sıcak (38–42°C) ve soğuk (8–10°C) suya dönüşümlü olarak girilmesiyle gerçekleştirilen bir hidroterapi yöntemidir. Sıcak-soğuk değişimi, damarların sürekli vazodilatasyon–vazokonstriksiyon döngüsüne girmesine yol aarak kas dokusunun kanlanmasını artırır. Bu süreç, metabolik atıkların uzaklaştırılmasını hızlandırmakta ve kas sertliğini azaltmaktadır.

Futbol zelinde, CWT’nin özellikle subjektif toparlanma hissi, bacak hafifliği ve ağrı algısında pozitif etkiler yarattığı rapor edilmiştir (Vaile ve ark., 2008). CWTye kıyasla inflamasyon azaltma etkisi daha zayıf olsa da dolaşımı artırıcı etkisi nedeniyle bazı kulüpler oyunculara alternatif olarak CWT uygulamaktadır.

Kompresyon Giysileri

Kompresyon giysileri, mekanik basınc sağlayarak kas titreşimini azaltmakta, interstisyel sıvı birikimini sınırlandırmakta ve venöz dönüşü artırarak toparlanmayı desteklemektedir (MacRae ve ark., 2011). Kas içi titreşimlerin azalması, eksenrik kas hasarı sonrası mikrotravmanın daha kontrollü olmasına yardımcı olabilir.

Futbolcularda kompresyon taytları ve çoraplarının özellikle ma sonrası demi azalttığı, DOMS (gecikmiş kas ağrısı) semptomlarını hafiflettiği ve sprint performansının toparlanmasını hızlandırdığı gösterilmiştir. Ayrıca uçak yolculukları sırasında kullanıldığında dolaşım bozukluklarına karşı koruyucu etki sağladığı için sık seyahat eden takımlar tarafından yaygın biçimde tercih edilmektedir.

Aktif Toparlanma

Aktif toparlanma, düşük yoğunluklu aerobik aktiviteleri (rneğin 10–20 dakikalık hafif koşu, bisiklet veya yüzme) ve mobilizasyon çalışmalarını içeren bir stratejidir. Aktif toparlanmanın temel fizyolojik mekanizması, kas kan akımını artırarak laktat, hidrojen iyonu ve diğer metabolik artıkların temizlenmesini hızlandırmasıdır (Sajedi vd., 2015).

Araştırmalar, aktif toparlanmanın performans parametrelerini kısa vadede olumlu etkilediğini ve özellikle tekrarlı sprint yeteneğinde istemli yorgunluğu azaltabildiğini göstermektedir (Dupont ve ark., 2004). Ayrıca parasempatik aktiviteyi destekleyerek psikolojik rahatlama sağlar. Ma ertes

günlerde düşük şiddetli aerobik aktiviteler, futbol takımlarında standart uygulama haline gelmiştir.

Masaj, Manuel Terapi ve Miyofasyal Teknikler

Masaj ve manuel terapi, kas gerginliğini azaltmak, dolaşımı artırmak, kas içi basıncı düşürmek ve psikolojik rahatlama sağlamak amacıyla yoğun biçimde kullanılmaktadır. Masaj, parasempatik sinir sistemini aktive ederek kalp atım hızını düşürmekte ve stres hormonlarını azaltmaktadır (Weerapong, Hume & Kolt, 2005).

Foam roller ve diğer miyofasyal gevşetme teknikleri, kas fasyasında hareket açıklığını iyileştirmekte, sertliği azaltmakta ve eklem hareketliliğini desteklemektedir. Örneğin quadriceps ve hamstring üzerine uygulanan miyofasyal gevşetme, sprint öncesi kas fonksiyonunu olumlu yönde etkileyebilir.

Stretching (Esneme) ve Mobilizasyon

Esneme protokolleri, özellikle maç sonrası kas sertliğinin azaltılması ve hareket açıklığının korunması için uygulanmaktadır. Statik esneme, kas içi viskoelastik özellikleri değiştirerek kasın daha düşük gerilme ile daha yüksek uzunluğa ulaşmasını sağlar. Dinamik mobilizasyon ise kas-sinir birimlerinin fonksiyonel hareket açıklığını artırarak futbolcularda sprint ve yön değiştirme performansını destekleyebilir.

Literatürde esneme çalışmalarının performans parametrelerine etkisi tartışmalı olsa da toparlanma üzerindeki etkileri; daha düşük DOMS, daha iyi eklem mobilitesi ve subjektif rahatlama şeklinde özetlenebilir.

Hidrasyon ve Elektrolit Dengesi

Maç sırasında terleme yoluyla önemli miktarda sıvı ve elektrolit kaybı gerçekleşir. %2'lik sıvı kaybı bile sprint performansını ve bilişsel karar verme hızını olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle maç sonrası hidrasyon, toparlanmanın kritik bileşenlerinden biridir.

Sodyum, potasyum ve magnezyum dengesi kas kasılması ve sinir iletimi açısından önemlidir. Ter içeriği kişiden kişiye büyük farklılık gösterdiği için bazı kulüpler “ter testi” uygulayarak bireysel hidrasyon protokolleri geliştirmektedir Ogan vd., 2016).

Yük Yönetimi ve Toparlanma Arasındaki Etkileşim

Futbolda performans optimizasyonu, yük yönetimi ve toparlanmanın uyumlu entegrasyonu ile mümkündür. Yük, organizmaya uyaran sağlar;

toparlanma ise adaptasyonu mümkün kılar. Eğer toparlanma yetersiz kalırsa yüklenme süreçleri adaptasyon yerine yıpratıcı etki yaratır ve performans düşer. Bu nedenle modern antrenman planlaması, yük ve toparlanmanın dengeli etkileşimini yönetme üzerine kuruludur. Takım içindeki bireysel farklılıkların belirlenmesi, yük toleransının ölçülmesi ve toparlanma yanıtlarının izlenmesi performans departmanlarının temel sorumluluğudur.

Yük yönetiminin toparlanmaya etkisi iki yönlüdür: yüksek yüklenme toparlanma gereksinimini artırır, aynı zamanda yüksek toparlanma kapasitesine sahip oyuncular daha yüksek yüklemeyi tolere edebilir. Bu nedenle kulüpler artık toparlanma kapasitesini artırmayı da performans antrenmanının bir bileşeni olarak görmektedir.

Teknolojik İzleme Sistemlerinin Rolü

Performans optimizasyonunda teknoloji artık vazgeçilmez bir araç hâline gelmiştir. GPS, ivmeölçerler, inertial sensörler, HRV uygulamaları, uyku takip cihazları ve wellness anketleri antrenman yükü–yanıt–toparlanma döngüsünü doğru yönetmek için kullanılmaktadır.

Özellikle yapay zekâ tabanlı yük modelleme sistemleri, oyuncunun geçmiş verilerine göre yaralanma riskini tahmin edebilmekte ve antrenman planlamasında teknik ekibe güçlü geri bildirim sağlayabilmektedir. Bu sistemler, yük değişkenliklerini, stres parametrelerini ve performans çıktılarındaki mikro değişimleri analiz ederek bireyselleştirilmiş öneriler sunmaktadır (Alaeddinoğlu vd. 2023).

Sonuç olarak, yük yönetimi–toparlanma–performans üçlüsü modern futbolda birbirinden ayrı düşünülemez bileşenlerdir. Bu alanların entegre, disiplinler arası ve veri destekli bir çerçevede yönetilmesi, yalnızca performansın artırılmasını değil, aynı zamanda üst düzey futbolun değişen taleplerine uyum sağlayabilen, dayanıklı ve sürdürülebilir bir oyuncu profili ortaya çıkarmaktadır. Geleceğin futbolunda başarı, yalnızca teknik–taktik üstünlükle değil, aynı zamanda bilimsel yük yönetimi ve etkili toparlanma stratejilerinin uygulanma kalitesiyle belirlenecektir. Bu nedenle kulüplerin performans departmanları, sağlık ekipleri ve teknik direktörlerin bu süreçleri bir bütün olarak ele alması, modern futbolun rekabetçi yapısında üstünlük sağlamanın temel koşulu olacaktır.

Kaynakça

- Alaeddinoğlu, M. F., Sivrikaya, H., & Alaeddinoğlu, V. (2023). Dijital Teknoloji ve Spor Eğitim Programları. *Dijital Çağda Spor Araştırmaları I*, 13.
- Altunbaş A. (2025). Kadın Futbolcularda Benlik Saygısının Psikolojik Performans Üzerindeki Etkisi. Efe Akademi Yayınları
- Akenhead, R., Harley, J., & Tweddle, S. (2016). Examining the External Training Load of Professional Soccer Players with Respect to Position. *Journal of Strength and Conditioning Research*.
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., ve ark. (2017). Monitoring Athlete Training Loads. *Sports Medicine*.
- Demir, O., & Kırıyıcı, F. (2023). Investigation Of The Relationship Of Cognitive Performance, Visual Reaction Time And Agility Parameters On Football Players. *SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 21(3), 107-116
- Gabbett, T. J. (2016). The training–injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *Br J Sports Med*.
- Impellizzeri, F. M., & Marcora, S. M. (2018). Internal and External Training Load: 15 Years On. *International Journal of Sports Physiology and Performance*.
- McLaren, S. J., Smith, A., Spears, I. R., ve ark. (2018). A multidisciplinary approach to training load monitoring. *Sports Medicine - Open*.
- Nedelec, M., McCall, A., Carling, C., ve ark. (2013). Recovery in Soccer. *Sports Medicine*.
- Ogan, M., Aslan, B. E., Ozturk, D., Yilmaz, U., & Kartal, M. (2016). The Effects Of Fasting On Health And Athletic Performance. *Journal Of Sport And Exercise Physiology. Vol*, 2(1), 15-24.
- Sajedi, H., Ogan, M., Buzdağlı, Y., Yılmaz, U., (2015) The Effect of Ginseng and Glutamine Supplementation on Anaerobic Power in Handball Players, *European Journal of Physical Education and Sport*, 9(3), 172-178
- Silva, J. R., Rumpf, M., Costa, P. B., ve ark. (2018). Neuromuscular recovery after soccer match-play. *European Journal of Sport Science*.

Alzheimer ve Egzersiz 8

Fatmanur Er¹

Özet

Alzheimer hastalığı (AH), ileri yaşla birlikte sıklığı artan, hafıza başta olmak üzere dil, dikkat, yürütücü işlevler ve öğrenme gibi pek çok bilişsel alanı etkileyen ilerleyici bir nörodejeneratif hastalıktır. Hastalığın klinik seyri yalnızca bilişsel yıkımla sınırlı kalmaz; davranışsal ve psikolojik belirtiler, mobilite kısıtlılığı, düşme riski, uyku bozuklukları ve günlük yaşam aktivitelerinde bağımlılığın artması gibi çok boyutlu sonuçlara yol açar. Bu nedenle AH, birey ve aile düzeyinde bakım yükünü artırmakla birlikte sağlık sistemleri açısından da uzun dönemli bakım gereksinimi, maliyet artışı ve yaşam kalitesinde belirgin azalma ile ilişkili önemli bir halk sağlığı problemi olarak öne çıkmaktadır.

AH'nin kesin tedavisinin bulunmamasıyla birlikte farmakolojik tedaviler belirli ölçüde yarar sağlasa da son yıllarda farmakolojik olmayan müdahaleler ve yaşam tarzı temelli yaklaşımlar giderek daha fazla önem kazanmıştır. Bu bağlamda egzersiz, hem koruyucu sağlık perspektifinde sedanter yaşam biçimi gibi değiştirilebilir bir davranışsal risk faktörünü hedef alan güçlü bir müdahale aracı olması hem de hastalık ortaya çıktıktan sonra fonksiyonel kapasitenin ve günlük yaşam aktivitelerinin olabildiğince korunmasına yardımcı olması nedeniyle özel bir önem taşımaktadır. Mevcut literatür düzenli fiziksel aktivitenin bilişsel gerilemeyi yavaşlatma potansiyelinin yanı sıra denge ve mobilitayı destekleyebildiğini, düşme riskini azaltmaya katkı sağlayabildiğini, depresyon ve anksiyete belirtilerini hafifletebildiğini ve günlük yaşam aktivitelerinin sürdürülmesine yardımcı olabildiğini göstermektedir. Dolayısıyla egzersiz, AH yönetiminde tek başına bir çözüm olmaktan ziyade, bütüncül, sürdürülebilir ve bireye uyarlanmış bakım yaklaşımının temel bileşenlerinden biri olarak ele alınmalıdır.

Bu bölümde, Alzheimer hastalığını tanımı, epidemiyolojisi ve patogenezi kısaca özetledikten sonra egzersizin güncel tedavi yaklaşımlarındaki yerini ve olası etkileri ele alınmıştır. Ardından hastalığın erken-orta ve ileri evrelerinde klinik tabloya ve işlevsel kapasiteye göre uyarlanabilecek egzersiz türleri (aerobik, kuvvet, denge, esneklik, ikili görev uygulamaları ve akuaterapi) sistematik biçimde ele alınmakta; güvenlik önlemleri ve evreye özgü uygulama ayrıntıları vurgulanmaktadır.

1 Doç. Dr., Atatürk Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Erzurum, ORCID: 0000-0002-9203-4974, fatmanur.atauni.edu.tr

Giriş

1. Alzheimer Hastalığı: Tanım, Epidemiyoloji ve Patogenez

Alzheimer hastalığı (AH), geç yaşlarda sıkça görülen, ilerleyici ve sürekli hafıza ve diğer kortikal fonksiyon bozukluklarıyla karakterize nörolojik bir hastalıktır. Bu hastalık sıklıkla duygusal ve davranışsal bozukluklarla birlikte seyreder.

Tüm demans olguları içinde yaklaşık %50–70’lik paya sahip olan alzheimer hastalığı, demansın en yaygın alt tipi olarak kabul edilmektedir. Demans, dünya genelinde yaşlı nüfus açısından önemli bir halk sağlığı problemi niteliğindedir. Epidemiyolojik verilere göre, AH’nin yaygınlık oranları, 65 yaş ve üzeri bireylerde %2 ila %10 arasında, 85 yaş ve üzeri bireylerde ise %13 ila %48 arasında değişiklik göstermektedir (Weiner & Gray, 1996). ABD Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri (CDC) Alzheimer hastalığını bir “halk sağlığı krizi” olarak nitelendirmekte, 2013 yılında 65 yaş üzerindeki yaklaşık 5 milyon Amerikalının Alzheimer’a sahip olduğunu ve bu yaygınlığın 2050 yılına kadar 13,8 milyona yükselmesinin beklendiğini belirtmektedir (Foreman, 2019).

Türkiye’de Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2017 yılı istatistikleri, yaşlı nüfus oranının son beş yıllık dönemde %17,1 artış gösterdiğine işaret etmektedir. Bu verilere göre, 2012’de 5 milyon 682 bin 3 kişi olan yaşlı nüfus 2016’da 6 milyon 651 bin 503 kişi olmuştur. Ölüm nedeni istatistikleri değerlendirildiğinde ise, Alzheimer hastalığına atfedilen ölüm sayısının aynı dönem içinde 6 bin 155’ten 11 bin 997’ye çıktığı, dolayısıyla Alzheimer’a bağlı ölüm sayısında yaklaşık iki katlık bir artış meydana geldiği bildirilmektedir (TÜİK, 2017).

Yaşlanma süreciyle birlikte beyin yapısı ve bilişsel işlevlerde belirli ölçülerde gerileme görülür, beyin yapısındaki bu değişimler kimi bireylerde orta yaş döneminde hatta daha erken başlayabilir. Özellikle akıcı bilişsel süreçler (ör. akıl yürütme, yeni problem çözme, bilgi işleme hızı) zamanla zayıflama eğilimi gösterirken, kişisel deneyime dayalı telafi mekanizmalarıyla çözülemeyen görevlerde performans düşüşü daha belirgin olabilmektedir. Bu dönemde bilginin işlenmesi daha uzun sürebilir; gri madde hacminde azalma ve öğrenme-bellek süreçleriyle yakından ilişkili hipokampus bölgesinde küçülme gözlenebilir. Aynı zamanda dikkat sürdürme ve konsantrasyon kapasitesi azalabilir; serebral kan akımındaki düşüş, bu işlevsel değişimlere eşlik eden fizyolojik bileşenlerden biri olarak değerlendirilmektedir (Foreman, 2019).

Bununla birlikte, Alzheimer’ın gelişimi hala tartışmalı bir konu olmasına

rağmen, çoğu araştırmacı, bu hastalığın, normal hücre duvarı bileşeni olan amiloid öncü proteininin (APP) anormal bozunması ve işlenmesi ile ilişkilendirmektedir (Neve & Robakis, 1998). APP'nin normal işlenmesi, beyinden kolayca taşınabilen çözünür bileşiklerin üretimini sağlar. Ancak bu proteinin anormal bozunması, beyin dokusunda çözünmeyen, muhtemelen toksik olan beta amiloid proteinlerinin birikmesine yol açar (Wisniewski vd, 1985). Bu süreç, Down sendromlu (trizomi 21) bireylerde en belirgin şekilde kendini gösterir. APP'nin kopyalanması nedeniyle, bu kişilerde yaşamının onuncu yılında AH gelişimi görülmektedir. Bu bireylerde, APP'nin aşırı üretimi normal yıkım süreçlerini alt ederek beta amiloid birikimine yol açmaktadır (Wisniewski vd., 1985). Diğer durumlarda ise APP işlenmesindeki anormallikleri, kromozom 1, 14 ve 21. kromozomlardaki genlerdeki mutasyonlar nedeniyle ortaya çıkmaktadır (Morrison-Bogorad vd, 1997). AH'yi etkileyen bir diğer önemli genetik faktör ise kolesterol taşıyıcı molekül apolipoprotein E'nin (APOE-4) allelinin kalıtım yoluyla aktarımıdır (Corder vd.,1993).

Alzheimer hastalığı, beyindeki bilinen fizyolojik ve anatomik değişikliklerle de ilişkilidir. Bu değişikliklerden biri, belirli beyin bölgelerinde bulunan nöronların ölümüdür. Bu durum, beynin birçok bölgesinde nörotransmitter asetilkolinin kullanılabilirliğini önemli ölçüde azaltır ve buna bağlı olarak nörotransmitter norepinefrinin kullanılabilirliğinde de bir azalma gözlemlenir (DeKosky, 1996). Asetilkolin, hafıza fonksiyonu için kritik öneme sahiptir. Bu nörotransmitterin azalmış kullanımı, Alzheimer hastalığındaki erken ve belirgin hafıza kaybını açıklayabilir. Ayrıca, norepinefrin eksikliği, ruh halini düzenlemede önemli olduğu için depresyona karşı savunmasızlığı artırabilir (Burns, 1991).

Alzheimer hastalığının klinik tanısı, ölüm sonrası beyin muayenesiyle doğrulanabilir. Nöron kaybı sonucu beyin dokusunun dış tabakası (korteks) incilir. Bunun yanı sıra, serebral korteks ve diğer beyin bölgelerinde, karakteristik mikroskobik lezyonlar meydana gelir (Khachaturian, 1985).

2. Alzheimer ve Tedavi Yaklaşımları

Alzheimer hastalığı için günümüzde hastalığı tamamen ortadan kaldıran kesin bir tedavi bulunmamaktadır. Mevcut yaklaşımlar büyük ölçüde semptom kontrolü ve işlevselliğin sürdürülmesine odaklanmakla birlikte farmakolojik tedavide asetilkolinesteraz inhibitörleri ve N-metil-D-aspartat (NMDA) reseptör antagonistleri gibi ajanlar klinik pratikte kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra psikososyal müdahaleler, sanat ve müzik temelli grup aktiviteleri ile psikoterapötik uygulamalar gibi farmakolojik olmayan, tamamlayıcı

yöntemler, bilişsel ve davranışsal belirtilerin yönetiminde destekleyici rol oynar. Ancak son yıllarda, AH'nin önlenmesi ve hastalığın seyrinin modifiye edilmesi bağlamında yaşam tarzı temelli müdahaleler içerisinde egzersiz giderek daha fazla önem kazanmıştır. Güncel literatür, düzenli fiziksel aktivite ve egzersizin nörodejeneratif süreçlere karşı koruyucu etki gösterebileceğini, dolayısıyla AH gelişme riskinin azaltılmasına ve hastalığın ilerleyişinin yavaşlatılmasına potansiyel katkı sağlayabileceğini ortaya koymaktadır. Buna ek olarak, AH geliştikten sonra da düzenli egzersizin bilişsel işlevlerdeki bozulmayı azaltabildiği ve hastaların fiziksel işlevsellik düzeyini iyileştirebildiği bildirilmektedir (Alpat & Ersoy, 2022).

3. Alzheimer ve Fiziksel Aktivite

Düzenli fiziksel aktivitenin, özellikle de aerobik egzersizin, bilişsel gerilemeyi yavaşlatabildiğini ve yaşlanmanın beyin üzerindeki olumsuz etkilerini kısmen sınırlayabildiğini ileri süren çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Egzersizin, belirli beyin bölgelerinde işlevsel bütünlüğün korunmasına, bazı alanlarda hacim kaybının azaltılmasına ve bilişsel performansın sürdürülmesine katkı sağlayabildiği bildirilmektedir. Araştırmacılar genetik risk ile yaşam tarzı etkileşimini irdeleyen, 65–80 yaş aralığında yaklaşık 100 gönüllünün değerlendirildiği bir çalışmada, katılımcıların önemli bir kısmında alzheimer hastalığı aile öyküsü bulunmakta, bir bölümünde ise APOE-4 varyantı saptanmaktadır. Araştırma kapsamında gönüllüler dört gruba ayrılmış; tüm katılımcılara, bellek süreçlerinde kritik rol oynayan hipokampus odağında beyin görüntüleme yapılmış ve değerlendirmeler yaklaşık 18 ay sonra tekrarlanmıştır. Bulgular, APOE-4 taşıyıcısı olup düzenli egzersiz yapmayan bireylerde hipokampal hacimde anlamlı azalma olduğunu, buna karşılık APOE-4 taşıyıcısı olup egzersiz yapan bireylerde hipokampal küçülmenin minimal düzeyde kaldığını ve bu örüntünün APOE-4 taşımayan bireylerle benzerlik gösterdiğini ortaya koymuştur. Yaşlı erkekler üzerinde yapılan benzer bir başka çalışmada (n=347), günde bir saatten az egzersiz yapan bireylerin, daha yüksek düzeyde fiziksel aktivite gösterenlere kıyasla bilişsel gerileme açısından daha yüksek risk taşıdığı bildirilmiştir. Söz konusu risk artışının, APOE-4 varyantını taşıyan bireylerde daha belirgin olduğu ifade edilmektedir (Foreman, 2019).

Toplumda, bilişsel performansı artırmada “beyin egzersizi” veya “bilişsel eğitim oyunlarının” en etkili yaklaşım olduğu yaygın bir vasiydir. Ancak bazı büyük ölçekli çalışmalar (11.430 katılımcının yer aldığı altı haftalık çevrimiçi bir çalışmanın sonuçları), bilişsel eğitimle belirli testlerde performans artışı sağlanabilse de bu kazanımların günlük yaşama veya farklı bilişsel görevlere genellenmesinin (transfer etkisinin) sınırlı olabileceğini göstermiştir. Bu

nedenle, bilişsel koruma stratejilerinin yalnızca bilişsel eğitim araçlarıyla sınırlandırılmaması; fiziksel aktivite başta olmak üzere çok boyutlu yaşam tarzı yaklaşımlarıyla ele alınması önerilmektedir (Owen vd., 2010)

Egzersiz-beyin ilişkisine ilişkin raporlar, metodolojik açıdan genel olarak iki ana başlıkta değerlendirilebilir: (i) gözlemsel (prospektif/kohort) çalışmalar ve (ii) müdahale (randomize kontrollü) çalışmalar. Gözlemsel çalışmalar nedenselliği doğrudan kanıtlamakta sınırlı olsa da (ör. karıştırıcı değişkenler ve ters nedensellik olasılığı), geniş örneklemelerde uzun süreli izlem sağlayarak bilişsel yaşlanmaya eşlik eden risk örüntülerini ortaya koymaları bakımından önem arz etmektedir (Iso-Markku vd., 2024). Bu çerçevede, bu çalışmaların önemli bir kısmı, daha yüksek fiziksel aktivite düzeylerinin ileri yaşlarda daha iyi bilişsel performans ve daha düşük bilişsel gerileme olasılığı ile ilişkili olabileceğini bildirmektedir. Örneğin, yaşlı kadınlarda fiziksel aktivite (yürüyüş dâhil) ile bilişsel işlev arasında pozitif ilişki ve daha az bilişsel düşüş rapor edilmiştir (Weuve vd., 2004). Ayrıca sistematik derleme ve meta-analizler, genel olarak fiziksel aktivitenin bilişsel gerileme ile ters yönlü bir ilişki olabildiğini ve alzheimer hastalığı insidansında daha düşük riskle ilişkilenebileceğini göstermektedir (Iso-Markku vd., 2024). Buna karşılık, sedanter davranışın artması da bilişsel sağlık açısından olumsuz bir profil ile ilişkilendirilmektedir (Yan vd., 2020).

Nörogörüntüleme tekniklerindeki (özellikle yapısal MRI ve dinlenim-durumu fMRI) gelişmeler, egzersizle ilişkili yapısal ve işlevsel farklılıkları daha ayrıntılı inceleme olanağı sağlamıştır. Bazı çalışmalar, aerobik uygunluğu yüksek yaşlı bireylerde prefrontal ve temporal kortekste yaşa bağlı atrofının daha sınırlı olabileceğini, ayrıca prefrontal korteks ile diğer beyin bölgeleri arasındaki işlevsel bağlantının daha iyi olabileceğini göstermiştir (Colcombe vd., 2003). Bununla birlikte, daha yüksek aerobik uygunluğu (kardiyorespiratuvar fitness) olan yaşlı bireylerde yaşlanmaya duyarlı bölgelerde özellikle prefrontal ve temporal kortekste gri madde kaybının daha sınırlı olabileceği rapor edilmektedir. Bu tür bulgular, egzersizin yalnızca performans düzeyinde değil, yapısal ve bağlantısal düzeyde de beyin sağlığıyla ilişkili olabileceğini düşündürmektedir (Erickson vd., 2009; Erickson vd., 2011).

İnsan çalışmalarındaki bulgulara paralel biçimde, hayvan modelleri de fiziksel aktivitenin beyin üzerinde biyolojik etkileri olabileceğine işaret etmektedir. Özellikle kemirgenlerde, gönüllü fiziksel aktivite olanakları (koşu çarkı gibi) sağlanan hayvanlarla hareketsiz bırakılan hayvanlar karşılaştırıldığında, sedanter koşullarda olumsuz nörobiyolojik değişimlerin daha belirgin olabildiği bildirilmektedir (Van Praag vd., 1999). Bu biyolojik

yanıtların önemli bir kısmının, egzersizin hipokampusta nöronların büyümesini, bağlantı kurmasını ve plastisiteyi artıran Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF) başta olmak üzere nörotrofik faktörleri artırması ve böylece sinaptik etkinlik ile bilişsel işlevleri desteklemesiyle ilişkili olabileceği öne sürülmektedir (Vaynman vd., 2004). Literatürdeki bu tarz deneysel çalışmalar, egzersizin beyin üzerindeki potansiyel mekanizmalarına ilişkin hipotezlerin geliştirilmesine zemin hazırlamıştır.

Sonuç olarak, yaşlanma ile ilişkili bilişsel değişimler çok boyutlu olup, bireyler arasında geniş bir değişkenlik gösterebilmektedir. Mevcut bulgular, özellikle aerobik egzersizin, bilişsel işlevlerin korunmasına ve yaşa duyarlı alanlarda (özellikle yürütücü işlevler ve hipokampal ilişkili süreçler) gerilemenin yavaşlatılmasına katkı sağlayabilecek güçlü bir yaşam tarzı bileşeni olabileceğini desteklemektedir. Bu doğrultuda, fiziksel aktivitenin, sağlıklı beslenme, sosyal katılım ve entelektüel uyarım gibi diğer koruyucu faktörlerle birlikte, beyin sağlığını destekleyen bütüncül bir yaklaşım içinde değerlendirilmesi önem arz etmektedir (Foreman, 2019).

4. Egzersizin Alzheimer Üzerindeki Etkileri

- Aerobik egzersizlerle, kardiyovasküler uygunluk ($VO_2\max$) artar, kalp atım hızı yavaşlar, kalp atım hacmi artar ve iş yükü azalır. Bununla birlikte biyolojik ve davranışsal süreçlere de olumlu etki sağlar. Düzenli yürüyüş uygulamalarının, alzheimer hastalarında bilişsel işlevlerde (özellikle genel biliş ve günlük bilişsel performans) olumlu değişimlerle ilişkili olabildiği bildirilmiştir (Etnier vd., 2006).
- Kuvvet antrenmanları duruş ve motor fonksiyonları iyileştirir. Kuvvet antrenmanının postüral kontrol ve motor fonksiyon üzerinde belirgin kazanımlar sağlayabildiği, ayrıca alzheimer gelişme riskini azaltmada etkili olabileceği belirtilmiştir. Bu etki, hastalık sürecinde olumsuz etkilenebilen kas kütlesi ve kas gücünün artırılmasıyla ilişkilendirilmektedir (Suttanon vd., 2013).
- Germe egzersizleri, yaşla birlikte gelişebilen kontraktürleri ve buna bağlı eklem hareket kısıtlılığını önlemeye ve azaltmaya yardımcı olur. Düzenli germe, eklem esnekliğini koruyarak hareketi kolaylaştırabilir; düşme ve yaralanma riskini, kas ve eklem ağrılarını azaltıp psikolojik rahatlamayı destekleyebilir (Ünal, 2021).
- Denge eğitimi, Alzheimer'da düşme riski ve mobilite kısıtlılığı açısından kritik bir hedef alanıdır ve çok bileşenli programların önemli bir parçası olarak önerilmektedir.

- Düzenli egzersiz, alzheimer başlangıcını geciktirebilir, bilişsel gerileme riskini azaltabilir (Scarmeas vd., 2011).
- Ruh halini iyileştirir. Egzersiz müdahaleleriyle depresyon semptomlarında azalma gözlemlenmiştir (Williams & Tappen, 2008).
- Beyinde biriken A β plak yükünü (amyloid-beta plaque burden) azaltır. Deneysel hayvan modellerinde egzersiz sonrası A β plaklarında azalma bildirilmiş; bu bulgunun nöroprotektif yani koruyucu süreçlere işaret edebileceği ifade edilmiştir (Yuede vd.,2009).
- Serebral kan akımı artışı ve nörogenezle ilişkili değişimler gözlenir. 12 hafta boyunca (ör. ergometre, koşu bandı, merdiven çıkma) 40 dakikalık fiziksel aktivitenin, dentat girus (yeni bilgilerin işlenmesi ve benzer anıları birbirinden ayırt etme) da içeren alanlarda serebral kan akımı artışı ve nörogenezi destekleyen değişimlerle ilişkili olabileceği bildirilmiştir (Pereira vd., 2007).
- Endotelial fonksiyonu iyileştirir. NO/eNOS yolu üzerinden serebrovasküler ve endotel işlevlerde iyileşme olasıdır. Egzersize bağlı serebral kan akımı artışının, NO/eNOS aktivasyonu üzerinden serebrovasküler/endotel disfonksiyon yükünü azaltabileceği, bunun da vasküler rezervin oluşumu ve nöronal plastisitenin korunması açısından koruyucu olabileceği belirtilmiştir (Lange-Asschenfeldt & Kojda, 2008).
- Beyin hacmiyle ilişkili yapısal kazanımlar gösterebilir. 60 yaş üstü bireylerde 6 ay boyunca haftada 3 gün 1 saat aerobik egzersizin kortikal bölgelerde gri ve beyaz madde hacminde artışla ilişkili olduğu, benzer bir etkinin anaerobik koşullarda gözlenmediği rapor edilmiştir (Colcombe vd., 2006).
- Düzenli egzersiz oksidatif stres ve metabolik risk faktörleri üzerinde iyileşme gösterir. Beyinde oksidatif hasar belirteçlerini (örn. oksidatif olarak hasarlanmış proteinler, lipid peroksidasyonu göstergeleri) azaltır ve buna eşlik eden metabolik süreçleri (glisemik kontrol/ insülin duyarlılığı ve lipid profili) destekleyerek hipokampal plastisite (nörogenez ve sinaptik proteinlerde artış gibi) üzerinde iyileşmeler rapor edilmiştir (Radák vd 2001; Kim ve ark., 2015)
- BDNF ve hipokampus hacmi egzersizle artabilir. Alzheimer'lı yaşlılarda uygulanan çok bileşenli egzersiz programları sonrasında plazma BDNF düzeylerinde artış olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (Lopes vd., 2025).

Sonuç olarak, mevcut bulgular egzersizin alzheimer hastalarında çok yönlü yararlar sağlayabileceğine işaret etmekle birlikte, evrensel ve standartlaştırılmış önleyici ve iyileştirici egzersiz protokollerinin belirlenebilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

5. Alzheimer Hastalarında Egzersiz Uygulamaları

Alzheimer hastalığında egzersiz müdahaleleri, hastalığın farklı evrelerinde bireyin klinik durumu ve işlevsel kapasitesine göre uygulanmalıdır. AH'nin önlenmesi ya da hastalık geliştikten sonra seyrin değiştirilmesi açısından “optimal” fiziksel aktivite dozuna ilişkin literatürde tam bir görüş birliği bulunmamakla birlikte; mevcut derleme çalışmaları, aerobik egzersizlerin yanı sıra orta–yüksek şiddette progresif kuvvetlendirme, denge ve esneklik eğitimini içeren çok bileşenli programların, klinik açıdan en uygun yaklaşım olarak öne çıktığını bildirmektedir (Chen, Zhang, & Huang, 2016; De la Rosa ve ark., 2020)

5.1. Erken ve Orta Evre Alzheimer’da Egzersiz Türleri

5.1.1. Aerobik (Kardiyovasküler) Egzersizler

Tip: Tempolu yürüyüş, hafif koşu, yüzme, bisiklet sürme (tercihen sabit bisiklet), su aerobiği ve dans etme gibi ritmik ve sürekli aktiviteler bu evrede uygundur (Vidoni vd., 2019).

Sıklık: Haftada en az 3-5 gün olacak şekilde düzenli aerobik egzersiz yapılması önerilir (Nelson vd., 2007).

Süre: Kademeli olarak haftada ~150 dk orta şiddete yaklaşacak biçimde; başlangıçta kısa süreler (ör. 5–10 dk) ve tolere ettikçe toplam süreyi artırma şeklinde uygulanmalıdır (Morris vd., 2017).

Güvenlik önlemleri: Aerobik egzersizlerde düşme ve yönelim bozukluğu riskine karşı özellikle yürüyüşlerde refakatçi eşliği önerilir. Egzersiz güvenli zeminde ve trafikten uzak alanlarda yapılmalı, aşırı sıcak ve soğukta dış ortamdaki kaçınılmalı, uygun kıyafet ve kaymaz ayakkabı kullanılmalıdır. Dehidratasyonu önlemek için su molaları verilmeli, nefes darlığı, baş dönmesi, aşırı yorgunluk gibi belirtiler izlenmelidir. Ani yön değiştirme ve karmaşık adımlar içeren yüksek etkili aktivitelerden kaçınılmalı, rahatsızlık halinde egzersiz sonlandırılmalıdır (NIA., 2025; Nelson vd., 2007).

5.1.2. Kuvvet Egzersizleri

Kuvvet egzersizleri, kas kütlesi ve gücünü destekleyerek alzheimer

hastalarında mobilitiyeyi, transfer becerilerini (ör. sandalyeden kalkma) ve günlük yaşam işlevselliğini korumaya yardımcı olur.

Tip: Güvenli ve fonksiyonel seçenekler: otur-kalk (sit-to-stand), duvar/tezgâh şınavı, lastikle çekiş-itme, el ağırlıklarıyla basit kol-omuz egzersizleri, ayrıca yoga/tai chi gibi kombine aktiviteler denge ve esneklik bileşeni de sağlayabilir.

Sıklık: Haftada 2–3 gün, tercihen ardışık olmayan günlerde direnç antrenmanı yapılması idealdir.

Şiddet: Hafiften başlayıp (kendi vücut ağırlığı) tolere edildikçe orta–zor efora ilerleme; doğru form bozulmadan tamamlanabilen yükler tercih edilmelidir.

Süre: Büyük kas grupları için 1–3 set, 8–12 tekrar (yaşlılarda bazı öneriler 10–15 tekrar) Her bir seansta 8-10 farklı egzersizle kol, bacak, karın ve sırt gibi bölgeler hedeflenebilir.

Güvenlik önlemleri: Direnç egzersizleri doğru teknik ve gözetim altında uygulanmalı, eklem sorunları ve osteoporoz varsa program bireye uyarlanmalıdır. Ağır yüklerden kaçınılmalı, nefes tutma (Valsalva) yapılmamalı, ayakta hareketlerde destek noktası kullanılmalı, ağırlık ve baş dönmesinde egzersiz durdurulmalıdır. Orta evrede komutlar karışabileceği için talimatlar kısa ve tek adımlı verilmeli, hareketler model gösterilerek yaptırılmalıdır (Nelson ve ark., 2007; EIM, 2019).

5.1.3. Denge Egzersizleri

Alzheimerlı bireylerde düşme riski belirgin olarak artar. Bu nedenle denge–nöromotor egzersizler, özellikle erken–orta evrede güvenli mobilitiyeyi sürdürmek ve düşmeleri azaltmak için programın temel bileşenidir (Racey, 2021).

Tip: Ağırlık aktarma, tandem duruş/yürüyüş, tek ayak duruş (destekle), güvenli yön değiştirme, otur-kalk, fonksiyonel denge görevleri.

Sıklık: En az haftada 2–3 gün (mümkünse daha sık, kısa bloklar halinde).

Şiddet: Zorlayıcı ama güvenli denge uyarımı (hafif sallanma/denge arayışı olacak; düşme riski oluşturmayacak) oluşturmali.

Süre: Seans içine entegre 10–20 dk denge çalışması veya gün içine yayılmış kısa denge serileri (kademeli artırma) (Sherrington vd., 2020)

Güvenlik önlemleri: Denge egzersizlerinde düşmeyi önleme temel önceliktir. Hasta ayakta çalışırken yakın gözetim ve tutunma noktası

(sandalye, duvar barı vb.) sağlanmalıdır. Ortam engellerden arındırılmış, zemin kaymaz ve aydınlatma yeterli olmalıdır. Orta evrede yönergeler kısa ve tek adımlı verilmeli, hareketler gösterilerek tekrarlanmalıdır. Hasta belirgin zorlanırsa daha basit versiyona geçilmeli veya egzersiz sonlandırılmalıdır. İlerleyen olgularda güvenlik korunarak dengeye basit bilişsel görevler eklenebilir (Racey,2021).

5.1.4. Esneklik Egzersizleri

Esneklik alıştırmaları, eklem hareket açıklığını korumaya ve yaşla birlikte artabilen kas kısalığı ve tutukluk gelişimini sınırlamaya yardımcı olur. Alzheimer'da ilerleyen dönemde görülebilecek hareket kısıtlılığı ve postüral sorunlara karşı tamamlayıcı bir bileşen olarak planlanmalıdır. Erken–orta evrede aktif katılımı uygulanabilir, orta evrede ise yönergelerin kısa ve basit olması, gerekirse hafif fiziksel yardım verilmesi uygundur.

Tip: Büyük kas gruplarına statik germe (balistik, sekerek germe yerine), özellikle kalça fleksörleri, hamstring, baldır, göğüs ve pektoral bölge çalıştırılmalıdır.

- Hamstring ve baldır germeleri (oturarak, duvara karşı), kalça fleksör germe, göğüs ve omuz açma, boyun, üst trapez ve bel, sırt rahatlatıcı germe (statik).

Sıklık: En az haftada 2 gün, ideal olarak her gün kısa seanslar halinde yapılmalıdır.

- Erken evrede her sabah basit germe rutinleri yapmak (yataktan kalkmadan önce kolları geriye esnetmek, bacakları gergin tutmak gibi) hastanın güne daha rahat başlamasını sağlayabilir. Orta evrede ise fizyoterapist rehberliğinde haftada birkaç seans germe egzersizi yaptırılması ve diğer günler bakıcı yardımıyla eklem hareket açıklığı egzersizlerinin sürdürülmesi önerilir.

Şiddet: Ağrısız sınırdan, hafif–orta şiddette gerilme hissi ile (keskin ağrı olmadan) sınırlı olmalıdır.

Süre: Her germe hareketi 15–30 sn tutulup yavaşça bırakılmalı ve her kas grubuna 2–4 tekrar uygulanabilir.

- Orta evredeki hastalar kendi başına yeterince esneyemeyebilir, bu durumda bakıcı hafif destek vererek (örneğin hastanın kolunu yavaşça kaldırarak) esnemesine yardımcı olabilir. Balistik (ani ve yaylanarak yapılan) germeler yerine statik (sabit pozisyonda tutulan) germeler tercih edilmelidir, zira ani hareketler yaşlı hastalarda yaralanma riski doğurabilir.

Güvenlik Önlemleri: Germe egzersizleri yavaş ve kontrollü yapılmalı, ani zorlamalardan kaçınılmalıdır. Orta evrede ağrı ifade edilemeyebileceği için bakıcı veya uzman hastanın yüz ifadesi ve tepkilerini izlemelidir. Osteoporoz olasılığında aşırı germe yapılmamalı, denge sorunu olanlarda ayakta germeler destekle ya da tercihen oturarak veya yatarak uygulanmalıdır. Soğuk kasla germeden kaçınmak için hafif ısınma sonrası yapılmalı, keskin ağrıda egzersiz sonlandırılmalıdır (Nelson ve ark., 2007).

5.1.5.Bilişsel–Motor İkili Görev Egzersizleri

Bilişsel–motor ikili görev egzersizleri, aynı anda bir motor görev (örn. yürüyüş, denge) ile basit bir bilişsel görevin (örn. sayma, harf sıralama, nesne adlandırma) birlikte uygulanmasıdır. Bu yaklaşım, alzheimer bağlamında özellikle yürütücü işlevler, dikkat ve çift-görev yürüme gibi alanları hedefleyerek bilişsel ve motor performansı destekleyebilir. Meta-analizler ikili görev müdahalelerinin bilişsel işlev ve yürüme, denge çıktılarında anlamlı iyileşmelerle ilişkili olabildiğini bildirmektedir. Müzik ve ritim eşliğinde yapılan “çoklu görev” içerikli hareket programlarının da katılımı artırarak fonksiyonel çıktılarına katkı sağlayabileceğine dair bulgular vardır

Çift Görev Egzersiz Örnekleri: Yürürken yüksek sesle 1’den 10’a kadar sayma veya alfabeyi söyleme, egzersiz yaparken aynı anda bir nesneyi tarif etme, top atıp tutma oyunu (hasta bir bakıcıyla yumuşak top atışı yaparken topun rengine ve şekline dair sorular sorulabilir), müzik eşliğinde ritmik hareketler (şarkı söyleyip el çırparak basit dans adımları atma) sayılabilir. Örneğin, hasta tempolu yürüyüş yaparken bakıcı basit sorular sorabilir (bugün hangi gündeyiz, çocuklarının isimleri vb.) bu sayede beyin aynı anda hem yürümeyi hem soruyu işlemiş olur.

Literatürde, demans hastalarında haftada 2-3 kez, 30-60 dakikalık seanslar halinde, içinde çift görevli yürüme, denge ve bilişsel oyunlar barındıran programların 6 ay uygulandığında hem mobilite hem kognisyonda iyileşmeler sağladığı belirtilmektedir. İkili görev egzersizlerinin fiziksel yoğunluğu genellikle orta düzey olmalıdır çünkü hasta zaten zihinsel görevle meşgulken aşırı fiziksel efor verirse zorlanabilir. Ancak bilişsel görevli egzersizlerde süre ve sıklık bireyin toleransına göre esnek olmalıdır

Güvenlik Önlemleri: İkili görev egzersizlerinde dikkat dağılması nedeniyle düşme riski artabileceğinden, yürüyüş gibi uygulamalar refakatçi eşliğinde ve engelsiz, düz zeminde yapılmalıdır. Orta evrede gerekirse destek araçları (yürüteç, paralel bar) kullanılabilir. Bilişsel görev çok basit tutulmalı, aşırı zorlayıcı görevlerden kaçınılmalıdır. Müzik ve ritim eşliğinde yapılan basit adım ve dans uygulamaları motivasyonu artırabilir. İçerik, hastanın ilgi

alanlarına göre seçildiğinde katılım ve keyif artar (Ali vd.2022; Möhler vd., 2020; Liv d., 2022; Villamil-Cabello vd., 2023).

5.1.6. Akuaterapi

Yaşlı bireylerde uygulanabilecek egzersiz yaklaşımlarından biri akuaterapidir. Alzheimer hastalığında egzersiz temelli girişimlerin temel hedefi, doğrudan hastalığı iyileştirmekten çok, beceri kaybının ilerleyişini yavaşlatmak, günlük yaşam aktivitelerinde bağımsızlığı desteklemek ve yaşam kalitesini yükseltmektir. Bu kapsamda fiziksel uygulamalar, uygun içerikle planlandığında bilişsel işlevleri destekleyebilecek tamamlayıcı bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir.

Suyun kaldırma kuvveti ve direnç özellikleri, hareketi daha kontrollü ve güvenli hâle getirir. Özellikle su ortamında eklemere binen yük azalır, bu da düşme kaygısı olan veya ağrı nedeniyle karada hareketi sınırlanan bireylerde egzersize katılımı kolaylaştırabilir. Bu yönüyle akuaterapi, güvenli koşullarda kuvvetlendirme, denge, koordinasyon ve fonksiyonel aktivite çalışmalarına olanak sağlayan pratik bir uygulama alanı sunar. Dolayısıyla her yaştan bireyin fiziksel ve bilişsel gelişimi için uygulanabilecek yaygın bir yöntemdir.

Akuaterapi, programın amacına göre; dengeyi destekleme, ağrıyı azaltmaya yardımcı olma, eklem hareket açıklığını ve esnekliği artırma, gevşeme yanıtını güçlendirme, solunumsal kapasiteyi destekleme (ör. tidal volümün artmasına katkı), kas kuvvetini geliştirme ve genel olarak yilik hâlini artırma hedefleriyle kullanılabilir (Ünal, 2021).

5.2. İleri Evre Alzheimer'da Egzersiz

Alzheimer hastalığının ileri evresinde, hastaların bilişsel yıkımı ileri düzeydedir ve genellikle motor beceriler ile mobiliteleri de ciddi ölçüde azalır. Bu evrede hastalar çoğunlukla temel günlük aktivitelerde tamamen bakıma bağımlıdır, yatak veya tekerlekli sandalye düzeyinde hareketsizlik görülebilir. Ciddi mobilite kısıtlılığı nedeniyle, ileri evre alzheimer'lı bireylerle yapılan kontrollü egzersiz araştırmaları sınırlıdır, mevcut çalışmaların büyük kısmı hafif-orta evre hastalara odaklanmıştır (Hall vd., 2021). Bununla birlikte, ileri evrede dahi uygun düzeyde fiziksel aktivite sağlanması, komplikasyonların önlenmesi ve hastanın konforunun artırılması açısından önemlidir. Egzersizlerin amacı bu evrede kas atrofisini yavaşlatmak, eklem kontraktürlerini önlemek, dolaşımı iyileştirmek ve mümkün olan her düzeyde hastanın hareketliliğini sürdürmek şeklinde özetlenebilir. Yoğunluk düşük, süre kısa tutulmalı, tüm egzersizler bire bir gözetim ve destek ile yapılmalıdır. İleri evrede çok bileşenli bir yaklaşım faydalı olabilir. Araştırmacılar ileri evrede

dahi aerobik tarzda hafif hareketler, kuvvet, denge ve koordinasyonu içeren kombine programların hastalara yarar sağlayabileceğini gözlemlemişlerdir (de Rondão et al., 2023; Hall vd., 2023).

6. Alzheimer Evrelerine Göre Egzersiz Uygulama Rehberi

6.1. Alzheimerın Erken Evreleri

1. Alzheimerın erken evrelerinde, hasta egzersiz seansına gelmeyi veya belirli egzersizleri nasıl yapacağını unutabilir.
 - ✓ Kişinin yaşadığı zihinsel sıkıntıya karşı sabırlı, anlayışlı ve duyarlı olun.
 - ✓ Hafıza kaybı, yaşlı yetişkinlerin yaşamları boyunca yaşayabilecekleri en yıkıcı durumlardan biridir.
 - ✓ Onlara moral destek verin ve egzersiz derslerini hatırlatmak için düzenli telefon görüşmeleri yapın.
2. Bu hasta grubunda depresyon yaygındır ve sağlıklı bireylere oranla egzersizi bırakma oranları yüksektir.
 - ✓ Danışanların programdan ayrılmasını önlemek için, onlarla düzenli olarak iletişime geçin ve bakıcılarının egzersiz programının önemini anlamalarını sağlayın.
3. Serbest ağırlıklar, koşu bantları ve vücudun sürekli kontrolünü gerektiren diğer ekipmanlar bilişsel bozukluğu olan danışanlar için tehlikeli olabilir.
 - ✓ Karmaşık egzersiz rutinlerini yürüyüş, sabit bisiklet ve temel esneme hareketleri gibi daha basit aktivitelerle değiştirin.
4. Demanslı danışanlar için bir egzersiz programının odak noktalarından biri de onların ilgisini canlı tutmaktır.
 - ✓ Uyumluluğu teşvik etmek için bolca sözlü övgü ve olumlu pekiştirme (örneğin, doğum günü kartı, telefon görüşmeleri, kısa mektuplar, haftanın danışanı ödülü vb.) sağlayın.
5. Egzersiz programının yoğunluğu, sıklığı ve süresi kadar önemli değildir. Tercih edilen sıklık haftada beş gün, tercihen her gün aynı saattedir, böylece danışan yapılandırılmış bir egzersiz rutini geliştirir.
 - ✓ Sabah egzersizleri genellikle öğleden sonraları için daha iyidir çünkü danışan sabahları dinlenmiş olur ve gün ilerledikçe daha fazla huzursuzluk ve yorgunluk hissedebilir

(Lawrence, 1998).

6.2. Alzheimerın İleri Evreleri

1. Alzheimer hastalığı olan hastalar bazen aşırı öfke patlamaları ve fiziksel saldırganlık gösterebilirler.
 - ✓ Bu davranışın sizinle veya egzersiz programıyla hiçbir ilgisi olmadığını unutmayın.
 - ✓ Bu saldırganlık eylemleri rastgele meydana gelir ve genellikle sadece birkaç dakika sürer. Hasta bir dersi bozarsa, sakinleşene kadar gruptan çıkarın.
 - ✓ Bu patlamaların hastalığın bir belirtisi olduğunu ve hastanın genellikle ne söylediğini anlamadığını öncelikle siz anlayın.
2. İlerleyici bilişsel bozukluğun ilerleyen aşamalarında hafıza kaybı daha belirgin hale gelecektir.
 - ✓ Bu durumda, danışanın grup egzersiz dersinden bireysel eğitim seanslarına geçmesi gerekebilir.
 - ✓ Talimatları kısa, net ve tek adımlı tutun; aynı komutları ve hareket dizilerini tutarlı biçimde tekrar edin.
 - ✓ Egzersiz seanslarının zamanı, yeri ve sırası mümkün olduğunca sabit olmalı; öngörülebilir bir rutin, danışanın kaygısını azaltır ve katılımı artırır.
3. Egzersiz programı sırasında, şiddetli demanslı bir kişi genellikle en çok tanıdığı bakıcı dışında kimseyle yalnız kalmak istemez.
 - ✓ Danışanın bakıcısının egzersiz programı sırasında hazır bulunması gerektiğini unutmayın.
 - ✓ Bakıcıya, programdan bazı basit egzersizleri öğreterek gün içinde kısa ve sık tekrarlarla hareketliliğin sürdürülmesini teşvik edin.
 - ✓ Güven duygusunu artırmak için egzersiz öncesinde ve sırasında, kimin orada olduğunu ne yapacağınızı ve bunun ne kadar süreceğini danışana sakın ve yavaş bir dille tekrar hatırlatın.
4. Bilişsel bozukluğun ilerleyen aşamalarındaki bir danışan için az varyasyonlu yapılandırılmış bir egzersiz rutini sağlamak önemlidir.
 - ✓ Yeni aktivitelere giriş onları şaşırtabilir. Egzersiz planını mümkün olduğunca az varyasyonla, yapılandırılmış ve öngörülebilir bir rutinde sürdürmeye özen gösterin.
 - ✓ Her seansı benzer bir “ısınma-egzersiz-soğuma” düzeninde

uygulayın. Aynı rutinlerini kullanmak, danışanın kendini daha güvende hissetmesine yardımcı olur.

- ✓ Mümkünse aynı gün, aynı saat ve aynı fiziksel ortamda egzersiz yaptırmaya çalışın; ortam düzeninin sık değişmemesi oryantasyon güçlüğünü ve kaygıyı azaltır.
- 5. Alzheimer hastalığı olan bir danışanı asla yalnız bırakmayın çünkü genellikle tesisin diğer bölümlerine doğru dolaşırlar.
- ✓ Danışanı egzersiz sırasında ve hemen sonrasında asla yalnız bırakmayın; dolaşma eğilimi nedeniyle sürekli gözetim sağlayın.
- ✓ Egzersiz alanını, danışanın kolayca çıkıp kaybolabileceği koridor ve çıkışlardan mümkün olduğunca uzak, kontrollü bir bölgede düzenleyin.
- ✓ Seans bitiminde danışanın güvenli bir şekilde odasına, bakım alanına veya bakıcısına eşlik edildiğinden emin olun; “egzersiz bitti, şimdi birlikte şu alana geçiyoruz” gibi sözel yönlendirmelerle geçişi yapılandırın.
- 6. Egzersiz sırasında danışana anında, kısa ve net geri bildirim verin; doğru hareketi pekiştirip güven duygusunu ve katılımı artırın.
- ✓ Müzik ile hatırlama ve motivasyonu destekleyin: Danışanın aşına olduğu müzikleri kullanarak anı çağrışımını ve seansa ilgiyi güçlendirin.
- ✓ Geri bildirimi mümkün olduğunca pozitif ve modelleyici tutun. “Evet, aynen böyle”, “Şimdi yine az önce yaptığımız gibi” gibi ifadelerle doğru davranışı pekiştirin; ayrıntılı eleştirilerden kaçının.
- ✓ Sözel geri bildirimi görsel ve kinestetik ipuçlarıyla destekleyin. Hareketi bizzat modelleyerek gösterin, gerekirse danışanın kol veya bacağına hafif dokunuşlarla doğru pozisyona yönlendirin (Lawrence, 1998).

Sonuç

Alzheimer hastalığı, artan yaşlı nüfusla birlikte görülme sıklığı ve bakım yükü giderek büyüyen, birey, aile ve sağlık sistemi üzerinde derin etkiler yaratan ciddi bir halk sağlığı sorunu olarak değerlendirilmektedir. Alzheimer hastalığı için günümüzde hastalığı tamamen ortadan kaldıran kesin bir tedavi bulunmamaktadır. Farmakolojik yaklaşımlar ağırlıklı olarak semptom kontrolü ve işlevselliğin sürdürülmesini hedeflerken, farmakolojik olmayan müdahaleler içerisinde yaşam tarzı temelli yaklaşımlar özellikle egzersiz

uygulamaları, hastalığın önlenmesi açısından önem arz etmektedir. Mevcut çalışmalar, alzheimer hastalığında egzersizin tek bir hedefe yönelik değil; çoklu biyolojik ve davranışsal yollar üzerinden etkili olabilen, çok boyutlu bir müdahale olduğunu desteklemektedir. Aerobik egzersizler kardiyovasküler uygunluğu geliştirerek dolaşım ve serebral kan akımıyla ilişkili süreçleri desteklerken, kuvvet antrenmanları kas gücü ve postüral kontrolün korunmasına, transfer becerilerinin ve genel mobilitenin sürdürülmesine katkı sağlayabilir. Denge ve nöromotor içerikler, demans popülasyonunda sık görülen düşme riskine yönelik temel bir hedef alanı oluşturur. Esneklik ve germe uygulamaları eklem hareket açıklığını korumaya yardımcı olurken, ikili görev yaklaşımları motor performansla birlikte dikkat ve yürütücü işlevlerin günlük yaşama aktarımını destekleyebilecek bir çerçeve sunar. Akuaterapi ise suyun kaldırma kuvveti ve direnci sayesinde eklem yükünü azaltarak daha güvenli ve konforlu bir egzersiz ortamı sağlayabilir ve özellikle denge, koordinasyon ve fonksiyonel hareketlerin çalışılmasına olanak tanıyabilir. Bununla birlikte “en doğru egzersiz”, evrensel tek bir protokolden çok, hastalığın evresine ve bireyin gereksinimlerine göre planlanan programdır.

Sonuç olarak egzersiz, alzheimer yönetiminde farmakolojik tedaviyi tamamlayan; fonksiyonel bağımsızlığı korumayı, düşme riskini azaltmayı, duygu durumunu desteklemeyi ve yaşam kalitesini artırmayı hedefleyen temel bir non-farmakolojik müdahaledir. En iyi sonuçlar, hekim, fizyoterapist, egzersiz uzmanı, hemşire ve bakım verenlerden oluşan multidisipliner bir ekip çerçevesinde, güvenlik ilkeleri kapsamında programların düzenli izleme bireye göre güncellenerek uygulanmasıyla elde edilmektedir. Literatürde çalışmaların sayısı arttıkça ve hastalığın evresine uygun protokoller geliştikçe, “hangi egzersiz kime, hangi yüklenme kapsamı ve hangi koşulda” sorularına daha net yanıtlar verilebilecek, böylece klinik uygulamada standardizasyon ve etkinlik daha da güçlenecektir.

Kaynakça

- Ali, N., Tian, H., Thabane, L., Ma, J., Wu, H., Zhong, Q., ... Wang, T. (2022). The effects of dual-task training on cognitive and physical functions in older adults with cognitive impairment: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Prevention of Alzheimer's Disease*, 9(2), 359–370. <https://doi.org/10.14283/jpad.2022.16>
- Alpat, İ., & Ersoy, G. (2022). Alzheimer hastalığında koruyucu ve tedavi edici bir müdahale olarak egzersiz. *Geriatrik Bilimler Dergisi*, 5(3), 90–96. <https://doi.org/10.47141/geriatrik.1169599>
- Burns, A. (1991). Affective symptoms in Alzheimer's disease. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 6, 371–376. <https://doi.org/10.1002/gps.930060607>
- Colcombe, S. J., Erickson, K. I., Raz, N., Webb, A. G., Cohen, N. J., McAuley, E., & Kramer, A. F. (2003). Aerobic fitness reduces brain tissue loss in aging humans. *The Journals of Gerontology: Series A*, 58(2), M176–M180. <https://doi.org/10.1093/gerona/58.2.M176>
- Colcombe, S. J., Erickson, K. I., Scalf, P. E., Kim, J. S., Prakash, R., McAuley, E., ... Kramer, A. F. (2006). Aerobic exercise training increases brain volume in aging humans. *The Journals of Gerontology: Series A*, 61(11), 1166–1170. <https://doi.org/10.1093/gerona/61.11.1166>
- Corder, E. H., Saunders, A. M., & Strittmatter, W. J. (1993). Gene dose of apolipoprotein E type 4 allele and the risk of Alzheimer's disease in late-onset families. *Science*, 261, 921–923. <https://doi.org/10.1126/science.8346443>
- Cotton, R. T. (Ed.). (1998). *Exercise for older adults: ACE's guide for fitness professionals*. Human Kinetics.
- de Rondão, C. A., Mota, M. P., & Esteves, D. (2023). Physical activity interventions in older adults with a cognitive impairment: A critical review of reviews. *Aging Medicine*, 6(3), 290–306. <https://doi.org/10.1002/agm2.12256>
- DeKosky, S. T. (1996). Advances in the biology of Alzheimer's disease. In *The dementias: Diagnosis, management, and research* (pp. 313-330). American Psychiatric Press, Washington, DC.
- Erickson, K. I., Prakash, R. S., Voss, M. W., Chaddock, L., Hu, L., Morris, K. S., ... Kramer, A. F. (2009). Aerobic fitness is associated with hippocampal volume in elderly humans. *Hippocampus*, 19(10), 1030–1039. <https://doi.org/10.1002/hipo.20547>
- 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>

- Etnier, J. L., Nowell, P. M., Landers, D. M., & Sibley, B. A. (2006). A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance. *Brain Research Reviews*, 52(1), 119–130. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2006.01.002>
- Exercise is Medicine. (2019). *Being active with Alzheimer's disease (Rx for Health)*. https://www.exerciseismedicine.org/assets/page_documents/EIM_Rx%20for%20Health_Alzheimers.pdf
- Foreman, J. (2019). *Exercise is medicine: How physical activity boosts health and slows aging*. Oxford University Press.
- Hall, A. J., Febrey, S., & Goodwin, V. A. (2021). Physical interventions for people with more advanced dementia: A scoping review. *BMC Geriatrics*, 21(1), 675. <https://doi.org/10.1186/s12877-021-02577-0>
- Hall, A. J., Manning, F., & Goodwin, V. (2023). Key considerations when providing physical rehabilitation for people with advanced dementia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5), 4197. <https://doi.org/10.3390/ijerph20054197>
- Iso-Markku, P., Aaltonen, S., Kujala, U. M., Halme, H. L., Phipps, D., Knittle, K., ... Waller, K. (2024). Physical activity and cognitive decline among older adults: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Network Open*, 7(2), e2354285. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.54285>
- Khachaturian, Z. S. (1985). Diagnosis of Alzheimer's disease. *Archives of Neurology*, 42(11), 1097–1105. <https://doi.org/10.1001/archneur.1985.04060100083029>
- Kim, J. W., Chae, J., Nam, S. M., Kim, Y. N., Yoo, D. Y., Choi, J. H., ... Yoon, Y. S. (2015). Treadmill exercise prevents diabetes-induced increases in lipid peroxidation and decreases in Cu, Zn-superoxide dismutase levels in the hippocampus of Zucker diabetic fatty rats. *Journal of Veterinary Science*, 16(1), 11–16. <https://doi.org/10.4142/jvs.2015.16.1.11>
- Lange-Asschenfeldt, C., & Kojda, G. (2008). Alzheimer's disease, cerebrovascular dysfunction and the benefits of exercise: From vessels to neurons. *Experimental Gerontology*, 43(6), 499–504. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2008.04.002>
- Lawrence, S. (1998). *Exercise for Older Adults: ACE's guide for fitness professionals*, Richard T Cotton (Ed.), Human Kinetics, Leeds (1998), ISBN: 0 88011 942 X.
- Li, K., Cui, C., Zhang, H., Jia, L., Li, R., & Hu, H. Y. (2022). Exploration of combined physical activity and music for patients with Alzheimer's disease: A systematic review. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 14, 962475. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.962475>
- Lopes, E. D. D. S., Coelho, F. G. D. M., Tribess, S., Catarino, J. D. S., Ferreira, B. N., Reis, M. D. M., ... Virtuoso Júnior, J. S. (2025). Benefits of mul-

- timodal exercise intervention for BDNF and cytokines levels, cognitive function, and motor functionality in Alzheimer's disease: A preliminary study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 22(8), 1245. <https://doi.org/10.3390/ijerph22081245>
- Morris, J. K., Vidoni, E. D., Johnson, D. K., Van Sciver, A., Mahnken, J. D., Honea, R. A., ... Burns, J. M. (2017). Aerobic exercise for Alzheimer's disease: A randomized controlled pilot trial. *PLOS ONE*, 12(2), e0170547. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170547>
- Morrison-Bogorad, M., Phelps, C., & Buckholtz, N. (1997). Alzheimer disease research comes of age: The pace accelerates. *JAMA*, 277(10), 837-840.
- Möhler, R., Renom, A., Renom, H., & Meyer, G. (2020). Personally tailored activities for improving psychosocial outcomes for people with dementia in community settings. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2020(8), CD010267. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010515.pub2>
- National Institute on Aging. (2025, January 14). *Safety tips for exercising outdoors for older adults*. National Institutes of Health. <https://www.nia.nih.gov/health/exercise-and-physical-activity/safety-tips-exercising-outdoors-older-adults>
- Nelson, M. E., Rejeski, W. J., Blair, S. N., Duncan, P. W., Judge, J. O., King, A. C., ... Castaneda-Sceppa, C. (2007). Physical activity and public health in older adults. *Circulation*, 116(9), 1094-1105. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.185650>
- Neve, R. L., & Robakis, N. K. (1998). Alzheimer's disease: A re-examination of the amyloid hypothesis. *Trends in Neurosciences*, 21(1), 15-19. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(97\)01168-5](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(97)01168-5)
- Owen, A. M., Hampshire, A., Grahn, J. A., Stenton, R., Dajani, S., Burns, A. S., ... Ballard, C. G. (2010). Putting brain training to the test. *Nature*, 465(7299), 775-778. <https://doi.org/10.1038/nature09042>
- Pereira, A. C., Huddleston, D. E., Brickman, A. M., Sosunov, A. A., Hen, R., McKhann, G. M., ... Small, S. A. (2007). An in vivo correlate of exercise-induced neurogenesis in the adult dentate gyrus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(13), 5638-5643. <https://doi.org/10.1073/pnas.0611721104>
- Racey, M., Markle-Reid, M., Fitzpatrick-Lewis, D., Ali, M. U., Gagné, H., Hunter, S., ... Sherifali, D. (2021). Fall prevention in community-dwelling adults with mild to moderate cognitive impairment. *BMC Geriatrics*, 21(1), 689. <https://doi.org/10.1186/s12877-021-02641-9>
- Radák, Z., Kaneko, T., Tahara, S., Nakamoto, H., Pucsok, J., Sasvári, M., ... Goto, S. (2001). Regular exercise improves cognitive function and decreases oxidative damage in rat brain. *Neurochemistry International*, 38(1), 17-23. [https://doi.org/10.1016/S0197-0186\(00\)00063-2](https://doi.org/10.1016/S0197-0186(00)00063-2)

- Scarmeas, N., Luchsinger, J. A., Brickman, A. M., Cosentino, S., Schupf, N., Xin-Tang, M., ... Stern, Y. (2011). Physical activity and Alzheimer disease course. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 19(5), 471–481. <https://doi.org/10.1097/JGP.0b013e3181eb00a9>
- Sherrington, C., Fairhall, N., Wallbank, G., Tiedemann, A., Michaleff, Z. A., Howard, K., ... Lamb, S. (2020). Exercise for preventing falls in older people living in the community. *British Journal of Sports Medicine*, 54(15), 885–891. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101512>
- Suttanon, P., Hill, K. D., Said, C. M., Williams, S. B., Byrne, K. N., LoGiudice, D., ... Dodd, K. J. (2013). Feasibility, safety and preliminary evidence of the effectiveness of a home-based exercise programme for people with Alzheimer's disease. *Clinical Rehabilitation*, 27(5), 427–438. <https://doi.org/10.1177/0269215512460877>
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2017). *İstatistiklerle yaşlılar, 2016*. <https://data.tuik.gov.tr>
- Ünal, M. (2021). *Kronik hastalıklarda rehabilitasyon ve egzersiz uygulamaları*. İstanbul Tıp Kitabevi.
- Van Praag, H., Kempermann, G., & Gage, F. H. (1999). Running increases cell proliferation and neurogenesis in the adult mouse dentate gyrus. *Nature Neuroscience*, 2(3), 266–270. <https://doi.org/10.1038/6368>
- Vaynman, S., Ying, Z., & Gomez-Pinilla, F. (2004). Hippocampal BDNF mediates the efficacy of exercise on synaptic plasticity and cognition. *European Journal of Neuroscience*, 20(10), 2580–2590. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2004.03720.x>
- Vidoni, E. D., Perales, J., Alshehri, M., Giles, A. M., Siengsukon, C. F., & Burns, J. M. (2019). Aerobic exercise sustains performance of instrumental activities of daily living in early-stage Alzheimer disease. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 42(3), E129–E134. <https://doi.org/10.1519/JPT.0000000000000172>
- Villamil-Cabello, E., Meneses-Domínguez, M., Fernández-Rodríguez, Á., Ontoria-Álvarez, P., Jiménez-Gutiérrez, A., & Fernández-del-Olmo, M. (2023). A pilot study of the effects of individualized home dual task training by mobile health technology in people with dementia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(8), 5464. <https://doi.org/10.3390/ijerph20085464>
- Weiner, M. F., & Gray, K. F. (1996). Differential diagnosis. In M.F. Weiner (Ed.), *The dementias: Diagnosis, management, and research* (2nd ed., pp. 101–138). Washington, DC: American Psychiatric Press.
- Weuve, J., Kang, J. H., Manson, J. E., Breteler, M. M. B., Ware, J. H., & Grodstein, F. (2004). Physical activity, including walking, and cognitive function in older women. *JAMA*, 292(12), 1454–1461. <https://doi.org/10.1001/jama.292.12.1454>

- Williams, C. L., & Tappen, R. M. (2008). Exercise training for depressed older adults with Alzheimer's disease. *Aging & Mental Health*, 12(1), 72–80. <https://doi.org/10.1080/13607860701529932>
- Wisniewski, K. E., Wisniewski, H. M., & Wen, G. Y. (1985). Occurrence of neuropathological changes and dementia of Alzheimer's disease in Down's syndrome. *Annals of Neurology*, 17(3), 278–282. <https://doi.org/10.1002/ana.410170310>
- Yan, S., Fu, W., Wang, C., Mao, J., Liu, B., Zou, L., & Lv, C. (2020). Association between sedentary behavior and the risk of dementia. *Translational Psychiatry*, 10(1), 112. <https://doi.org/10.1038/s41398-020-0799-5>
- Yuede, C. M., Zimmerman, S. D., Dong, H., Kling, M. J., Bero, A. W., Holtzman, D. M., ... Csernansky, J. G. (2009). Effects of voluntary and forced exercise on plaque deposition, hippocampal volume, and behavior in a mouse model of Alzheimer's disease. *Neurobiology of Disease*, 35(3), 426–432. <https://doi.org/10.1016/j.nbd.2009.06.002>

En İyi Kramp Önleyici Gıdalar ve İçecekler 8

Yusuf Ziya Doğru¹

Özet

Kas krampları, özellikle sporcular ve fiziksel olarak aktif bireylerde performansı sınırlayan, günlük yaşam kalitesini olumsuz etkileyen yaygın bir nöromüsküler problemdir. Krampların ortaya çıkışında sıvı-elektrolit dengesizliği, yetersiz mineral alımı, kas yorgunluğu ve metabolik faktörler önemli rol oynamaktadır. Bu bağlamda, beslenme stratejileri krampların önlenmesinde temel ve tamamlayıcı bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Bu kitap bölümünde, kas kramplarının fizyopatolojik temelleri ele alınmakta; özellikle potasyum, magnezyum, kalsiyum ve sodyum açısından zengin gıdalar ile yeterli sıvı alımının önleyici etkileri bilimsel kanıtlar ışığında incelenmektedir. Muz, avokado, yeşil yapraklı sebzeler, süt ve süt ürünleri, kuruyemişler, tam tahıllar ile doğal mineralli suların kramp riskini azaltmadaki rolleri tartışılmaktadır. Ayrıca, spor içecekleri, hindistancevizi suyu ve elektrolit destekli içeceklerin egzersiz sırasında ve sonrasında kas fonksiyonlarının korunmasına katkıları değerlendirilmektedir. Sonuç olarak bu bölüm, kramp önleyici gıda ve içeceklerin bilinçli ve dengeli tüketiminin, hem sportif performansın sürdürülebilirliği hem de sağlıklı yaşam biçimi davranışlarının geliştirilmesi açısından önemli bir koruyucu strateji olduğunu ortaya koymaktadır.

Giriş

Kramplar nedir?

Kramplar, kasların ve sinirlerin uyarıla bilirliliğinin artmasıyla ortaya çıkar ve hafif, istemsiz, geçici, beklenmedik ve ani kas kasılmalarına neden olur. Kramplar çok ağrılı olabilir ve bir veya daha fazla kasın felç olmasına neden olabilir. Süresi genellikle birkaç saniye ile birkaç dakika arasında değişir. Kasılmalar daha uzun sürdüğünde, tetani denir. Kramplar genellikle

1 Öğr. Gör., Atatürk Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Antrenörlük Eğitimi Bölümü Erzurum, ORCID ID: 0000-0002-5666-840, yziya@atauni.edu.tr

gündüzleri fiziksel eforun ardından, ancak sadece bu durumda değil, hiçbir uyarı olmadan ortaya çıkar (Maughan, 1986). Dinlenirken, gece yarısı huzurlu bir şekilde uyurken de kramp hissedebilirsiniz. Kramplar tüm uzuvları etkiler: uyluklar, baldırlar, ayaklar, kollar veya eller. Kramplar çeşitli faktörlerden kaynaklanır. Genellikle birkaç faktörün birleşimi sonucu ortaya çıkarlar. Alışılmadık, yoğun ve uzun süreli eforun ardından istemsiz kas kasılmaları yaşayabilirsiniz. Besin eksiklikleri ve bazı besinlerin aşırı tüketimi de krampların ortaya çıkmasına neden olabilir. Bu nedenle beslenme ve sıvı alımı krampları önlemek için çok önemlidir. Son derece rahatsız edici olsalar da, kramplar çoğu zaman zararsızdır. Bu istemsiz kas kasılmalarının farklı nedenleri olabilir.

Krampları tedavi etmek veya önlemek için herhangi bir ilaç yoktur. Ancak, uygun beslenme ve yeterli sıvı alımı kramp riskini önlemeye yardımcı olur.

Neden kramp girer?

Krampların birçok nedeni vardır. Aslında, kramplar esas olarak bir dizi faktörün birleşiminden kaynaklanır:

- Hastalıklar,
- Damar ve kan dolaşımı bozuklukları,
- İklim koşulları (soğuk hava vb.),
- Hamilelik,
- İlaç tedavileri (diüretikler, müshiller, hipertansiyon tedavileri vb.) veya doğum kontrol hapı kullanımı,
- Dehidrasyon,
- Uyarıcı maddelerin aşırı kullanımı (kahve, çay, alkol, tütün)
- Beslenme yetersizlikleri,
- Egzersiz sırasında aşırı laktik asit üretimi.

Bu nedenle üç tür kramp ayırt edilir: metabolik, patolojik veya idiyopatik (görünürde nedeni olmayan).

Kramplar yaşla birlikte artma eğilimindedir. Sporcular ve hamile kadınlarda da sık görülür. Olağandışı yerlerde uzun süreli kramplar yaşıyorsanız, bunun nedeni bir hastalık olabilir. Kramplara neden olan birçok hastalık vardır: nörolojik (tetani, multipl skleroz, Parkinson...), hormonal (miksödem, diyabet...), kardiyovasküler (kalp hastalığı, varis...), enfeksiyonel (grip,

tetanoz...), ortopedik, anemi veya karaciğer sirozu. Kramplar, alışılmadık, uzun süreli ve yoğun fiziksel efor sırasında sıklıkla ortaya çıkar. Kırmızı kan hücrelerimiz ve kas hücrelerimiz, oksijen eksikliğini telafi etmek için daha fazla laktik asit üretir. Böylece laktik asitler kas liflerinde birikir ve laktik asidoza neden olur. Bu birikim, diğer nedenlerin yanı sıra, bazı mineral tuzların ve diğer besinlerin terlemeyle vücuttan atılması sonucu ortaya çıkar. Kas kramplarını durdurmak için herhangi bir ilaç tedavisi yoktur, ancak bunlar bir hastalığa bağlı değilse, bu hastalık tedavi edilebilir (Adıgüzel, 2021). Krampları hafifletmenin en iyi yolu fiziksel dinlenme, esneme ve masajdır. Krampların oluşmasını önlemek için, spor yapmadan önce iyice ısınmanız, özellikle egzersiz sırasında yeterince su içmeniz ve besin alımınıza dikkat etmeniz önerilir.

Kramplarda beslenme ve sıvı alımının rolü

Dehidrasyon ve besin eksiklikleri kramplara neden olur. Bu nedenle beslenme ve sıvı alımı, bu kas kasılmalarının önlenmesinde önemli bir rol oynar.

Dehidrasyon ve kramplar

Krampları önlemek için, yeterli su ve mineral tuz alımıyla hidroelektrolitik dengenizi koruyun. Bu, egzersiz sırasında biriken laktik asidi maksimum düzeyde atmanıza yardımcı olur.

Demir de kaslara oksijen taşınmasını destekleyen önemli bir elementtir.

Potasyum, sodyum, magnezyum ve kalsiyum eksikliği ile vitamin eksikliği de kramplara neden olabilir. Besin kaynağı olan dengeli bir beslenme, kramp riskini azaltır.

Buna karşılık, kırmızı et, peynir, yumurta gibi doymuş yağ ve hayvansal protein açısından zengin bazı gıdalar ile rafine şeker, azot içerir ve vücudu asitlendirir. Kramplara yatkın kişilerin bu gıdaları tüketmesi önerilmez (Miller, 2010)

Aynı şekilde, kahve, çay, gazlı içecekler, alkol veya tütün gibi uyarıcılar gıda asiditesine neden olur ve kas kasılmaları riskini artırır. Atıkların doğru şekilde atılmasını engeller ve kasların zayıflamasına neden olur. Ayrıca, bu içecekler idrar söktürücü etkiye sahiptir ve bu da dehidrasyona yol açar (Jung ve ark., 2005). Krampların tamamı beslenme dengesizliğinden kaynaklanmıyorsa, çeşitli ve besin açısından zengin bir beslenme krampları önlemeye yardımcı olur.

Kramp önleyici en iyi besinler

Kramp önleyici en iyi besinler, mineral ve vitamin eksikliklerinizi azaltmanıza yardımcı olan besinlerdir. Bu nedenle süt ürünleri, meyve ve sebzeler, yağlı tohumlar, tam tahıllar ve baklagiller tercih edilmelidir. Bu besinler sinir uyarılarının iletilmesinde ve kas kasılmalarında rol oynarlar. Meyve ve sebzeler mükemmel antioksidanlardır. Yeşil sebzeler (brokoli, lahana, ıspanak, su teresi...) vücudunuzun asitlenmesini önler. Kuru meyveler (kayısı, kuru erik, üzüm, hurma vb.), baklagiller (mercimek, bezelye, nohut vb.) ve bal, özellikle potasyum, magnezyum ve kalsiyum olmak üzere mineraller açısından zengindir. Bitkisel yağlar ise minerallerin kas liflerine taşınmasını ve kullanılmasını destekler (Summers ve ark., 2014). Tüm bu besinler kas tonusu için gereklidir. Magnezyum eksikliği kas kramplarına neden olabilir.

İşte besin değerlerine göre tercih edilmesi gereken gıdaların listesi: Magnezyum açısından zengin gıdalar; magnezyum açısından zengin gıdaları tercih etmek kasların yenilenmesini sağlar. Önerilen gıdalar şunlardır: bakla, mung fasulyesi, tam tahıllar: kinoa, tam tahıllı makarna ve pirinç, yağlı tohumlar: ceviz, badem, bitter çikolata, sardalya, deniz yosunu.

Kalsiyum açısından zengin süt ürünleri, krampları önlemede etkilidir

Süt ürünleri kalsiyum kaynağıdır. Bağışıklık sistemini güçlendirir, sinir uyarılarının iletilmesini ve kasların oksijenlenmesini destekler, bu da krampları önlemek için çok önemlidir. Yoğurt, beyaz peynir ve parmesan peyniri bu konuda en zengin besinlerdir. Bu besinleri magnezyum ve potasyum açısından zengin besinlerle birlikte tüketmek faydalıdır.

Potasyum açısından zengin besinler

Potasyum, sinir-kas iletiminin optimize edilmesine katkıda bulunur. Örneğin, potasyum açısından zengin muz, doğal bir kramp önleyici görevi görür. Ayrıca magnezyum, lif, B, C ve E vitaminleri de içerir. Antioksidan özelliği sayesinde, egzersiz sonrası toparlanmada değerli bir yardımcıdır. Böylece sporcuların kas ağrıları, kramplar ve yorgunluk hissetmelerini önler. Kuru meyveler (kuru erik, incir, kayısı...), bal, wakame, Japon kombu, patates, mantar, sofraya tuzu, avokado, baklagiller ve taze sebzeler de potasyum açısından zengin besinlerdir. (Stofan 2005).

Demir açısından zengin besinler

Demir eksikliği, kas hücrelerine oksijen taşınmasını olumsuz etkileyebilir.

Demir eksikliğini önlemek için sakatat, kanlı sosis, beyaz et, baklagiller ve spirulina veya ao-nori gibi deniz yosunları tercih edin. Narenciye, siyah frenk üzümü, guava vb. meyvelerde bulunan C vitamini sayesinde bu eser elementin emilimini optimize edin.

Bakır açısından zengin besinler

Bakır kasların güçlenmesine katkıda bulunur. Sakatat, dana ciğeri, sardalya, ıstakoz ve ıstiridye gibi bakır açısından zengin besinleri tüketmekten çekinmeyin. B vitamini açısından zengin besinler kas kasılmalarını önlemede faydalıdır. Kuru jambon, B1 vitamini kaynağıdır. Ancak, sodyum içeriği yüksek olduğu için makul miktarda tüketilmelidir. B1 vitamini sinir uyarılarını ve dolayısıyla kasların kasılmasını ve gevşemesini destekler. B6 vitamini ise hücrelerin oksijenlenmesine ve enerji atıklarının giderilmesine katkıda bulunur. Arı sütü, kurabiye, pirinç kepeği, sade veya ballı tahıllar gibi gıdalar önemli miktarda B6 vitamini içerir.

Krampları önlemek için en iyi içecekler

Dehidrasyon, krampların başlıca nedenlerinden biridir. Ayrıca, bazı içecekler krampların oluşumunu önlemek için gerekli mineralleri sağlar. Bu nedenle, beslenmenizi ihmal etmemekle birlikte, içeceklerinize de dikkat etmeniz önemlidir. (Bergeron, 1996).

Su

Dehidrasyon ve kas kasılmalarını önlemek için su vazgeçilmez bir unsurdur. Su, kramp önlemede vazgeçilmez bir unsurdur. Vücudunuz susuz kaldığında kaslar laktik asit gibi toksinleri biriktirme eğilimindedir. Bu durumda mineraller kaslara ulaşamaz. Dehidrasyon, terlemenin azalması, terin kokması ve giysilerde beyaz ter izleri bırakması ile karakterizedir. Her gün yaklaşık 1,5 litre su içmek gerekir. Spor yaparken daha fazla su içmelisiniz. (Schwellnus ve ark., 2011). Genel olarak, farklı maden suları içmek farklı besin değeriyle yararlanmanızı sağlar. Örneğin, Hépar, Courmayeur ve Contrex kalsiyum açısından zengin, Saint-Yorre ve Vichy-Célestin sodyum açısından zengin, Rozane ve Hépar ise magnezyum açısından zengindir. (Greenwood ve ark., 2003).

Elektrolitik içecekler

Elektrolitik içecekler de mineraller açısından zengindir, bu da hidrasyonu optimize eder ve kramp riskini önler (Braulick ve ark., 2013). Özellikle sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve karbonhidrat içerirler. Bu içecekler özellikle sporcular için çok faydalıdır. (Schwellnus, 2009).

Kramp önleyici valerian çayı

Valerian, kasları gevşetmeye yardımcı olan bir bitkidir. İyi bir uyku için ve gece kramplarını önlemek için yatmadan önce tüketilir. Kramplarla mücadele için en iyi besin takviyeleri arasında yer alır. Yumuşak içimi ile bütün vücuda rahatlatma hissi verir. Aynı zamanda kas fibrilleri arasında ki gevşemeye bağlı olarak kas elastikiyetini de artırır.

Kramp riskini en aza indirmek için bazı besin takviyeleri tercih edebilirsiniz.

Kramp önleyici müttefikiniz: Fikosiyanin.

Fikosiyanin, spirulina'dan elde edilen bir antioksidan pigmenttir.

Kimyasal yapısı EPO'ya çok yakındır. Fikosiyanin, performansınızı ve dayanıklılığınızı doğal olarak artırmaya yardımcı olur. Bu molekülün birçok başka faydası da vardır. Ayrıca, kasların iyileşmesine ve kramp ve ağrıların önlenmesine yardımcı olur. Kasların oksijenlenmesine ve laktik asit birikimine karşı etkisi, krampları önler. Laktatların ATP'ye (enerji) dönüştürülmesine yardımcı olur. (Miller, 2010). Fikosiyanin, doğal bir kramp önleyici. Ayrıca, fikosiyanin güçlü bir doğal anti-inflamatuardır. Kramp önleyici ürünlerimiz arasında en çok öne çıkan ürünümüz Spiruline Bleue +'dır. Sporcular için, fikosiyanin konsantrasyonu daha yüksek olan Ultra Spiruline Bleue + ürünümüzü tercih edebilirsiniz (Noakes, 2012).

Spirulina

Fikosiyanin gibi spirulina da laktatları azaltır. Mikroalg, kas ağrılarını en aza indirir. Protein, antioksidan, mineral ve vitaminlerden oluşan olağanüstü bileşimi, kas anabolizmasını, yani kas yapımını ve onarımını destekler. Bu süper gıda, krampları önlemek için gerekli olan sodyum, magnezyum ve kalsiyum gibi iyonların dengesini yeniden sağlamaya yardımcı olur. Spirulina Paillettes ürünümüzü buradan keşfedin.

Bakır

Bakır, bağışıklık sistemini güçlendirir ve bağ dokularını korur. Bu antioksidan eser element, krampları önlemeye yardımcı olur. Etkisini artırmak ve daha iyi emilim sağlamak için Bakır & Mavi Spirulina ürünümüzü tercih edin.

Potasyum

Potasyum eksikliği tekrarlayan kramplara neden olabilir. Bu eksiklik genellikle ishal ve kusma gibi sindirim bozukluklarından kaynaklanır.

Diüretik tedavi gören kişiler de potasyum eksikliğine daha yatkındır. Bu durumda, beslenmeniz günlük ihtiyacınızı karşılayamıyorsa potasyum takviyesi almak faydalı olabilir. Bu mineral tuz, kas kasılmasında ve sinir uyarılarının iletilmesinde önemli bir rol oynar.

Magnezyum

Tekrarlayan kramplarda magnezyum takviyesi kullanılması da önerilir. Magnezyum eksikliği kas güçsüzlüğü, kramplar ve uyuşukluk ile karakterizedir. Genellikle kötü beslenme, kronik hastalıklar veya yaşlanma nedeniyle ortaya çıkar. Magnezyum eksikliği özellikle nöronal uyarılma ile karakterizedir. Kasların işleyişine doğrudan etki ederek krampları önlemenin yanı sıra, bu mineral tuz daha iyi uyumanıza ve stresle mücadele etmenize yardımcı olur. Yorgunluk ve stres dolaylı olarak kramplara neden olabilir. Bu eser elementin etkisi, B6 vitamini ile birlikte kullanıldığında on katına çıkar.

Vitaminler

Vitaminlerde kramp önlemede çok önemlidir. Bunlar arasında B vitaminleri (B1, B6 ve B12), D ve E vitaminleri kasların düzgün çalışmasına etki eder. Antioksidan olan E vitamini laktatların atılmasını destekler. Kramplar ve ağrılı kaslar da D vitamini eksikliğinin belirtileridir. B12 vitamini sinir uyarılarının iletilmesinde rol oynar, bu nedenle eksikliği kramplara ve ağrılara neden olur. Krampınız varsa kesinlikle kaçınmanız gereken yiyecek ve içecekler nelerdir?

Kahve: Vücudu susuz bırakan ve mineral kaybına neden olan bir içecek İdrar söktürücü olan kafein, vücudun susuz kalmasına neden olur. Mineraller idrarla atılır, bu da mineral kaybına ve dehidrasyona neden olur. Aynı nedenlerle çay tüketimi de sınırlandırılmalıdır. (Google.Com) Kahve ve çay gibi tüm uyarıcı ürünler gıda asiditesinin kaynağıdır ve bu da kas kasılmaları riskini artırır. (Flood, Anthony. 2016.)

Şarküteri ürünleri: kramp varsa kaçınılmalıdır. Aynı şekilde, şarküteri ürünleri ve yağlı etler, yüksek hayvansal protein ve doymuş yağ içeriği nedeniyle vücudu asitlendirir. Bu nedenle kramp eğiliminiz varsa kaçınılmalıdır.

Alkol: Kramplara neden olan kötü bir alışkanlıktır. Alkol, idrarı hızlandırır (idrarın atılmasını), bu da dehidrasyona ve sodyum, potasyum, magnezyum ve B1 vitamini kaybına neden olur. Alkol ve tütün, kahve ve çay gibi uyarıcı ve asitlendirici maddelerdir. Alkol, kas tonusunu düşürür ve özellikle sporcular için yaralanma riskini artırır. Düzenli alkol tüketimi, geceleri bacaklarda kramp oluşma riskini artırır.

Aşırı şekerli yiyecek ve içecekler: krampları tetikleyen faktörler

Tüm işlenmiş şekerli ürünlerde bulunan rafine şeker, kas kramplarına neden olabilir. Aşırı rafine şeker, krampların kaynağıdır Red Bull gibi gazlı içecekler ve enerji içecekleri, kas kasılmalarının ortaya çıkmasına neden olan laktik asidoza yol açar. Kısacası, krampları önlemek ve genel sağlığınız için bu yiyecek ve içecekleri mümkün olduğunca tüketmeyin! (Roberts, 2000).

Sonuç

Kramplar çoğunlukla fiziksel efor sırasında veya sonrasında ortaya çıkar. Ancak, başka faktörler de krampların ortaya çıkmasına neden olabilir. Tekrarlayan kramplar, örneğin çeşitli patolojilerin yanı sıra beslenme eksikliklerinden de kaynaklanabilir. Dehidrasyon da istemsiz kas kasılmalarının ortaya çıkmasını artırır. Bu nedenle, çeşitli ve dengeli bir beslenme ile yeterli miktarda uygun içecek tüketimi, bu riskleri sınırlandırabilir.

Kaynakça

- Adigüzel, S. (2021). The Effect of Swimming Training on Some Biochemical Parameters of Young Swimmers. *Age (years)*, 19(26.00), 24-5.
- Bergeron M. F. (1996). Heat cramps during tennis: a case report. *International journal of sport nutrition*, 6(1), 62–68. <https://doi.org/10.1123/ijnsn.6.1.62>.
- Braulick, K. W., Miller, K. C., Albrecht, J. M., Tucker, J. M., & Deal, J. E. (2013). Significant and serious dehydration does not affect skeletal muscle cramp threshold frequency. *British journal of sports medicine*, 47(11), 710–714. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091501>
- Commercial Sources Of Caffeine – Caffeine Supplements For Athletes. (2020). Sites.Google.Com.<https://sites.google.com/site/caffinesupplementsforathletes/home/commercial-source-of-caffeine>.
- Flood, A. (2016). “Caffeine Awareness Month: A Wrap-Up Of Lessons Learned – Food Insight”. Food Insight. <https://foodinsight.org/caffeine-awareness-month-a-wrap-up-of-lessons-learned/>.
- Greenwood, M., Kreider, R. B., Greenwood, L., & Byars, A. (2003). Cramping and injury incidence in collegiate football players are reduced by creatine supplementation. *Journal of athletic training*, 38(3), 216–219.
- Jung, A. P., Bishop, P. A., Al-Nawwas, A., & Dale, R. B. (2005). Influence of hydration and electrolyte supplementation on incidence and time to onset of exercise-associated muscle cramps. *Journal of athletic training*, 40(2), 71–75.
- Kantorowski, P. G., Hiller, W. D. B., Garrett, W. E., Douglas, P. S., Smith, R., & O'Toole, M. (1990). Cramping studies in 2600 endurance athletes. *Med Sci Sports Exerc.*;22(2).
- Maddali, S., Rodeo, S. A., Barnes, R., Warren, R. F., & Murrell, G. A. (1998). Postexercise increase in nitric oxide in football players with muscle cramps. *The American journal of sports medicine*, 26(6), 820–824. <https://doi.org/10.1177/03635465980260061401>
- Maughan R. J. (1986). Exercise-induced muscle cramp: a prospective biochemical study in marathon runners. *Journal of sports sciences*, 4(1), 31–34. <https://doi.org/10.1080/02640418608732095>
- Miller, K. C., Mack, G. W., Knight, K. L., Hopkins, J. T., Draper, D. O., Fields, P. J., & Hunter, I. (2010). Reflex inhibition of electrically induced muscle cramps in hypohydrated humans. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(5), 953–961. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013c3181c0647c>.
- Miller, K. C., Mack, G. W., Knight, K. L., Hopkins, J. T., Draper, D. O., Fields, P. J., & Hunter, I. (2010). Three percent hypohydration does not

- affect threshold frequency of electrically induced cramps. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(11), 2056–2063. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181dd5e3a>.
- Noakes, T. (2012). Waterlogged, the serious problem of overhydration in endurance sports Human Kinetics:
- Roberts W. O. (2000). A 12-yr profile of medical injury and illness for the Twin Cities Marathon. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(9), 1549–1555. <https://doi.org/10.1097/00005768-200009000-00004>.
- Schweltnus M. P. (2009). Cause of exercise associated muscle cramps (EAM-C)--altered neuromuscular control, dehydration or electrolyte depletion?. *British journal of sports medicine*, 43(6), 401–408. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2008.050401>.
- Schweltnus, M. P., Allie, S., Derman, W., & Collins, M. (2011). Increased running speed and pre-race muscle damage as risk factors for exercise-associated muscle cramps in a 56 km ultra-marathon: a prospective cohort study. *British journal of sports medicine*, 45(14), 1132–1136. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2010.082677>.
- Stofan, J. R., Zachwieja, J. J., Horswill, C. A., Murray, R., Anderson, S. A., & Eichner, E. R. (2005). Sweat and sodium losses in NCAA football players: a precursor to heat cramps?. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 15(6), 641–652. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.15.6.641>.
- Summers, K. M., Snodgrass, S. J., & Callister, R. (2014). Predictors of calf cramping in rugby league. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(3), 774–783. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31829f360c>.

Çocukluk–Ergenlikte Kas–İskelet Olgunlaşması: Kas–Kemik Ünitesi, PİK Kemik Kütlesi ve Direnç Antrenmanı Adaptasyonları

Elif Akkuş¹

Özet

Çocukluk ve ergenlik dönemi, kas-iskelet sisteminin hızla olgunlaştığı; yaşam boyu sağlık, fiziksel yeterlilik ve performansın temelini atıldığı kritik bir gelişim penceresidir. Bu süreçte boy ve vücut ağırlığı artışı belirgin olmakla birlikte, vücut kompozisyonu, motor yeterlilik ve kas–kemik etkileşimi de anlamlı biçimde değişmektedir. Bu nedenle büyüme, performans ve sakatlanma riskini değerlendirirken aynı yaş grubu çocuklarda büyüme hızı, nöromüsküler kontrol ve olgunlaşma düzeyi farklılık gösterdiği için yalnızca kronolojik yaşla sınırlamak yetersiz kalabilmektedir. Biyolojik olgunlaşma göstergeleri kemik yaşı (Tanner evresi/sexual maturity rating (SMR)) ve zirve boy uzama hızı (ZBUH) çevresi, antrenman yüklerinin ve teknik odaklı çalışmaların planlanmasında özellikle önem taşımakta ve hızlı morfolojik değişimler koordinasyon ve hareket kontrolünde geçici dalgalanmalara yol açabilmektedir.

Kemik sağlığı açısından çocukluk–ergenlik, pİK kemik kütlesinin ve kemik dayanıklılığının kazanıldığı dönemi ifade etmektedir. Kemik yanıtı yalnız mineral birikimiyle sınırlı olmayıp geometri ve yapısal dayanıklılık bileşenlerini de içermektedir. Osteojenik uyarının temelinde mekanik deformasyon ve buna eşlik eden hücresel adaptasyon yer aldığından, düzenli ve uygun planlanmış mekanik yüklenme uzun vadeli kazanımlar için gereklidir. “Kas–kemik ünitesi” yaklaşımı, yükün yalnız vücut ağırlığından değil kas kasılmalarının ürettiği kuvvetlerden ve darbe/ivmelenme bileşenlerinden de oluştuğunu vurgulamaktadır.

Direnç antrenmanına adaptasyon olgunlaşma ile ilişkisidir. Puberte öncesi dönemde kuvvet artışları daha çok nöromüsküler öğrenme ve koordinasyonla, puberte sonrasında ise yapısal-hormonal katkılarla gelişim göstermektedir. Çocuklarda uygulanan antrenman ve fiziksel aktivite güvenli bir şekilde uygulanmasında teknik öğretim, kademeli progresyon, uygun dinlenme-toparlanma, etkili ısınma ve nitelikli süpervizyon gibi temel ilkeler ön planda olmalıdır.

1 Doç. Dr., Atatürk Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, <https://orcid.org/0000-0001-5812-1997>, akkuse@atauni.edu.tr

Giriş

Günümüzde sedanter yaşam biçiminin çocuklarda daha sık görülmekle birlikte sadece kardiyometabolik risk faktörlerini değil, aynı zamanda büyüme ve gelişimin farklı bileşenlerini de olumsuz etkileyebileceği bildirilmektedir. Bu nedenle günlük yaşamda fiziksel aktivite olanaklarının artırılması; beden eğitimi dersleri ile spor ve oyun temelli etkinliklerin okul ortamında planlı ve sürdürülebilir biçimde desteklenmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Taşkın & Özdemir, 2018). Düzenli fiziksel aktiviteye katılımın, fiziksel uygunluğa ek olarak motor yeterlilik ve hareket becerisi geliştirdiği ve bu gelişimle ilerleyen yıllarda bireyin sağlığı için fiziksel kapasite açısından işlevsel bir temel oluşturabildiği ifade edilmektedir (Taşkın & Özdemir, 2018).

Çocukluk ve ergenlik döneminde kas-iskelet sisteminde hem morfolojik (kemik geometri/direnç, kas–tendon özellikleri) hem de fonksiyonel (motor kontrol, kuvvet üretimi, hareket becerisi) dönüşümlerin hızlandığı; bu süreçlerin ileri yaşamda sağlık ve performansı etkileyen biyolojik altyapıyı şekillendirdiği belirtilmektedir (Faienza et al., 2023; Brown et al., 2017). Bu dönemde boy ve vücut ağırlığı artışı dikkat çekici bir faktör olsa da vücut kompozisyonu ile kas–kemik etkileşiminin niteliğinde daha belirleyici ve dinamik değişimler izlendiği bildirilmektedir. Bu nedenle büyümenin düzenli izleminin, yalnız büyüme hızını izlemek için değil; genel sağlık durumuna ilişkin klinik ipuçlarını yakalamak açısından da gerekli olduğu vurgulanmaktadır (Gönç et al., 2015). Yapılan çalışmalar ergenlikte gelişim ve performansın kronolojik yaşla açıklanmasının sınırlı kaldığı; aynı yaş grubunda büyüme hızı ve nöromusküler kontrol açısından belirgin bireysel farklılıklar bulunduğu gösterilmektedir (Malina et al., 2015). Bu farklılıkların daha tutarlı yorumlanabilmesi için biyolojik olgunlaşma göstergeleri kemik yaşı ve zirve boy uzama hızı çevresinin, antrenman içeriğinin bireyselleştirilmesi ve yük yönetiminin güvenli biçimde yapılandırılmasında pratik bir çerçeve sunduğu ifade edilmektedir (Malina et al., 2015; Brown et al., 2017).

Bu kitap bölümünde ayrıca çocukluk–ergenlik döneminin pik kemik kütlesi ve kemik dayanıklılığının kazanımı açısından kritik bir fırsat penceresi oluşturduğu ele alınmaktadır. Kemik sağlığının yalnız mineral içeriği/yoğunluğu ile sınırlı değildir. Kemik geometrisi ve yapısal dayanıklılık bileşenleri de değerlendirmeye dâhil edilmelidir (Kohrt et al., 2004; Haspolat et al., 2015). Kemik dokunun gelişmesin de osteojenik uyarının kardiyorespiratuvar “şiddet” kavramından farklı olarak mekanik deformasyon ve buna eşlik eden hücresel adaptasyonla sağlandığı bu nedenle düzenli ve sürekliliği olan mekanik yüklenmelerin uzun dönem kazanımlar için gerekli olduğu vurgulanmaktadır (Kohrt et al., 2004). Kas–

kemik ünitesi yaklaşımında, kas kasılmalarının ürettiği kuvvetler ile darbe/ivmelenme bileşenlerinin kemiğe aktarılan yükün sadece vücut ağırlıklarıyla açıklanmadığını ortaya konmaktadır (Wetzsteon et al., 2011; Baptista et al., 2012).

Bölümün diğer yansıttığı konu ise olgunlaşmaya duyarlı direnç antrenmanı adaptasyonları ve risk yönetimidir. Çocuk ve ergenlerde uygun biçimde planlanan direnç antrenmanının kuvvet gelişimini desteklediğini, erken dönemde kazanımların daha çok sinir-kas iletişimi, motor kontrol ve koordinasyonu ve ileri olgunlaşma evrelerinde ise yapısal-hormonal katkılarla daha belirgin hale gelebildiği bildirilmektedir (Hekim & Hekim, 2015; Faigenbaum et al., 2009; Behringer et al., 2010; Stricker et al., 2020; Lesinski et al., 2016). Bununla birlikte hızlı büyüme dönemlerinde kas-tendon uyum hızları arasında dengesizlik gelişebileceği ve aşırı kullanım riskinin uygunsuz yüklenme ile artabileceği belirtilmektedir (Granacher et al., 2018; Tumkur Anil Kumar et al., 2021; Brenner & Watson, 2024). Bu veriler doğrultusunda çocuklarda teknik öğretimin önceliklendirilmesi, kademeli progresyon, yeterli toparlanma ve nitelikli süpervizyonun güvenli uygulanması sağlanmalıdır. Ayrıca kanıta dayalı yaralanma önleme ısınmalarının rutinleştirilmesinin sakatlanma riskini azaltmaya katkı sağlayabildiği vurgulanmaktadır (Lloyd et al., 2014; Lloyd et al., 2016; Rössler et al., 2018; Al Attar et al., 2023). Bu doğrultuda bölümün amacı, kemik sağlığı–direnç antrenmanı ilişkisini olgunlaşma belirteçleri ve yük yönetimiyle birlikte ele alınarak değerlendirilmesini sağlamak ve mevcut yaklaşımların literatüre katkı sağlayacak bütüncül bir çerçeve ortaya koymaktır.

Çocukluk-Ergenlik Döneminde Büyüme-Gelişim ve Kas-İskelet Olgunlaşması

Çocukluk ve ergenlik dönemi, kas-iskelet sisteminin hem yapısal hem de işlevsel açıdan hızla olgunlaştığı ve yaşam boyu sağlık ile fiziksel yeterliliğin temellerinin atıldığı kritik bir gelişim aşamasıdır. Bu dönemde en belirgin şekilde boy uzaması ve vücut ağırlığında artış görülmektedir. Bunun yanı sıra vücut kompozisyonu, kas-kemik etkileşimi ve motor yeterlilik belirgin biçimde değişmektedir. Normal büyüme; yaş, cinsiyet ve genetik potansiyele uygun biçimde boy ve vücut ağırlığının artması olarak tanımlanmaktadır. Çocuklarda büyümenin düzenli olarak izlenmesi, çocuğun genel sağlık durumuna ilişkin önemli klinik ipuçları sağlamaktadır. Puberteye kadar kız ve erkek çocuklarının büyüme seyri büyük ölçüde benzerlik gösterirken puberteyle birlikte büyüme hızı ve toplam boy kazanımında cinsiyete özgü farklılıklar belirginleşmektedir. (Gönç et al., 2015).

Ergenlik döneminde büyüme, performans ve sakatlanma riskini değerlendirmede yalnızca kronolojik yaşa dayanmak çoğu zaman yeterli değildir. Aynı yaş grubundaki çocuklar arasında büyüme hızı, vücut kompozisyonu ve nöromusküler gelişim açısından belirgin farklılıklar görülebilir. Bu nedenle biyolojik olgunlaşma göstergeleri daha açıklayıcı bir çerçeve sunar. Özellikle kemik yaşı ve olanak varsa kemik yaşı, kuvvet ve performans düzeyindeki çeşitliliği daha doğru yorumlamaya yardımcı olur. Bu göstergeler, yaralanma riskindeki bireysel farklılıkların anlaşılmasına da katkı sağlamaktadır (PHV). Büyümenin en hızlı gerçekleştiği “Zirve Boy Uzama Hızı” (ZBUH) döneminde vücut oranları geçici olarak değişebilir. Bu değişimler bazı sporcularda koordinasyon ve hareket kontrolünde kısa süreli dalgalanmalara yol açabilir. Dolayısıyla ZBUH’ın zamanlaması, antrenman yüklerinin düzenlenmesi ve teknik odaklı çalışmaların planlanmasında mutlaka dikkate alınmalıdır (Brown et al., 2017).

Kas olgunlaşması, genetik program tarafından yönlendirilen ancak çevresel uyaranlarla şekillenen dinamik bir süreçtir. Çocukluk ve ergenlikte düzenli, planlı ve denetimli fiziksel aktivite; kas kuvveti, motor kontrol ve kas-iskelet sisteminin fonksiyonel kapasitesi üzerinde olumlu etkiler yaratabilmektedir. Bu dönemde kas dokusunun gelişimi yalnızca performans açısından değil, aynı zamanda kemik sağlığı ve uzun dönem kas-iskelet bütünlüğü açısından da büyük öneme sahiptir. Kas-kemik etkileşimi, büyüme çağında mekanik, yüklenme ve biyolojik sinyalleşme düzeyinde iki yönlü bir ilişki sunmakta ve kas dokusunun ürettiği miyokinlerin kemik metabolizmasına katkısı bu bütüncül yapıyı güçlendiren mekanizmalardan biri olarak ele alınmaktadır (Faenza et al., 2023).

Direnç antrenmanına verilen yanıtın mekanizması da olgunlaşma düzeyine göre farklılık göstermektedir. Puberte öncesi dönemde kuvvet artışlarının büyük ölçüde nöromusküler öğrenme ve sinirsel adaptasyonlarla ilişkili olduğu, adolesan dönemde ise hormonal ve yapısal değişimlerin katkısıyla hipertrofik yanıtın giderek belirginleştiği bildirilmektedir. Bu çerçeve, çocuk ve ergenlerde direnç antrenmanının yaşa ve olgunlaşma düzeyine uygun biçimde planlanması, teknik öğretimin önceliklendirilmesi ve yüklenmenin kademeli olarak artırılması gerektiğini vurgulamaktadır (Faigenbaum et al., 2009).

Çocuklarda Kemik Sağlığı, Pik Kemik Kütlesi ve Mekanik Yüklenme

İskelet sistemi, kemiklerin biyomekanik ilkeler doğrultusunda örgütlenmesiyle vücudun formunu ve dayanıklılığını belirleyen temel bir çatı

oluşturmaktadır. Bu çatının dış görünüşe ve hareket kapasitesine dönüşmesi, üzerine yerleşen kaslar ve diğer yumuşak dokularla tamamlanmaktadır. (Haspolat et al., 2015). Kemik doku, “azami işlev-iktisadi yapı” ilkesine uygun biçimde organize olmaktadır. Masif bir kitle yerine, basınç ve gerilme hatlarına uyumlu trabeküler mimari ile bunu çevreleyen kompakt tabakadan oluşur. Bu düzen, statik yükler ve kas çekişleri altında fonksiyonel dayanıklılığı mümkün kılar (Haspolat et al., 2015). Bu nedenle kemik sağlığı yalnızca mineral birikimi olarak ele alınmamalı, kemiğin geometrisi ve dayanıklılık özellikleri de değerlendirmeye dâhil edilmelidir.

Çocukluk ve ergenlik, yaşam boyu kırık riskini belirleyen pik kemik kütesinin kazanıldığı kritik dönemdir. Bu evrede hedef, kemik dokusunun niceliksel özelliklerini (mineral içeriği/yoğunluğu) en üst düzeye taşımaktır. Aynı zamanda niteliksel özelliklerin (geometri, kortikal kalınlık ve yapısal dayanıklılık) geliştirilmesi de önem taşımaktadır (Kohrt et al., 2004). Kemik dokusu egzersize, kardiyorespiratuar “şiddet” kavramından farklı bir mekanizma üzerinden yanıt verir. Osteojenik uyarının temeli, kemiğin mekanik deformasyonu (strain) ve buna eşlik eden hücresel adaptasyondur. Bu adaptasyon, özgüllük, aşırı yüklenme ve tersinirlik ilkeleriyle açıklanmaktadır (Kohrt et al., 2004). Ayrıca kemik remodelling döngüsü göreceli olarak yavaştır. Bu nedenle egzersizle oluşan değişimlerin ölçülebilir düzeye ulaşması haftalardan çok aylar ölçeğinde gerçekleşmektedir (Kohrt et al., 2004). Dolayısıyla çocukluk ve ergenlikte düzenli ve uygun planlanmış mekanik yüklenmenin, pik kemik kütlesi ve kemik dayanıklılığı için temel oluşturması beklenmektedir.

Mekanik yüklenmenin kemik üzerindeki etkisini açıklamada “kas-kemik ünitesi” yaklaşımı önemli bir dayanak sağlar. Kemiğe binen yük, yalnızca vücut ağırlığına bağlı yerçekimi etkisinden ibaret değildir. Kas kasılmalarının ürettiği kuvvetler ve günlük hareketlilik shows; darbe ve ivmelenme bileşenleri de yükün önemli parçalarıdır (Wetzsteon et al., 2011). Bu nedenle kemik adaptasyonunu tek bir göstergeyle temsil etmek, özellikle büyüme döneminde yanıltıcı olabilir. Wetzsteon ve arkadaşları, 5–35 yaş aralığında sağlıklı bireylerde tibia üzerinden pQCT ölçümleriyle kortikal geometriyi değerlendirmiştir. Çalışma, kortikal dayanıklılığın önemli göstergelerinden biri olan polar kesit modülünün; kas boyutu, kas kuvveti, vücut ağırlığı ve fiziksel aktivite ile ilişkili olabildiğini göstermiştir. Dahası, bu değişkenlerin aynı model içinde birbirinden bağımsız katkılar sunabileceği bildirilmiştir. Çalışmanın dikkat çekici metodolojik çıktılarından biri, büyüme çağında kemik uzunluğunun (tibia uzunluğu) değerlendirmeye dâhil edilmesi gerekliliğidir. Kemik uzunluğu modele eklenmediğinde kas kesit alanı, kemik geometrisini olduğundan daha yüksek oranda açıklıyor gibi görünebilir.

Oysa kemik uzunluğu, kas boyutundan bağımsız biçimde geometri üzerinde anlamlı bir belirleyici olarak öne çıkmaktadır. Bu bulgu, çocuklarda kemik sağlığını değerlendirirken büyüme dinamiklerinin (boy, kemik uzunluğu ve olgunlaşma) mutlaka hesaba katılması gerektiği sonucunu güçlendirmektedir. Kasın kemiğe etkisini belirleyen unsur yalnızca “büyüklük” değildir. Kasın birim kesit alanı başına üretebildiği kuvvet kapasitesi de (ör. kas özgül kuvveti gibi göstergeler) bireyler arasında farklılık gösterebilir. Bu farklılıklar, kemik adaptasyonunun işlevsel bileşenlerinden biri olarak düşünülebilir. Ayrıca kemik mineral yoğunluğu gibi ölçütlerin her zaman aynı doğrultuda değişmemesi, adaptasyonun yalnız mineral birikimiyle açıklanamayacağını düşündürür. Geometri ve yapısal düzenlenme de kemik yanıtının temel bileşenlerindendir (Wetzsteon et al., 2011). Bu nedenle çocukluk–ergenlik döneminde “kemik sağlığı” hedeflenirken, yalnızca BMD/BMC gibi sonuçlara odaklanmak yeterli değildir. Mekanik yüklenmenin türü ve kemiğin yapısal yanıtı birlikte değerlendirilmelidir.

Çocuklarda kemik sağlığı için kas kütlesi ve günlük fiziksel aktivite düzeyi farklı ağırlıklara sahip olabilir. Bu ağırlıklar cinsiyete ve iskelet bölgesine göre değişebilir. Baptista ve arkadaşları, yaklaşık 8–10 yaş grubunda fiziksel aktiviteyi ve yağsız vücut kütlesini aynı model içinde ele almıştır. Bulgular, kemik mineral içeriği ve kemik alanı üzerinde yağsız vücut kütlesinin tutarlı bir belirleyici olduğunu göstermiştir. Fiziksel aktivitenin bağımsız etkisi ise bazı bölgelerde ve özellikle erkeklerde daha belirgin görünmüştür (Baptista et al., 2012). Aynı çalışma, fiziksel uygunluk başlığı altında izlenen bazı performans ölçütlerinin; yağsız kütle ve fiziksel aktivite hesaba katıldığında kemik çıktıları için ek açıklayıcılığının sınırlı kalabileceğine işaret eder (Baptista et al., 2012). Bu bulgular, kemik sağlığını geliştirmeyi amaçlayan programlarda iki odak alanını öne çıkarır: Birincisi, kas kütlesi ve kuvvet kapasitesini destekleyen uygun direnç yüklenmeleridir. İkincisi, günlük yaşamda düzenli biçimde sürdürülen, ağırlık taşıyan ve uygun darbe bileşenleri içeren fiziksel aktivite örüntüsüdür.

Yaşam boyu perspektifte ACSM yaklaşımı, kemik sağlığı için egzersizin “genel sağlıklı yaşam” reçetesinin ötesinde tasarlanması gerektiğini vurgular. Osteojenik uyarının dinamik ve değişken olması beklenir. Tekdüze ve düşük mekanik talepli aktiviteler, kemik adaptasyonu açısından sınırlı kalabilir. Bu nedenle ilerleyici yüklenme ve süreklilik ilkeleri, çocukluk ve ergenlikte pik kemik kütlesi hedefiyle uyumlu bir temel sunar (Kohrt et al., 2004). Bu yaklaşımın anatomi ve fonksiyon bilgisiyle bütünleştirilmesi önemlidir. Örneğin trabeküler düzenin kuvvet aktarım hatlarına uyumu, eklem kıkırdığının yük dağıtımındaki rolü ve tendon–periost bağlantılarının kas çekişlerini kemiğe iletmesi, mekanik yükün “hangi yollarla” kemiğe

taşındığını açıklar (Haspolat et al., 2015). Böylece kemik sağlığını geliştiren programların yalnız “hareket etmek” düzeyinde kalmaması gerektiği anlaşılır. Program, doğru dokuya doğru mekanik uyarıyı iletecek biçimde planlanmış hareket örüntülerini içermelidir.

Sonuç olarak çocukluk ve ergenlikte kemik sağlığının değerlendirilmesi, çok bileşenli bir mekanik yüklenme perspektifini gerektirir. Kas boyutu, kas kuvveti, vücut ağırlığı ve fiziksel aktivite; kemik geometrisini ve yapısal dayanıklılığı birlikte şekillendiren bileşenlerdir. Bu bileşenler büyüme ve olgunlaşma dinamikleriyle birlikte ele alınmalıdır (Baptista et al., 2012; Kohrt et al., 2004; Wetzsteon et al., 2011). Klinik ve eğitimsel uygulamalar, yalnızca kemik mineral ölçütlerine veya genel uygunluk göstergelerine odaklanmakla sınırlı kalmamalıdır. Kas–kemik biriminin fonksiyonel bütünlüğü ve bölgeye özgü yüklenme gereksinimleri gözetilmelidir. Olgunlaşma dönemleri dikkate alınmalı; güvenli ve sürdürülebilir fiziksel aktivite ile uygun direnç egzersizi bileşenleri programın merkezine yerleştirilmelidir (Haspolat et al., 2015; Kohrt et al., 2004).

Puberte Öncesi ve Sonrası Dönemde Direnç Antrenmanına Adaptasyon

Direnç antrenmanına verilen yanıtı değerlendirirken, çocuk ve ergenlerde kronolojik yaştan çok biyolojik olgunlaşma düzeyi belirleyicidir. Çünkü büyüme ve olgunlaşma ilerledikçe antrenmana uyum farklı fizyolojik mekanizmalar üzerinden gelişebilmekte buna bağlı olarak kazanımların büyüklüğü ve niteliği değişebilmektedir. Bu durum, puberte öncesi dönemde de çocukların anlamlı kuvvet artışı sağlayabildiğini ortaya koymaktadır. Ancak bu dönemde görülen artışların, çoğunlukla sinir-kas koordinasyonunun gelişmesi, motor öğrenme ve teknik becerinin ilerlemesi gibi sinirsel süreçlerle açıklanmasının daha uygun olduğunu vurgulayan klinik ve konsensus görüşleriyle uyumludur (Stricker et al., 2020; Lloyd et al., 2014).

Puberte öncesi dönemde direnç antrenmanına bağlı kuvvet artışlarının temelini çoğunlukla **nöromüsküler adaptasyonlar** oluşturur. Bu yaş grubunda motor ünite aktivasyonunun artması, agonist–antagonist kaslar arası koordinasyonun gelişmesi ve teknik uygulamanın daha ekonomik hâle gelmesi, kuvvet kazanımlarının tipik bileşenleridir. Bu nedenle antrenman planlamasında öncelik, yükün artırılmasından çok **hareket kalitesinin** inşası olmalıdır. Temel hareket örüntülerinin yerleşmesi, farklı motor uyaranlarla çok yönlü beceri gelişimi ve kontrollü, kademeli ilerleme bu yaklaşımın ana eksenini oluşturur.

Amerikan Pediatri Akademisi'nin (AAP) klinik raporu, puberte öncesinde gözlenen kuvvet kazanımlarının ağırlıklı olarak nörolojik mekanizmalarla açıklandığını vurgular. Aynı rapor, uygun süpervizyon altında yürütülen programlarda yaralanma oranlarının düşük seyrettiğini belirtir (Stricker et al., 2020). Benzer biçimde Ulusal Kuvvet ve Kondisyon Birliği'nin (NSCA) pozisyon metni, doğru tasarlanmış ve yeterli biçimde denetlenen direnç antrenmanının çocuk ve ergenlerde güvenli olduğunu bildirir. Ayrıca bu tür programların kas kuvveti ve gücünü geliştirebildiği ve sportif yaralanma riskinin azaltılmasına katkı sunabileceği ifade edilmektedir (Faigenbaum et al., 2009).

Puberte sonrası dönemde ise hormonal ve yapısal çevre, kas-iskelet adaptasyonlarının yönünü ve büyüklüğünü belirgin biçimde etkiler. Pubertal hormonların etkisiyle kas kütlesi artışına elverişli biyolojik zemin güçlenirken, kuvvet kazanımlarında hipertrofik katkı daha görünür hale gelir. AAP raporu, pubertal dönemdeki kazanımların nörolojik uyumun yanı sıra kas hipertrofisiyle desteklenebileceğini ifade ederek bu geçişi net biçimde çizer (Stricker et al., 2020). Bu nedenle adölesan dönemde programlama, teknik temel korunarak daha planlı yüklenme stratejileriyle ilerletilebilmektedir. Olgunlaşma süreci yalnızca kasın kontraktıl kapasitesini değil, kas-tendon ünitesinin mekanik özelliklerini de dönüştürür. Büyüme ile tendon boyutları ve sertliği artma eğilimi gösterir; bu durum elektromekanik gecikmenin azalması ve kuvvetin kemiğe aktarımının daha etkili gerçekleşmesiyle ilişkili olabilir (Tumkur Anil Kumar et al., 2021). Ayrıca büyüme ve olgunlaşmaya bağlı kas mimarisi değişimleri (kas kesit alanı, pennasyon açısı, fasikül uzunluğu gibi) doğal kuvvet artışlarının yapısal arka planını oluşturur (Tumkur Anil Kumar et al., 2021). Bu biyomekanik zeminin gelişmesi, özellikle sprint ve sıçrama gibi gerilme–kısalma döngüsü (SSC) ağırlıklı görevlerde performans artışlarını açıklayan önemli bir çerçeve sunar.

Bununla birlikte ergenlik, hızlı büyümenin etkisiyle kas ve tendon uyum hızları arasında dengesizlik oluşabildiği bir dönemdir. Bu dengesizliklerin, özellikle yüksek hacimli plyometrik yüklenmeler altında tendon aşırı kullanım yaralanmalarına zemin hazırlayabileceği belirtilmektedir (Granacher et al., 2018). Dolayısıyla puberte sonrası programlamada yalnızca performans hedefleri değil, doku toleransı, toparlanma ve yük yönetimi de eş zamanlı izlenmelidir.

Çocuk ve Ergenlerde Direnç Antrenmanı Uygulama İlkeleri

Çocuklarda direnç antrenmanı, uzun yıllar büyüme ve gelişim açısından riskli bir uygulama olarak değerlendirilmiştir. Bununla birlikte güncel kanıtlar,

bu yargının koşulsuz biçimde genellenemeyeceğini ortaya koymaktadır. Yaşa ve biyolojik olgunlaşma düzeyine uygun olarak yapılandırılan programlar güvenli kabul edilmektedir. Teknik öğretiminin merkeze alındığı ve nitelikli süpervizyon altında yürütülen uygulamalar etkilidir. Bu yaklaşım, hedefi yalnızca kas kuvveti ve gücü artışıyla sınırlamaz. Motor beceri gelişimini destekler, spor performansı için altyapı oluşturur ve yaralanma riskinin azaltılmasına katkı sağlayabilir (Faigenbaum et al., 2009; Lloyd et al., 2014; Stricker et al., 2020). Bu alandaki tereddütlerin önemli bir bölümü, çocukların antrenman yanıtlarına ilişkin hatalı genellemelerden beslenmiştir. “Çocuklar kuvvet kazanamaz” ya da “kuvvet gelişimi yalnızca puberteyle başlar” biçimindeki ifadeler güncel kanıtlarla örtüşmemektedir. Meta-analitik veriler, puberte öncesi çocukların da direnç antrenmanına anlamlı kuvvet artışlarıyla yanıt verebildiğini göstermektedir. Ayrıca olgunlaşma ilerledikçe kazanım büyüklüğünün artma eğilimi ortaya çıkabilmektedir (Behringer et al., 2010). Bu örüntü, büyüme dönemlerine göre değişen uyum mekanizmalarıyla uyumludur. Puberte öncesi dönemde kuvvet artışları çoğunlukla nöromüsküler öğrenme, motor ünite aktivasyonunun gelişmesi ve koordinasyonun iyileşmesiyle açıklanır. Adölesan dönemde ise olgunlaşmanın sağladığı biyolojik zeminle yapısal katkılar daha belirgin hâle gelebilir (Faigenbaum et al., 2009; Lloyd et al., 2014).

Bu alandaki tereddütlerin önemli bir bölümü, çocukların antrenman yanıtlarına ilişkin hatalı genellemelerden kaynaklanmıştır. “Çocuklar kuvvet kazanamaz” ya da “kuvvet gelişimi yalnızca puberteyle başlar” biçimindeki görüşler güncel literatürle uyumlu değildir. Meta-analitik bulgular, puberte öncesi çocukların direnç antrenmanıyla anlamlı kuvvet kazanımları elde edebildiğini göstermektedir. Olgunlaşma ilerledikçe kazanım büyüklüğünün artma eğilimi de bildirilmektedir (Behringer et al., 2010). Bu örüntü, büyüme dönemlerine göre değişen adaptasyon mekanizmalarıyla tutarlıdır. Puberte öncesinde kuvvet artışları çoğunlukla nöromüsküler öğrenme, motor ünite aktivasyonunun gelişmesi ve koordinasyonun iyileşmesiyle açıklanır. Adölesan dönemde ise olgunlaşmanın sağladığı biyolojik zeminle yapısal katkılar daha belirgin hâle gelebilir (Faigenbaum et al., 2009; Lloyd et al., 2014).

Toplumda sık dile getirilen bir diğer yanlış inanış, direnç antrenmanının boy uzamasını durdurduğu veya büyüme plaklarına zarar verdiği iddiasıdır. Amerikan Pediatri Akademisi’nin politika metni ve bunu güncelleyen 2020 klinik raporu, uygun koşullar sağlandığında direnç antrenmanının güvenli bir yaklaşım olduğunu vurgular (McCambridge et al., 2008; Stricker et al., 2020). Bu raporlar, olumsuz örneklerin çoğunun yanlış teknik, uygunsuz yüklenme ve yetersiz denetimle ilişkili olduğuna işaret eder (Stricker et

al., 2020; Faigenbaum et al., 2009). Dolayısıyla belirleyici olan, direnç antrenmanının varlığı değil; programın nasıl yapılandırıldığı ve kim tarafından uygulandığıdır (Lloyd et al., 2014; Stricker et al., 2020).

Güncel eğitim ve programlama anlayışı, çocuklarda direnç antrenmanını “erken yaşta ağır yük” yaklaşımına indirgemez. Bunun yerine, çok yönlü hareket becerileri, temel kuvvet, postüral kontrol ve doğru teknik ekseninde bir gelişim aracı olarak konumlandırır (Lloyd et al., 2014; Stricker et al., 2020). Özellikle antrenman geçmişi sınırlı çocuklarda ilerleme, önce beceri kazanımı ve hareket kalitesi üzerinden kurgulanmalıdır. Yük artışı ise kademeli ve bireyselleştirilmiş biçimde planlanmalıdır (Faigenbaum et al., 2009; Lloyd et al., 2014).

Genç sporcularda yapılan sistematik derleme ve meta-analizler, direnç antrenmanının kuvvetin yanı sıra sıçrama ve sprint gibi performans göstergelerinde de anlamlı iyileşmeler sağlayabildiğini göstermektedir (Lesinski et al., 2016). Bununla birlikte bu kazanımların güvenli biçimde sürdürülebilmesi, olgunlaşma düzeyine uygun programlamayı gerektirir. Teknik temelli uygulama ve nitelikli süpervizyon bu süreçte temel koşullardır (Lloyd et al., 2014; Stricker et al., 2020). Ayrıca direnç antrenmanının yalnızca performans geliştirme aracı olmadığı vurgulanmalıdır. Uygun biçimde uygulandığında, yaralanma riskinin azaltılmasına katkı sunan hazırlayıcı bir bileşen olarak da değerlendirilmektedir (Faigenbaum et al., 2009; Stricker et al., 2020).

Bu bulgular, çocuk ve ergenlerde direnç antrenmanına yönelik modern yaklaşımın temelini açık biçimde ortaya koymaktadır. Temel Yaklaşım, olgunlaşmaya duyarlı planlama, teknik öncelik, kademeli progresyon ve uzman gözetimidir (Faigenbaum et al., 2009; Lloyd et al., 2014; Stricker et al., 2020). Bu ilkeler sağlandığında direnç antrenmanı, büyüme ve gelişimi riske eden bir uygulama değil kas-iskelet sağlığını ve motor yeterliliği destekleyen bilimsel temelli bir gelişim aracı olarak kabul edilmektedir.

Çocuklarda Yaşa/Olgunlaşmaya Göre Direnç Antrenmanlarında Temel Programlama Yaklaşımı

Çocuk ve ergenlerde direnç/kuvvet antrenmanı programlamasına yönelik çağdaş yaklaşım, kronolojik yaşı tek başına belirleyici kabul edilmesini yeterli görmemektedir. Bunun yerine biyolojik olgunlaşma düzeyi, antrenman yaşı ve hareket yeterliliği birlikte değerlendirilmektedir. Bu yaklaşım, uzun dönem atletik gelişim anlayışının temel ilkeleriyle uyumludur. Ayrıca çocuklarda kuvvet antrenmanını yalnızca performans artışına indirgemez. Motor gelişimin desteklenmesi, fiziksel okuryazarlığın geliştirilmesi ve

yaralanma riskinin azaltılmasına katkı sağlanması da programlamanın temel amaçları arasında yer almaktadır. (Lloyd et al., 2015; Lloyd et al., 2016).

Yaş + Olgunlaşma Değerlendirilmesi

Aynı kronolojik yaş aralığında bulunn çocuklar, büyüme hızı, nöromüsküler kontrol, kas-kemik uyumu, psikolojik hazır oluş ve yaralanma duyarlılığı açısından farklı olgunlaşma düzeyleri sergileyebilirler. Bu heterojenlik, programlamada “tek yaş–tek reçete” anlayışının sınırlı kaldığını göstermektedir. Bu sebeple antrenman içeriği ve yüklenme düzeyi, bireyin gelişim temposuna göre kademeli ve bireyselleştirilmiş biçimde yapılandırılmalıdır (Lloyd et al., 2015). Çocuklarda direnç antrenmanının amaçlarını yalnızca kuvvet artışı sınırlamamaktadır. Çocuklarda kuvvet gelişimi; temel hareket becerileri, sağlık göstergeleri ve genel fiziksel uygunluk ile ele alınmalıdır. Birçok araştırma bulguları, uygun biçimde tasarlanmış programların çocuk ve ergenlerde kuvvetin yanı sıra sıçrama ve sprint performansı ile genel fiziksel uygunluk üzerinde anlamlı iyileşmeler sağlayabildiğini göstermektedir (Lesinski et al., 2016; Lesinski et al., 2020).

Biyolojik Olgunlaşma Değerlendirilmesi

Biyolojik olgunlaşmanın doğrudan ölçümü her koşulda uygulanabilir değildir. Bu nedenle somatik olgunlaşma göstergelerinin izlenmesi ve büyüme atağına yakınlığın belirlenmesi, programlamada pratik bir yaklaşım sunmaktadır. Zirve Boy Uzama Hızı (ZBUH/PHV) çevresi bu açıdan kritik bir dönemdir. Bu dönemde hızlı morfolojik değişimler görülmekte ve koordinasyon ve hareket kontrolünde geçici dalgalanmalar ortaya çıkabilmektedir. Dolayısıyla çocuklarda yüklenme ve teknik yönetimi daha dikkatli planlanmalıdır (Malina et al., 2015).

Bu süreçte kronolojik yaşa dayalı sınıflandırma çoğu zaman yetersiz kalmaktadır. Olgunlaşma benzerliğine göre gruplamayı esas alan biyobantlama (**bio-banding**) yaklaşımı, özellikle pubertal dönemde antrenman yüklerinin daha adil ve daha güvenli dağıtılmasına katkı sağlayabilecek tamamlayıcı bir strateji olarak önerilmektedir (Malina et al., 2015).

Yaş/Olgunlaşmaya Göre Program Hedefleri

a) Puberte Öncesi (ZBUH Öncesi)

Bu dönemde öncelikli hedef, hareket kalitesini ve nöromüsküler altyapıyı geliştirmektir. Uygulamalar vücut ağırlığı ve düşük–orta direnç düzeyleriyle yapılandırılmalıdır. Çok eklemlili temel hareket kalıplarının doğru öğretimi merkeze alınmalıdır. Oyun temelli ve yaşa uygun pedagojik yöntemler tercih

edilmelidir. Güvenli ve sürdürülebilir uygulama için nitelikli süpervizyonun kritik olduğu vurgulanmaktadır (Faigenbaum et al., 2009).

b) Puberte Dönemi (ZBUH Çevresi)

Büyüme atağı döneminde kuvvet gelişimi devam eder. Bununla birlikte yük artış hızı daha yakından izlenmeli ve sınırlandırılmalıdır. Egzersiz seçimi ve karmaşıklığı kademeli biçimde ilerletilmelidir. Bu evrede programın odağında teknik standardizasyon yer alır. Özellikle iniş mekaniğı, gövde kontrolü ve eklem hareket aralığının güvenli yönetimi kritik önemdedir. ZBUH çevresinde kuvvet/güç ve koordinasyon göstergelerinde dalgalanmalar görülebileceğine dair bulgular, planlamada kalite odaklı ve temkinli ilerlemeyi desteklemektedir (Retzepis et al., 2025).

c) Puberte Sonrası (ZBUH Sonrası)

Teknik temeli yerleşmiş ve antrenman yaşı yeterli olan adölesanlarda, performans odaklı kuvvet ve güç programlarına daha sistematik biçimde geçiş yapılabilir. Bu dönemde çok eklemli serbest ağırlık uygulamalarının program içindeki payı artırılabilir. Spora özgü periodizasyonun daha belirgin şekilde yapılandırılabilir. Yardımcı antrenman bileşenleri (tamamlayıcı kuvvet, denge/çekirdek, mobilite) planlı biçimde entegre edilebilir. Uygun süpervizyon ve kademeli progresyon sağlandığında, serbest ağırlıkla direnç antrenmanının olumlu adaptasyonları desteklediğı bildirilmektedir (McQuilliam et al., 2020; Lesinski et al., 2016).

Direnç Antrenmanı Uygulamada Güvenlik Uygulamaları

Direnç antrenmanının büyüme olumsuz etkilediğı yönündeki görüş, literatürde sıklıkla tekrar edilmesine karşın güncel kanıtlarla desteklenmemektedir. Klinik ve kurumsal rehberler, uygun teknik öğretimi sağlanan programların çocuk ve ergenlerde güvenli biçimde uygulanabileceğini belirtmektedir. Yük seçiminin yaşa ve biyolojik olgunlaşma düzeyine göre yapılması temel ilkedir. Güvenli uygulama için nitelikli süpervizyon zorunlu bir bileşendir. Rehberler, olası risk artışının çoğunlukla yanlış teknik ve yetersiz gözetim koşullarında ortaya çıktığını vurgular (Stricker et al., 2020; Faigenbaum et al., 2009).

Meta-analitik bulgular, kuvvet kazanımı potansiyelinin yaş ve olgunlaşma ilerledikçe genel olarak arttığını göstermektedir. Bununla birlikte pubertal dönemde kazanımların yalnızca biyolojik süreçlerle “kendiliğinden” artacağı varsayımı yeterli değildir. Programın süresi, toplam hacmi ve uygulama kalitesi, elde edilen sonuçların büyüklüğünü belirleyen başlıca etmenlerdir (Behringer et al., 2010).

Çocuklarda Risk Yönetimi: Büyüme Kıkırdığı, Yaralanma Önleme ve Süpervizyon

Büyüme çağındaki sporcularda risk yönetimi; büyüme kıkırdığının biyolojik duyarlılığının anlaşılmasını, yüklenmenin planlı biçimde düzenlenmesini ve nitelikli süpervizyonun sürekliliğini gerektirir. Büyüme kıkırdığı; uzun kemik uçlarındaki büyüme plaklarında, eklem yüzlerini örten artiküler kıkırdakta ve tendonların kemiğe tutunduğu apofiz bölgelerinde yer almaktadır. Bu dokular “ön-kemik” niteliği nedeniyle bazı mekanik stres türlerine daha duyarlı olabilmektedir. Özellikle tekrarlayıcı mikrotravma, aşırı kullanım sorunlarına zemin hazırlayabilmekte, bununla birlikte akademik çalışmalar, uygun biçimde tasarlanmış ve denetlenen programlarda riskin yönetilebilir olduğunu göstermektedir. Olumsuz örnekler çoğu zaman yanlış teknik, maksimal yüklenmeye erken yönelim ve yetersiz yetişkin gözetimi ile ilişkilidir. Prospektif genç direnç antrenmanı çalışmalarında büyüme kıkırdığı yaralanmasının raporlanmaması ve büyüme/olgunlaşmanın olumsuz etkilendiğine dair kanıt bulunmaması, güvenlik değerlendirmesini desteklemektedir (Faigenbaum, 2009).

Okul ve kulüp düzeyinde amaç yalnızca spora katılımı artırmak değildir. Asıl hedef, yüklenme–hata–denetim ilişkisinin sistematik biçimde yönetilmesidir. Aşırı hacim ve yetersiz toparlanma, yaralanma riskini artırabilmektedir. Performans düşüşü ve psikolojik tükenmişlik açısından da olumsuz bir zemin oluşturur. Bu nedenle genç sporcularda çoklu spor katılımı desteklenmelidir. Tek bir sporda yıl boyu yoğunlaşma sınırlandırılmalıdır. Okul–kulüp–bireysel antrenmanlar arasındaki toplam yük koordine biçimde izlenmelidir (Lloyd et al., 2016). Benzer biçimde Amerikan Pediatri Akademisi’nin klinik raporu, aşırı kullanım yaralanmaları ve overtraining riskine odaklanır. Yük–toparlanma dengesinin korunmasını temel ilke olarak tanımlamaktadır. Ani yük artışlarından kaçınmayı ve planlı dinlenme aralıklarını özellikle vurgulamaktadır. Erken uyarı belirtilerinin ciddiye alınması da raporun temel mesajları arasındadır (Brenner & Watson, 2024).

Büyüme atağı dönemleri, risk yönetiminde ayrı bir hassasiyet gerektirir. Hızlı morfolojik değişimler motor kontrol ve koordinasyonda geçici dalgalanmalara yol açabilir. Bu nedenle yükler ve antrenman uyarıları uyarlanmalıdır. Teknik standardın korunması öncelik olmalıdır (Lloyd et al., 2016). Bu aşamada süpervizyon belirleyici bir bileşenleri

- ✓ Nitelikli gözetim, teknik öğretimini güvence altına alması,
- ✓ Uygun ekipman seçimini ve güvenli çevre düzenlemesini desteklemesi
- ✓ Progresyonun akılcı yönetilmesini sağlamasıdır.

Çocuk ve ergenlerde direnç antrenmanının yetkin yetişkinler tarafından yürütülmesi bu nedenle kritik görülmektedir. Programın bireyin fiziksel ve psikososyal özelliklerine göre uyarlanması da aynı derecede önemlidir (Faigenbaum, 2009). Okul/kulüp uygulamalarında risk yönetimi, uygulanabilir kurallarla standartlaştırılabilir.

- a) Risk Yönetiminde İlk hedef, hareket kalitesinin önceliklendirilmesidir.
- b) Teknik bozulduğunda yük veya tekrar azaltılmalıdır.
- c) Yorgunluk altında “zor tekrar” yaklaşımı yerine teknik tutarlılık korunmalıdır.

Bu yaklaşım büyüme atağı dönemlerinde daha da önem kazanır (Lloyd et al., 2016).

İkinci hedef, aşırı kullanım riskini azaltan yük yönetimidir.

Haftalık artışlar kademeli tutulmalıdır.

Toparlanma pencereleri korunmalıdır.

Yıl boyu kesintisiz yoğunlaşmayı önleyecek dinlenme aralıkları planlanmalıdır (Brenner & Watson, 2024; Lloyd et al., 2016).

Üçüncü hedef, süpervizyon standardının her antrenmanda işletilmesidir. Nitelikli gözetmen, güvenli ortam ve dinamik ısınma temel bileşenlerdir.

- a) Doğru teknik önceliği ve kademeli ilerleme ilkeleri uygulamanın merkezinde olmalıdır
- b) Denetimsiz ekipman kullanımının risk oluşturabileceği bilgisi aile bilgilendirmesine dâhil edilmelidir (Faigenbaum, 2009).

Dördüncü hedef, kanıta dayalı sakatlık önleme ısınmalarının rutinleştirilmesidir. “FIFA 11+ Kids” gibi yapılandırılmış ısınma programlarının çocuk futbolunda yaralanma riskini azaltabildiği bildirilmektedir (Al Attar et al., 2023; Rössler et al., 2018).

Son hedef ise, erken uyarı ve raporlama kültürünün yerleştirilmesidir.

- a) “Ağrıyla oynamak normaldir” yaklaşımı benimsenmemelidir.
- b) Süreğen ağrı, şişlik, topallama, performans düşüşü, uyku bozulması ve belirgin yorgunluk durumlarında antrenman modifiye edilmelidir.
- c) Gerekğinde tıbbi değerlendirme süreci işletilmelidir (Brenner & Watson, 2024).

Takip sürecinde, basit bir haftalık kayıt formu ile standartlaştırılabilir. Hazırlanan form antrenman gün sayısını, birikmiş yorgunluğu, ağrı

bölgelerini ve uyku/toparlanma göstergelerini içermelidir (Lloyd et al., 2016).

Sonuç

Sonuç olarak çocukluk ve ergenlik dönemi, kas-iskelet sisteminin büyüme-gelişim ve olgunlaşma süreçlerinin çok yönlü olarak arttığı ve genetik potansiyel, biyolojik olgunlaşma, nöromüsküler gelişim ve fiziksel aktivite örüntülerinin etkileşimiyle şekillendiği kritik bir evreyi oluşturmaktadır. Bu dönemde kazandırılan güvenli, sistemli ve sürekliliği olan fiziksel aktivite alışkanlıkları; motor yeterliliğin gelişmesine, kas-kemik bütünlüğünün güçlenmesine ve yaşam boyu fiziksel işlevin korunmasına katkı sağlayan temel bir mekanizma sunmaktadır.

Olgunlaşma sürecinin yalnızca kasın kuvvet üretim kapasitesini, kas-tendon ünitesinin mekanik özelliklerini, tendon boyutları ve sertliğindeki artışı ve kuvvetin kemiğe aktarım verimliliğinin ve hareket etkinliğinin değiştirebildiği görülmektedir. Buna paralel olarak kas gelişimindeki düzenlenmeler, özellikle yüksek hız ve gerilme-kısalma döngüsü ağırlıklı görevlerde performans çıktılarının biçimlenmesinde belirleyici bir biyomekanik arka plan oluşturmaktadır. Bu nedenle büyüme ataklarıyla ilişkili dönemlerde performans göstergelerindeki dalgalanmalar ve doku toleransındaki değişimler birlikte izlenmelidir.

Direnç antrenmanına bağlı adaptasyonların olgunlaşma düzeyine duyarlı olduğu; puberte öncesinde kazanımların daha çok motor öğrenme, koordinasyon ve sinirsel uyum üzerinden; puberte sonrasında ise yapısal ve hormonal etkilerin belirginleşmesiyle hipertrofik ve mekanik katkılar üzerinden ilerlediği görülmektedir. Bu gerçeklik, erken yaşlarda hareket kalitesi ve teknik temelin inşasını merkeze alan, adolesan dönemde ise kademeli ve iyi denetlenen yüklenme yaklaşımını öne çıkaran bir programlamayı gerektirmektedir. Süreç boyunca teknik öncelik, aşamalı ilerleme, yeterli toparlanma ve nitelikli gözetim ilkeleri uygulamanın güvenliğini ve sürdürülebilirliğini belirleyen temel unsurlar olarak değerlendirilmelidir.

Kemik sağlığı açısından ise yalnız mineral ölçütlerine odaklanan dar bir bakışın yeterli değildir. Kas boyutu ve kuvveti, vücut ağırlığı ve fiziksel aktivite ile gelişen mekanik yüklenmenin, büyüme ve olgunlaşma dinamikleriyle birlikte ele alınmasının gerekli olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla klinik ve eğitimsel uygulamalarda, bölgeye özgü yüklenme gereksinimlerini ve kas-kemik biriminin fonksiyonel bütünlüğünü ele alan ve güvenli fiziksel aktivite ve direnç egzersizi bileşenlerini birlikte sunan yeni yaklaşımlar ön planda tutulmalıdır.

Kaynaklar

- Al Attar, W. S. A., et al. (2023). The FIFA 11+ Kids injury prevention program reduces overall injury rates in children playing soccer more than the usual warm-ups. *Sports Health*.
- American Academy of Pediatrics. (2024). Preventing overuse injuries in young athletes: AAP policy explained. *HealthyChildren.org*.
- Baptista, F., Barrigas, C., Vicira, F., Santa-Clara, H., Homens, P. M., Fragoso, I., & Sardinha, L. B. (2012). The role of lean body mass and physical activity in bone health in children. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 30(1), 100–108.
- Behringer, M., vom Heede, A., Yue, Z., & Mester, J. (2010). Effects of resistance training in children and adolescents: A meta-analysis. *Pediatrics*, 126(5), e1199–e1210.
- Brenner, J. S., & Watson, A. (2024). Overuse injuries, overtraining, and burnout in young athletes. *Pediatrics*, 153(2), e2023065129.
- Brown, K. A., Patel, D. R., & Darmawan, D. (2017). Participation in sports in relation to adolescent growth and development. *Translational Pediatrics*, 6(3), 150.
- Faienza, M. F., Urbano, F., Chiarito, M., Lassandro, G., & Giordano, P. (2023). Musculoskeletal health in children and adolescents. *Frontiers in Pediatrics*, 11, 1226524.
- Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M., & Rowland, T. W. (2009). Youth resistance training: Updated position statement paper from the National Strength and Conditioning Association. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23, S60–S79.
- Gönç, E. N., Özön, Z. A., Alikışifoğlu, A., & Kandemir, N. (2015). Çocuklarda büyümenin değerlendirilmesi ve boy kısalığında tanısallık yaklaşımı. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 58.
- Granacher, U., Puta, C., Gabriel, H. H. W., Behm, D. G., & Arampatzis, A. (2018). Strength training in young athletes. *Frontiers in Physiology*, 9, 1264. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01264>
- Haspolat, D. Y. K., Aktar, Y., & Yolbaş, D. D. İ. (2015). Adolesanda kemik sağlığı ve spor (ss. 222–241). Cinius Yayınları.
- Hekim, M. (2016). Çocuklarda beden eğitimi, spor ve oyun etkinliklerine katılımın kemik gelişimi üzerine etkilerinin değerlendirilmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 5(2), 66–71.
- Hekim, M., & Hekim, H. (2015). Çocuklarda kuvvet gelişimi ve kuvvet antrenmanlarına genel bakış. *Güncel Pediatri*, 13(2), 110–115.

- Kohrt, W. M., Bloomfield, S. A., Little, K. D., Nelson, M. E., & Yingling, V. R. (2004). Physical activity and bone health. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(11), 1985–1996.
- Lesinski, M., Herz, M., Schmelcher, A., & Granacher, U. (2020). Effects of resistance training on physical fitness in healthy children and adolescents: An umbrella review. *Sports Medicine*, 50(11), 1901–1928.
- Lesinski, M., Prieske, O., & Granacher, U. (2016). Effects and dose-response relationships of resistance training on physical performance in youth athletes: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50(13), 781–795.
- Lloyd, R. S., Cronin, J. B., Faigenbaum, A. D., Haff, G. G., Howard, R., Kraemer, W. J., & Oliver, J. L. (2016). National Strength and Conditioning Association position statement on long-term athletic development. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(6), 1491–1509.
- Lloyd, R. S., et al. (2014). Position statement on youth resistance training: The 2014 international consensus. *British Journal of Sports Medicine*, 48(7), 498–505.
- Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Faigenbaum, A. D., Howard, R., Croix, M. B. D. S., Williams, C. A., & Myer, G. D. (2015). Long-term athletic development—Part 1: A pathway for all youth. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(5), 1439–1450.
- Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., e Silva, M. J. C., & Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of youth athletes: Assessment and implications. *British Journal of Sports Medicine*, 49(13), 852–859.
- McCambridge, T. M., et al. (2008). Strength training by children and adolescents. *Pediatrics*, 121(4), 835–840.
- McQuilliam, S. J., Clark, D. R., Erskine, R. M., & Brownlee, T. E. (2020). Free-weight resistance training in youth athletes: A narrative review. *Sports Medicine*, 50(9), 1567–1580.
- Muth, N. D., Bolling, C., Hannon, T., & Sharifi, M. (2024). The role of the pediatrician in the promotion of healthy, active living. *Pediatrics*, 153(3), e2023065480.
- Pekünlü, G. (2019). Çocuklar ve gençlerde direnç antrenmanı. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, 11(1).
- Retzepis, N. O., Avloniti, A., Kokkotis, C., Stampoulis, T., Balampanos, D., Gkachtsou, A., & Chatzinikolaou, A. (2025). The effect of peak height velocity on strength and power development of young athletes: A scoping review. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 10(2), 168.
- Rössler, R., et al. (2018). A warm-up programme to prevent injuries in children's football ("11+ Kids"). *Sports Medicine*.

- Stricker, P. R., Faigenbaum, A. D., & McCambridge, T. M. (2020). Resistance training for children and adolescents. *Pediatrics*, 145(6), e20201011.
- Taşkın, G., & Özdemir, F. N. Ş. (2018). Çocuklarda egzersizin önemi. *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 23(2), 131–141.
- Tumkur Anil Kumar, N., et al. (2021). The influence of growth, maturation and resistance training on muscle-tendon and neuromuscular adaptations in youth. *Sports*, 9(5), 59. <https://doi.org/10.3390/sports9050059>
- Wetzsteon, R. J., Zemel, B. S., Shults, J., Howard, K. M., Kibe, L. W., & Leonard, M. B. (2011). Mechanical loads and cortical bone geometry in healthy children and young adults. *Bone*, 48(5), 1103–1108.

Futbolda Dar Alan Oyunları

Alperen Bektaş¹, Gökhan Atasever²

Bu çalışma, modern futbol antrenman metodolojisinin vazgeçilmez bir parçası haline gelen “Dar Alan Oyunları”nın (DAO) oyuncuların performans bileşenleri üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Dar alan oyunları, oyuncu sayısının azaltıldığı ve saha boyutlarının kısıtlandığı, futbolun doğasına özgü spesifik drilleri ifade eder. Literatür taraması ve uygulama sonuçlarına dayanan bu makalede, DAO’nun sadece dayanıklılık kapasitesini artırmakla kalmadığı, aynı zamanda yüksek yoğunluklu hareket çeşitliliğini ve karar verme mekanizmalarını geliştirdiği vurgulanmaktadır.

Çalışma kapsamında, farklı saha ölçüleri (küçük, orta, büyük) ve oyuncu sayılarının (2v2’den 6v6’ya kadar) kalp atım hızı, kan laktat konsantrasyonu ve algılanan zorluk derecesi (RPE) üzerindeki değişimleri analiz edilmiştir. Bulgular, saha boyutu küçüldükçe teknik becerilerin (pas, top kontrolü, çalım) kullanım sıklığının arttığını; buna karşın saha boyutu genişledikçe toplam katedilen mesafe ve sprint sayısının yükseldiğini göstermektedir. Ayrıca, antrenörlerin oyun kurallarına getirdiği kısıtlamaların (dokunuş sayısı sınırı, adam adama savunma vb.) oyuncuların taktiksel farkındalık düzeylerini doğrudan etkilediği sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak DAO, fiziksel yüklenme ile teknik-taktik gelişimi eşzamanlı sağladığı için geleneksel koşu antrenmanlarına göre daha efektif bir yöntem olarak değerlendirilmektedir.

Giriş

Futbol

Futbol, dünyada ki en yaygın spor dallarından biridir ve farklı bölgelerden ve kültürlerden milyonlarca insanı bir araya getiren bir etkinliktir. Oyunun evrensel olarak bu kadar geniş bir ilgiye kavuşmasında birçok coğrafyada ve kültürde futbola benzer özellikleri olan birçok yarışmanın ya da aktivitenin

1 Atatürk Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, <https://orcid.org/0000-0003-3222-9486>, gokhan.atasever@atauni.edu.tr

2 Atatürk Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi <https://orcid.org/0000-0002-4476-5916>

bulunmasının da büyük bir payı bulunmaktadır (Tazegül,2017; Demir ve Yıldız, 2020).

Futbol, geniş bir alanda yüksek hız, teknik beceri ve taktiksel uyumun aynı anda sergilendiği, dinamik yapısıyla sürekli değişen bir takım sporudur. Oyunun yapısı gereği futbolcular, kısa süre içerisinde çok sayıda hızlanma, yavaşlama, yön değiştirme, pas, şut ve ikili mücadele gerçekleştirmek zorundadır (Altunbaş, 2025; Bradley ve ark., 2009; Di Salvo ve ark., 2013). Aynı zamanda futbol, üst seviyede taktiksel zekâ ve takım uyumu gerektiren bir spor dalıdır. Oyuncular, sahadaki sürekli değişen duruma hemen uyum sağlamalı ve doğru kararlar verebilmelidir (Atasever, 2024)

Günümüz futbol anlayışı topun oyunda kalma süresini artırmak ve futbolun seyir zevkini geliştirmek için sürekli güncel olarak kural değişikliğine gitmektedir. Bu değişikliklerdeki temel amaçlardan birisi de oyunun daha akıcı bir şekilde oynanmasını sağlamaktır. Bu kavram doğrudan oyuncuların maç içerisinde yaptıkları seçimlere ve hızlı değişen durumlara karşı verdikleri tepkiler ile ilgilidir (Demir ve Kıyıcı, 2023). Yüksek performans seviyelerine ulaşmak için oyuncuların motor becerilerinin hazır olmasının yanı sıra doğru ve hızlı kararlar vererek bunu en kısa sürede sahaya yansıtması futbol gibi skor odaklı oyunlarda başarının temel anahtarıdır. Literatürde modern futbolun fiziksel taleplerinin özellikle son yıllarda belirgin biçimde arttığı ve maçların daha yüksek tempoda oynandığı sıklıkla vurgulanmaktadır.

Futbol Antrenmanı

Futbolda performansın sürdürülebilir şekilde geliştirilmesi, bilime dayalı, sistemli ve planlı bir antrenman sürecinin yürütülmesini gerektirir. Antrenman; sporcunun fiziksel, fizyolojik, teknik ve taktik özelliklerini geliştirmeyi amaçlayan, yüklenme ilkeleri doğrultusunda düzenlenen bir uygulama süreci olarak tanımlanmaktadır (Bompa & Buzzichelli, 2019). Futbolun çok boyutlu yapısı, antrenman süreçlerinin yalnızca fizyolojik gelişimi değil, oyuna özgü hareket kalıplarını, karar verme süreçlerini ve takım içi koordinasyonu kapsayan geniş bir alana yayılmasını zorunlu kılar. Bu nedenle modern futbol antrenmanı, klasik interval veya dayanıklılık çalışmalarının ötesine geçerek hem enerji sistemlerini hem teknik becerileri hem de taktik davranışları aynı doğrultuda geliştirmeyi hedefleyen bütünsel bir yaklaşım benimser.

Güncel futbol biliminde, antrenmanın maç koşullarına olabildiğince benzeyen bir yapıda olması gerektiği görüşü yaygınlık kazanmıştır. Bu yaklaşımın temelinde, spesifik uyarıların sporcuda daha etkili adaptasyonlar oluşturması fikri yer alır. Bu bağlamda teknik-taktik davranışların fiziksel ve

fizyolojik yüklenmeyle bütünleştiği antrenman modelleri modern futbolun temel ihtiyaçlarından biri hâline gelmiştir (Hill-Haas ve ark., 2011). Bu yöntemin en belirgin örneklerinden biri ise dar alan oyunlarıdır.

Modern antrenman anlayışı, oyuncuların hem fiziksel hem de oyuna özgü taleplerle aynı anda karşılaşmasını sağlayan yöntemlere yönelmiştir. Dar alan oyunları (Small-Sided Games; SSG), bu talepleri karşılayan ve antrenman ile maç arasındaki bağlantıyı koruyan önemli antrenman olarak futbol literatüründe öne çıkmaktadır. Dar alan oyunlarının, hem yüksek fizyolojik yüklenme düzeyi oluşturması, hem teknik-taktik becerileri doğal bir akış içinde geliştirmesi, hem de müsabakayla birebir aynı ortamı oluşturması nedeniyle futbol antrenmanların da çok tercih edilen hale geldiği birçok çalışma tarafından desteklenmektedir (Impellizzeri ve ark., 2006; Rampinini ve ark., 2007; Owen ve ark., 2012).

Sporun fiziksel boyutu olduğu kadar psikolojik faktörlere de iyi gelen yönleri bulunmaktadır. Bu psikolojik faktörlerin baskıya dayalı yönleri arasında stres düzeyini artıran ve oyuncunun karar nasıl vermesini sağlayan etkileyen bir iş yükünü içermektedir. Özellikle stres düzeyinin armasıyla oyuncunun baskı altında cevaplaması gereken birçok faktörü çok yönlü düşünmesi gerekmektedir. Futbolda da dar alanda yapılan baskılı antrenmanlar bu stres faktöründen çok yönlü olarak etkilenmektedir (Öztürk, Sajedi ve Ogan., 2016).

Bu bölümde dar alan oyunlarının fiziksel ve fizyolojik etkileri, teknik ve taktiksel gelişimde ki etkileri, antrenman değişkenleri ve mevkisel gerekliliklere göre değişkenleri bilimsel literatür ışığında ele alınacaktır. Amaç, dar alan oyunlarının futbol antrenmanındaki yerini hem bilimsel hem uygulamaya yönelik bakış açısıyla kapsamlı biçimde ortaya koymaktır.

Dar Alan Oyunları

Dar alan oyunları belirlenen bir amaç doğrultusunda normal müsabakada ki oyuncu sayısından az oyuncu ile nizami futbol sahasına göre daha küçük ölçülerle oluşturulan alanda futbolun normal oyun kuralları veya değiştirilmiş kurallar ile müsabakaya yönelik uygulanmış antrenman modelleridir.

Futbol antrenmanlarında oyuncuların teknik, taktik, fiziksel ve fizyolojik özelliklerini aynı anda geliştirmeyi amaçlayan dar alan oyunları, geleneksel geniş alan oyunlarından farklı olarak, oyuncuların topa temas sayısını artırır, karar verme sürelerini kısaltır ve yüksek yoğunluklu eforlarla oyunun doğasını daha kompakt bir yapıda sunar (Hill-Haas ve ark., 2011). Bu nedenle dar alan oyunları, modern futbol antrenman metodolojisinin hem performans artırıcı hem de maçın fiziksel istemlerini yansıtan temel araçlarından biri hâline

gelmiştir. Dar alan oyunlarının en belirgin özelliği, **alanın küçültülmesi** ve **oyuncu sayısının azaltılması** ile birlikte oyun yoğunluğunun doğal olarak yükselmesidir. Alanın daralması, oyuncuları hem hücumda hem savunmada daha fazla baskıyla karşı karşıya bırakır. Bu durum, pas hızını, yön değişimlerini, tekrar eden sprintleri, ivmelenme-yavaşlama döngülerini ve ikili mücadele sıklığını artırır (Owen ve ark., 2014).

Buna ek olarak, oyuncu sayısının azaltılması topa temas sayısını artırarak teknik tekrarların doğal biçimde çoğalmasını sağlar. Örneğin 3v3 veya 4v4 formatlarında bir oyuncunun topa ortalama temas süresi 11v11'e göre yaklaşık 3–4 kat artmaktadır. Bu durum, teknik becerilerin yüksek yoğunluk altında uygulanabilirliğini geliştiren önemli bir avantaj sunar.

Diğer taraftan dar alan oyunlarında her oyuncunun gerek skor üretme gerekse atağı engelleme gibi bir şansı olduğundan dar alan oyunları futbolcuların kendine güveninin artmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca dar alan oyunlarında futbolcular çeşitli konumların gerektirdiklerini gerçekleştirebilmek için karşılaşmada farklı konumlarda karşılaştıkları pozisyonlarda da yabancılık hissetmemektedirler (Atasever G.,2024).

Dar Alan Oyunlarında Teknik Boyut

Dar alan oyunları, oyuncuların topa müdahale sıklığını artırarak teknik becerilerin gelişimine önemli katkı sağlayan antrenman formatları olarak kabul edilmektedir. Literatürde, bu antrenman türünün özellikle pas, top kontrolü, dripling, top saklama ve yön değiştirme gibi temel futbol tekniklerinin geliştirilmesinde etkili olduğu vurgulanmaktadır (Clemente et al., 2020; Sarmiento et al., 2018).

Benzer şekilde küçük alan koşullarında oyuncuların sürekli baskı altında karar vermek zorunda kalmalarının teknik uygulamaların hızını ve doğruluğunu geliştirdiğini bilinmektedir. Saha içinde rakip ve takım arkadaşına olan yakın mesafe, oyuncuların **hızlı pas kombinasyonları**, **dar alanda dripling**, **baskıdan çıkma teknikleri** ve **destek açısı oluşturma** gibi becerileri doğal olarak uygulamalarını zorunlu kılmaktadır. Ayrıca Clemente (2020), dar alan oyunlarının teknik etkinliği artırmasının temel nedenlerinden birinin top kaybı-sonrası kazanım süresinin çok kısa olması olduğunu, bunun da oyuncuların hem hücum hem savunma yönlü teknik eylemlerini daha yüksek tempoda gerçekleştirmelerini sağladığını vurgular. Literatürde, oyuncuların özellikle 3v3, 4v4 ve 5v5 formatlarında teknik becerilerini daha sık kullanmalarının, oyuna özgü teknik yeterliliği müsabaka temposuna yakın bir biçimde geliştirdiği ifade edilmektedir. Bu nedenle dar alan oyunları, modern futbol antrenmanında teknik gelişimin oyun

bağlamından kopmadan zenginleştirildiği en etkili yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir.

Dar Alan Oyunlarında Taktik Boyut

Dar alan oyunları, oyuncuların taktiksel farkındalığını geliştirmede son derece etkili bir antrenman yöntemidir. Saha ölçülerinin daraltılması ve oyuncu sayısının azaltılması, futbolcuları sürekli baskı altında hızlı ve doğru karar vermeye zorlayarak oyunun taktik gerekliliklerini daha görünür hâle getirir. Bu oyunlar sırasında oyuncular; alan daralmasına karşı doğru konumlanma, takım şeklini koruma, destek ve üçüncü adam koşuları gibi temel taktik prensipleri yüksek yoğunluklu tekrarlarla deneyimler. Ayrıca oyunun sürekli akış hâlinde olması, hücumdan savunmaya ve savunmadan hücumla geçişlerde daha hızlı reaksiyon verme becerisini geliştirir. Dar alan oyunlarının anında karar verme zorunluluğu yaratması, oyuncuların oyun okuma, boşluk yaratma ve baskıya karşı çözüm üretme gibi bilişsel-taktik yetilerini de güçlendirir. Bu yönüyle dar alan uygulamaları, modern futbolda talep edilen kolektif oyun anlayışını pratik yolla pekiştiren etkili bir yöntemsel araç olarak kabul edilmektedir.

Oyun Formatları ve Temel Özellikleri

Dar alan oyunları farklı teknik-taktik amaçlarla çeşitli formatlara ayrılmaktadır.

2v2 Oyunlar

- En yüksek yoğunluklu dar alan oyun formatlarından biridir.
- Oyuncu başına düşen sprint, ikili mücadele ve yön değiştirme sayısı oldukça fazladır.
- Fizyolojik yanıtların genellikle anaerobik eşikle yakın gerçekleştiği bildirilmiştir (Fanchini et al., 2011).

3v3 Oyunlar

- Hem teknik tekrar hem fiziksel yüklenme açısından dengeli bir yapı sunar.
- Literatürde topa temas oranının en yüksek olduğu formatlardan biri olduğu belirtilmektedir (Clemente, 2021).
- Dar baskı altında pas, şut ve kısa oyun kombinasyonları gelişir.

4v4 Oyunlar

- Antrenman biliminde en çok incelenen formatlardan biridir.

- Oyuncuların hem aerobik hem anaerobik sistemlerini etkin şekilde uyarır.
- 11v11'e mekansal ve taktik açıdan en yakın dar alan formu olarak kabul edilmektedir (Owen et al., 2014).

5v5 ve Daha Büyük Oyun Formatları

- **Fiziksel yüklenme profili**, küçük formatlara göre daha kontrollüdür; oyuncu başına düşen ivmelenme-yavaşlama sayısı azalırken, orta-yüksek hız koşularının toplam mesafesi artma eğilimi gösterir. 5v5 formatında kalp atım hızı yanıtlarının genellikle **%80-90 HR_{max}** aralığında gerçekleştiği bildirilmektedir (Owen et al., 2014).
- Oyun genişledikçe sprint mesafeleri artar ancak anaerobik yük azalabilir.
- Takım organizasyonu, baskı şemaları ve geçiş oyunu çalışmaları için uygundur.

Joker Oyunculu Oyunlar

- Joker oyuncular hücum yönünde sayı üstünlüğü yaratmak için kullanılır.
- Bu formatlar özellikle hücum varyasyonları, pas bağlantıları ve topa sahip olma süresi üzerinde etkili bulunmuştur (Clemente & Sarmiento, 2020).
- Fiziksel yüklenme hafif düşerken teknik tekrar sayısı artma eğilimindedir.

Kısıtlamalı Oyunlar

- Dokunma sayısının sınırlanması, yön zorunluluğu, alan bölümlendirme gibi kurallarla oyun davranışları şekillendirilir.
- Kısıtlamalar artırıldığında karar verme süresi kısalır, sprint ve yön değiştirme sayısı artabilir

Uygulama Örnekleri

- 3v3 + Kaleciler (20x20m): Teknik beceri ve çabuk karar verme öne çıkar.
- 4v4 Geçiş Oyunu (30x40m): Savunmadan hücumla geçişler odaklanır.
- 2v2 + 2 Yardımcı Oyuncu: Oyuncuların alan yaratma ve rakip baskısından kurtulma becerileri geliştirilir.

- İki Kaleli 5v5 (40x30m): Maç temposuna yakın yoğunlukta oynanarak takım koordinasyonu sağlanır. (Atasever G., 2024)

Tablo 1: Dar Alan Oyunlarında Formatlara Göre Saha Ölçüleri (Little,2009)			
Format	Küçük	Orta	Büyük
1v1	5x10 m	10x15 m	15x20 m
2v2	10x15 m	15x20 m	20x25 m
3v3	12x20 m	15x25 m	18x30 m
4v4	16x24 m	20x30 m	24x36 m
5v5	20x28 m	25x35 m	30x42 m
6v6	24x32 m	30x40 m	36x48 m

Dar Alan Oyunlarında Fiziksel Yanıtlar

Dar alan oyunları, oyuncuların yüksek tempo altında kısa mesafeli ivmelenme, yavaşlama ve yön değiştirme hareketlerini sıkışık şekilde tekrarlamasını gerektirir. Bu nedenle dar alan oyunları, sprint sayısı, toplam efor düzeyi ve yüksek şiddetli koşu miktarı açısından klasik koşu temelli antrenmanlara benzer fiziksel yükler oluşturabilmektedir (Hill-Haas et al., 2011). Ayrıca alan daraldıkça oyuncular arasındaki mesafe azaldığından yüksek yoğunluklu aksiyonların sıklığı artmakta, bu da toplam fiziksel zorlanmayı anlamlı ölçüde yükseltmektedir (Clemente et al., 2021). Genel olarak, dar alan oyunları fiziksel performansın oyun bağlamında geliştirilmesini mümkün kılan çok yönlü motorik uyarılar sunar.

Başlıca Fiziksel Yanıtlar

- Kısa mesafeli sprint sayısında artış
- Tekrarlı hızlanma-yavaşlama döngülerinde yükselme
- Toplam koşu mesafesine ek olarak yüksek şiddetli koşu oranında artış
- Oyun içinde yön değiştirme ve çeviklik gereksiniminde belirgin yükselme
- Denge, reaksiyon ve kuvvet kullanımının doğal olarak daha fazla devreye girmesi

Dar Alan Oyunlarında Fizyolojik Yanıtlar

Dar alan oyunlarının fizyolojik etkisi, yüksek kardiyovasküler uyarım ve yoğun metabolik stres ile karakterize edilir. Çalışmalar, dar alan oyunlarının

kalp atım hızını genellikle maksimum kalp atımının %85–95 seviyelerine çıkardığını ve aerobik kapasite gelişimi için güçlü bir uyarıcı oluşturduğunu göstermektedir (Impellizzeri et al., 2006). Ayrıca oksijen tüketimi, laktat üretimi ve anaerobik enerji sistemlerinin kullanımı, saha daraldıkça ve oyuncu sayısı azaldıkça daha da artmaktadır (Sarmento et al., 2018). Bu nedenle dar alan oyunları hem aerobik hem anaerobik fizyolojik yanıtların aynı anda gelişmesine olanak sağlar.

Başlıca Fizyolojik Yanıtlar

- Yüksek kalp atım hızı tepkisi
- Artan oksijen tüketimi ve metabolik enerji talebi
- Laktat birikimi ve anaerobik stresin yükselmesi
- Oyun içi yoğunluğa bağlı olarak ventilasyon hızında artış
- Hızlı toparlanma kapasitesini geliştiren kardiyorespiratuvar uyarıcılar

Dar Alan Oyunlarında Yükleme

Dar alan oyunlarında yükleme, oyuncuların fiziksel, fizyolojik ve bilişsel gereksinimlerini dengeleyen bir antrenman değişkeni olarak ele alınır. Yüklemenin temel belirleyicileri; alan büyüklüğü, oyuncu sayısı, kural sınırlamaları, süre-tekrar yapısı ve antrenman hedefi gibi parametrelerdir. Bu değişkenlerin her biri hem oyunun yoğunluğunu hem de oyuncuların maruz kaldığı metabolik talepleri doğrudan şekillendirir. Literatürde, oyuncu başına düşen alan miktarının azalmasının kalp atım hızı, laktat düzeyi ve yüksek-yoğunluklu efor sayısını artırdığı belirtilmektedir (Hill-Haas et al., 2011). Buna karşılık, daha geniş oyun alanları topa sahip olma süresini artırarak teknik eylem çeşitliliğini desteklemekte ve koşu hızlarının yükselmesine olanak tanımaktadır (Clemente et al., 2020).

Yüklemenin yönetiminde amaç, oyuncuların zorlanma düzeyini kontrol ederek hedeflenen fizyolojik uyarıcıyı sağlamaktır. Bu nedenle antrenörler, oyun formatını ve kuralları değiştirerek yüklenmeyi hem artırabilir hem de düşürebilir. Örneğin, baskı zorunluluğu, tek/iki dokunuş sınırlaması veya sürekli geçiş oyunları gibi kural modifikasyonları, oyunun temposunu yükselterek yüksek yoğunluklu eforları artırır. Buna karşılık, joker oyuncu kullanımı veya uzun topa izin verilmesi gibi düzenlemeler oyunu nispeten daha kontrollü hâle getirir. Bu nedenle yükleme, sadece fiziksel bir değişken değil; teknik, taktik ve bilişsel talepleri bütüncül olarak şekillendiren dinamik bir yapıdır.

Kaynakça

- Altunbaş A. (2025). Kadın Futbolcularda Benlik Saygısının Psikolojik Performans Üzerindeki Etkisi. Efe Akademi Yayınları.
- Atasever, G., (2024). Futbolda Dar Alan Oyunlarının Fizyolojik Yanıtlarının İncelenmesi. Performans Ve Bilim (Pp.42-53), Duvar Yayınevi.
- Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. (2019). *Periodization: Theory And Methodology Of Training*. Human Kinetics.
- Bradley, P. S., Di Mascio, M., Peart, D., Olsen, P., & Sheldon, B. (2009). High-Intensity Activity Profiles Of Elite Soccer Players At Different Performance Levels. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 23(9), 2183–2191.
- Clemente, F. M. (2020). Small-Sided And Reduced Games İn Soccer Training: The Science And Practical Applications. *Routledge*.
- Clemente, F. M. (2021). The Effects Of Small-Sided Games On Technical Actions And Skills İn Soccer Players: A Systematic Review. *Human Movement*, 22(2), 1–12.
- Demir, O., & Kırıyıcı, F. (2023). Investigation Of The Relationship Of Cognitive Performance, Visual Reaction Time And Agility Parameters On Football Players. *SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 21(3), 107-116.
- Demir, O., & Yıldız, S. (2020). Futbolda Sosyal Medya İletişimi ve Marka Değeri: Trabzonspor ve Taraftarları Üzerine Bir Çalışma. *The Journal of International Scientific Researches*, 5(2), 111-127.
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschann, H., Calderon Montero, F. J., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance Characteristics According To Playing Position İn Elite Soccer. *International Journal Of Sports Medicine*, 28(3), 222–227.
- Fanchini, M., Azzalin, A., Castagna, C., Schena, F., McCall, A., & Impellizzeri, F. M. (2011). Effect Of Bout Duration On Exercise İntensity And Technical Performance Of Small-Sided Games İn Soccer. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 25(2), 453–458.
- Hill-Haas, S. V., Dawson, B., Impellizzeri, F. M., & Coutts, A. J. (2011). Physiology Of Small-Sided Games Training İn Football. *Sports Medicine*, 41(3), 199–220.
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S., Castagna, C., Reilly, T., Sassi, A., Iaia, F. M., & Rampinini, E. (2006). Physiological And Performance Effects Of Small-Sided Soccer Games: Insights From Literature. *Sports Medicine*, 36, 101–116.

- Little, T. (2009). Optimizing Small-Sided Games For Technical And Physical Stimulus In Soccer Training. *Strength And Conditioning Journal*, 31(3), 67–73.
- Owen, A. L., Wong, D. P., Paul, D., & Dellal, A. (2014). Physical And Technical Comparisons Between Various-Sided Games Within Professional Soccer. *International Journal Of Sports Medicine*, 35(4), 286–292.
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Abt, G., Chamari, K., Sassi, A., & Marcora, S. (2007). Factors Influencing Physiological Responses To Small-Sided Soccer Games. *Journal Of Sports Sciences*, 25(6), 659–666.
- Sarmiento, H., Clemente, F. M., Harper, L. D., Costa, I. T., Owen, A., & Figueredo, A. (2018). Small Sided Games In Soccer – A Systematic Review. *Sports Medicine*, 48, 611–634.
- Tazegül, Ü. (2017). Futbolun Tarihsel Gelişimi Ve Sosyokültürel Etkileri. *Gaziantep University Journal Of Sport Sciences*, 2(1), 1–12.

Neden Obliks Kasını Çalıştırmak Önemlidir ve Nasıl Çalıştırılmalıdır?

Yusuf Ziya Doğru¹

Özet

Bu makale, *musculus obliquus externus* ve *internus abdominis* olarak bilinen oblik kaslarının biyomekanik önemini ve optimal gelişim stratejilerini incelemektedir. Oblik kasları, gövdenin rotasyonu (dönme), lateral fleksiyonu (yana eğilme) ve abdominal kompresyonunda birincil rol oynar. Akademik literatür, güçlü oblik kaslarının sadece estetik bir “V” görünümü sağlamakta kalmayıp, aynı zamanda alt sırt (lumbar) bölgesindeki yükü azaltarak disk herniasyonu ve kronik bel ağrısı riskini minimize ettiğini göstermektedir.

Antrenman metodolojisi açısından, statik stabilizasyon (izometrik) ve dinamik rotasyonel yüklemelerin kombinasyonu en verimli sonucu vermektedir. Geleneksel mekik hareketlerinin aksine, “Pallof Press”, “Side Plank” ve kontrollü rotasyonel hareketlerin (Woodchopper gibi), omurga üzerindeki aşırı baskıyı önleyerek core stabilitesini artırdığı kanıtlanmıştır. Sonuç olarak, oblik antrenmanı hem atletik performansın artırılması hem de postüral bozuklukların düzeltilmesi için rehabilitasyon ve kondisyon programlarının ayrılmaz bir parçası olmalıdır.

Giriş

Karın oblik kasları: Genellikle hafife alınan ve karın düz kasının gölgesinde kalan oblik kaslar, aslında çok önemli görevler yaparlar.

Onlar sayesinde, her zaman hayalini kurduğunuz optimal fiziksel dengeye sonunda ulaşabilirsiniz. Bu kaslar, sadece estetik bir avantajdan daha fazlasıdır, günlük sağlığınızda da çok önemli bir role sahiptir. Ve hepsi bu kadar da değil! Sonunda, eşsiz bir netlikte karın kaslarınızı ortaya çıkararak, herkesin imrendiği ünlü “çikolata karın kaslarını” ortaya çıkarabilirsiniz.

1 Öğrt. Gör., Atatürk Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Antrenörlük Eğitimi Bölümü Erzurum, ORCID ID: 0000-0002-5666-8400 yziya@atauni.edu.tr

Oblik kasların anatomisi

Oblik kaslar, karın duvarının yan tarafında, büyük düz kasın her iki yanında bulunur. Yüzeysel düzlemde dış oblik kaslar ve daha derin düzlemde iç oblik kaslardan oluşurlar.

Estetik açıdan bakıldığında, bu kas grubu birçok spor dalında yoğun olarak kullanılır. Bu kaslar, gövdenin yana doğru eğilmesini sağlarken aynı zamanda destekleyici bir rol de oynarlar.

Arkanızı dönüp topu yakalamak için veya yere düşen bir nesneyi almak için eğildiğinizde, bu kasları kullanırsınız.

Estetik açıdan, bu kasları çalıştırmak, bel çevresindeki yağları azaltmaya ve karın kaslarınızı ortaya çıkarmaya yardımcı olur.

Bu kasları çalıştırarak, oblik kasların yerleştirilmesi ve eğimi sayesinde, belirgin bir siluet ve V şeklinde karın kasları elde edebilirsiniz.

Dış oblik

Dış oblik, iç oblik kasını kaplar ve son sekiz kaburganın dış yüzünden başlar. İlik kemiğine bağlanır. Ayrıca, büyük düz kasla birleşen beyaz çizgiyi oluşturur.

Lifleri aşağıya ve yana doğru uzanır, yolun sonunda dikey hale gelir.

Transvers kas gibi, dış oblik kaslar da yoğun sinir ve damar ağına sahiptir.

İç oblik

İç oblik, transvers kasın üstünde ve dış oblik kasın altında bulunur. Transvers kas gibi, bel bölgesinden ve iliak kretten başlar. Kaburgalarda (9. ila 12. Kaburgalar da) son bulur. Dış oblik kas daha sonra beyaz çizgiyi (karın üstünden pubis alt kısmına kadar dikey olarak çizilebileceğiniz) ve eklem tendonunu oluşturur.

Lifleri karın üst kısmında yukarı doğru eğimlidir ve pubise yaklaştıkça giderek yatay olarak aşağı doğru iner.

Roller ve işlevler

Hareket halindeki oyuncular kaslarını kasarlar.

Sürekli kullanılan bir kas

Daha önce de belirtildiği gibi, dış oblik kas, gövdeyi arkaya dönerek arkaya bakmayı sağlar. Rugby'de geriye pas atma hareketi bunun somut bir

örneğidir. Raket sporlarında vuruş yaparken veya golfte swing yaparken de durum aynıdır.

Daha kesin olarak, bu kas iç organları sabitler, omurgayı eğmeye, göğüs kafesinin yanını leğene doğru çekmeye veya yana doğru eğilmeye olanak tanır.

İç oblik kas, anatomik özellikleri nedeniyle aynı işlevleri, yani iç organları sabitlemek, omurgayı eğmek, aynı tarafa dönmek ve zorla nefes vermeyi sağlar.

Bu nedenle, oblik karın kasları hareketlilikte merkezi bir role sahiptir. Ayrıca birbirleriyle ve diğer karın kaslarıyla da yakından bağlantılıdırlar ve hepsi birlikte uyum içinde çalışır.

Bu nedenle, uyumlu ve dengeli bir karın kasları elde etmek için, kas geliştirme programında bu kasları çalıştırmak şarttır. Bu aynı zamanda iyi bir denge elde etmenin anahtarıdır.

Futbolcular için oblik kaslarını çalıştırmak neden önemlidir?

Oblikues, adductors ve hamstrings gibi kaslar futbolcular için geliştirilmesi önemli bir kas grubudur. Üst uzuvları güçlendirmek hızı artırır ve bunun sonucunda oluşan kas kütlesi, bu alandaki performansı önemli miktarda artmasını sağlar. Bu durumu görmek için üst düzey sprinterlerin vücut yapılarına bakmak yeterlidir

Oblik kaslar maç veya antrenman sırasında, özellikle şutlar ve hızlı yön değişiklikleri sırasında, pelvis ve gövdeyi stabilize etmek için önemli bir rol oynarlar. Aynı hareketlerde, adduktör kaslarının da çok fazla kullanıldığı bilinmektedir. Adduktör kaslarının pelvis üzerinde geliştirdiğı kuvvet (adduktör kasları futbolcuların güçlü bir kas grubudur ve antrenman sırasında doğal olarak gelişir) oblik kasların yeterli kuvvetiyle dengelenmezse, adduktör kasları aşırı yüklenebilir, çünkü futbol sırasında tekrarlanan bu hareketler sırasında pelvis üzerindeki yükü tek başına taşıyan kaslar adduktör kaslarıdır. Bu “ihmal”, üst eklemin iltihaplanmasına neden olabilir. Paris FC’ nin fiziksel hazırlık antrenörü, “Oblik kaslara önem veriyorum çünkü oyuncular, karın kaslarını çalıştırmaya eğilimlidirler ve bu kasları çok fazla çalıştırmak, futbolcularda tekrarlanan hareketleri yapmakta çok daha iyi performans sergilemektedirler.” diye ekliyor (Demirel, at all., 2023).

Oblikues kaslarını etkili bir şekilde güçlendirmek için ne yapmalı?

Oblikues kaslarını çalıştırmanın, kasların hareketine göre iki yolu vardır: rotasyon (bacak hareketli veya gövde hareketli) ve fleksiyon (izometrik

veya konsantrik). “Ben esneme hareketlerini tercih ediyorum ve yöntemleri birleştirmeye özen gösteriyorum. Dönüş hareketlerinde, sırt üstü yatarak bacakları hareket ettirerek ‘silecek’ hareketi yapılabilir. Gövde hareketlerinde, yeterli hareket aralığına dikkat ederek, duvara veya özel bir makineye (rotary torso) dönüş hareketiyle topu atma hareketi yapılabilir.”

Son olarak, esneme hareketlerinde tercih edilen egzersiz yan crunch hareketidir. Zorluk derecesi artan sırayla şu şekilde olacaktır: yerde destek olmadan, destekle ve son olarak bankta (çalışma aralığı giderek artar). Bu egzersiz son derece etkilidir!”

İzometrik güçlendirmenin de ilginç olduğunu belirtmek gerekir.

“Karın kaslarını güçlendirmek için, iki oblik egzersizi ve bir bel egzersizi (örneğin, bel bankında belin alt kısmını güçlendirme) ve tercihen izometrik zamanlamalı bir büyük düz kas egzersizi (örneğin, 10 saniye izometrik + 10 tekrar + tekrar 10 saniye izometrik) ve ayakları çaprazlamadan bacakların arasına bir sağlık topu sıkıştırarak (izometrik olarak adduktörleri çalıştıran ko-kontraksiyon yöntemi).”

Gövdenin dönmesini ve göğsün sağa ve sola eğilmesini sağlarlar. Günlük hareketlilik ve vücut dengesinin korunmasında çok önemlidirler. İster sadece hareket etmek ister bir nesneyi almak için olsun, oblik kaslarımızı sürekli kullanırız.

Ayrıca dengeyi geliştirir ve belinizi koruyarak sırt ağrılarını azaltır. Amacınız karın yağınızı kaybetmek, ince bir bel ve düzgün bir vücut hatlarına sahip olmaksa oblik kaslarınızı çalıştırmak bu konuda büyük ölçüde yardımcı olacaktır, çünkü oblik kasları demek “yağlı yanlara elveda” demektir!

Bunun için sihirli bir formül yoktur, oblikues kaslarını şekillendirmek için düzenli egzersiz ve sağlıklı bir yaşam tarzı gerekir. Egzersiz açısından, haftada en az iki ila üç kez spor seansları belirleyin, böylece emeğinizin sonuçlarını mümkün olan en kısa sürede görebilirsiniz! Her antrenman seansına 5 ila 15 dakika arasında oblik kaslarına yönelik özel egzersizler ekleyin. Ne kadar düzenli antrenman yaparsanız, oblik kaslarınız o kadar hızlı şekillenir, bu da sizi motive eden bir ödül, değil mi? Ancak, haftada bir saatlik tek bir yoğun antrenman seansını uygulayarak değil, etkili daha uzun süreli bir egzersiz programı uygulamakla oblik kaslarımızı geliştirebiliriz.

Bu 20 ila 45 dakikalık düzenli egzersizin yanı sıra, başka bir spor dalıyla da uğraşabilirsiniz. Bu, sonuçlarınızı artırmak için idealdir. Bu konuda özel bir öneri yoktur, sadece kendi isteklerinizi takip edin, çünkü sporun amacı da budur: keyif almak!

Beslenme konusunda, genellikle “aba gstermezsen, dln alamazsın” denir, ama burada daha çok “ok fazla çikolata yersen, karın kasların olmaz!” denebilir. Tabii ki, amacımız sevdiğiniz yiyeceklerden mahrum kalmanız değil. Eğer günün en büyük zevki ögle yemeğinden sonra bir parça bitter çikolata yemekse, hiç durmayın! Ancak, sonuç almak için sadece spor yapmak yeterli değildir, dengeli ve çeşitli beslenmek de gereklidir. Bu sizin için yeni bir şeyse, başlamak için en iyi yol bir beslenme uzmanından yardım almaktır. Beslenme uzmanı, beslenme ihtiyaçlarınızın yanı sıra zevklerinize ve yaşam tarzınıza göre size rehberlik edecektir. Bazen, kendi başınıza doğru şeyi yapmak isterken, çok fazla kalori açığı yaratabilirsiniz ve bu tehlikeli olabilir. Risk almaktansa yardım alın, beslenme uzmanları bunun için varlar.

Oblikues çalışmak için en iyi egzersizler

Gövdeyi çalıştırdığınızda oblikues bölgesini de alıştırdığınızı bilin. Bu nedenle, yapabileceğiniz çok sayıda egzersiz vardır! İşte egzersizlerden oluşan kk bir derleme:

→ Dirsek-diz crunch:

Sırt st yatin, ayaklarınızı 90° kaldırın, sol dirseğinizle sağ dizinize dokunun, ardından sağ dirseğinizle sol dizinize dokunun. Daha zor bir versiyon için dirsekleriniz yerine ayak bileklerinizi kullanabilirsiniz.

→ Ayakta yan eğilme:

Bir ağırlık veya su şişesi alın (evet, spor budur, her zaman bir çözüm bulunur!). Ayakta durun, bacaklarınızı kalça genişliğinde açın ve ağırlığı sağ elinize alın. Karın kaslarınızı sıkın ve omurganızı mümkün olduğuunca uzatın. Gvdenizi 20 kez sağa ve sola sallayın, ardından ağırlığı diğer elinize alın. Bazı spor derslerinde her iki elinize birer dambıl almanız önerilir, ancak bu egzersizi kolaylaştırır, seviyenize uygun ağırlıkta tek bir dambıl tercih etmeniz daha iyidir.

→ Rus twist:

Oturur pozisyonda dizlerinizi bükün, kollarınızı omuz genişliğinde açın ve bir kalçanıza, ardından diğer kalçanıza doğru döndürerek yönlendirin. Zorluğu artırmak için, bu egzersizi bir top (medicine ball türü) veya hatta bir dambıl ile yapabilirsiniz. Bu hareket Rus twist olarak adlandırılır.

→ Kalça rotasyonlu plank:

Basit ve etkili olan plank, karın kaslarını güçlendiren bir egzersizdir.

Dirseklerinizin üzerinde, ellerinize bakarak, bacaklarınızı uzatıp sırtınızı düz tutarak, pelvisinizi sağdan sola sallayın ve karın kaslarınızı sıkın. Yeni başlıyorsanız, 30 saniyeden fazla yapmayın, çünkü daha uzun süre yaparsanız sırtınızı kamburlaştırma eğilimi gösterirsiniz, ki bu kesinlikle kaçınılması gereken bir durumdur. İtalyan dostlarımızın dediği gibi, yavaş yavaş, yavaş yavaş...

→ Yan plank:

Klasik plarkin alternatifi. Bunun için yan yatın ve sol ön kolunuz/dirseğiniz ve sol ayağınızla kendinizi yukarı kaldırın. Sırtınızı düz tutun, omurganızı hizalayın ve bacaklarınızı gerin, bu pozisyonu sabit tutun. Ardından diğer tarafa geçin. Dikkat, her egzersizde olduğu gibi nefes almayı unutmayın, nefesini tutmak iyi değildir. Bir sonraki seviye, kolunuzu uzatarak bileğinize dayanarak egzersizi yapmaktır.

→ Yan crunchlar:

Başlangıç pozisyonu, yan yatın, bacaklarınızı 90 derece bükün, crunchlar yapın ve başınızı kalçanıza doğru getirin. Sonra, diğer tarafa geçin. Buna yan crunchlar denir.

→ Yerde kalça abdüksiyonu:

Yan yatın, bacaklarınızı uzatın, nefes alırken sağ bacağınızı kaldırın. Pozisyonu koruyun ve gevşeyin. Ardından, diğer tarafa geçin.

Tüm bu egzersizler için, fiziksel durumunuza göre 30 saniye egzersiz ve ardından 10/15 saniye dinlenme öneririz. Her egzersizi 30 saniye boyunca üç kez tekrarlayın. Eğer çok zor geliyorsa, egzersiz süresini kısaltmak yerine ara vermeyi tercih edin.

Nefes alma konusunda, tüm egzersizlerinizde karnınızı içeri çekerek nefes alın ve uzuvlarınızı göbek deliğinize doğru getirirken nefes verin. Nefes almanın hareketlerinizi yapmanıza yardımcı olmak için olduğunu, tersi olmadığını unutmayın!

Düz bir karın için kardiyo sporlarını mı tercih etmelisiniz?

Hangi sporu yaparsanız yapın, denge ve vücut duruşunuza fayda sağlayacaktır. Ancak, sporunuz ne kadar kardiyo odaklı olursa, o kadar fazla yağ yakarsınız. Karın, yağın kolayca depolandığı bir bölgedir. Düzenli olarak yapılan kardiyo egzersizleri (koşu, bisiklet, raket sporları, boks vb.) düz bir karın elde etmenize ve karın kaslarınızı şekillendirmenize yardımcı olacaktır (Adıgüzel, Öztürk & Taş., 2022).

Vücut geliştirme, yüzme, koşu vs. her seferinde dengede kalabilmek için karın kaslarınız çalışacaktır, bu yüzden tereddüt etmeyin! Artık size en uygun egzersizi bulmanız yeterli

Özellikle karın yağları olmayanlar için: oblik kasları nasıl geliştirilir?

Bazen, düz bir karın olsa da mutlaka belirgin karın kasları ve oblik kasları olmayabilir. Bu hedefe ulaşmak için aynı egzersizler önerilir, ancak daha ileri gitmeye çalışmak gerekir. Bu, harekete direnç veya yük (elastik bantlar, halterler) ekleyerek, tekrar sayısını artırarak veya egzersizlerin niteliğini değiştirerek kas kasılmalarını çeşitlendirerek yapılabilir. Örneğin: bükülerek göğüs kaldırma ve yan plank arasında geçiş yapabilirsiniz. Aynı egzersizde dinamik ve statik aşamaları da karıştırabilirsiniz. Gövde kaldırmada, harekete devam etmeden önce çalışma pozisyonunu yaklaşık on saniye koruyun.

Bu, kasınızı farklı şekilde çalıştırmanızı sağlar. İç oblik, dış oblik, transvers ve büyük düz kasları çalıştıran egzersizleri birleştirerek maksimum sonuç elde edebilirsiniz.

Bu ünlü oblik kaslar hakkında size mümkün olduğunca fazla bilgi vermiş olmayı umuyoruz. Artık tek yapmanız gereken, çalışmaya başlamak ve siz de karın kaslarınızın ortaya çıkmasını izlemenin keyfini çıkarmak (evet, onlar gerçekten orada!). Unutmayın, düzenli çalışma ve uygun beslenme anahtardır! Kendinize inanmanız yeterlidir.

Kaynakça

- Adıgüzel, S., Öztürk, B., & Taş, M. (2022). Kadın Futbolcularda 6 Haftalık Kettlebell Antrenmanının Statik ve Dinamik Denge Üzerine Etkisi. *Journal of Sport Sciences Research*, 7(1), 15-23. <https://doi.org/10.25307/jssr.987526>
- American College of Sports Medicine: Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Baltimore: Williams & Wilkins, 1993.
- American Physiological Society: Refresher course for teaching respiratory physiology. *Adv Physical Education*! 8:S-59, 1997.
- Booth FW, Thomason DB: Molecular and cellular adaptation of muscle in response to exercise: perspectives of various models. *Physiol Rev* 71:541, 1991.
- Buchanan KD, O'Connor AM, Johnston CF, Borcham C: Regulatory peptides in the control of metabolism during starvation and exercise. *Biochem Soc Trans* 24:591, 1996.
- Burke E: Precision Heart Rate Training. Campaign. IL: Human Kinetics, 1998.
- Burstein AH, Wright TM: Fundamentals of Orthopedic Biomechanics. Baltimore: Williams & Wilkins, 1994.
- Demirel, N., Bayram, M., Zepak, M., Şam, C. T. (2023). Kadın Atlet ve Kayak Sporcuların Bazı Motorik Özelliklerinin Karşılaştırılması. *Research in Sport Education and Sciences*, 25(3), 56-60. <https://doi.org/10.5152/JPESS.2023.22048>
- Di Pasquale• MG: Amino Acids and Proteins for the Athlete: The Anabolic Edge. Boca Raton, FL: CRC Press, 1997.
- Froberg K: Exercise and Fitness. Odense: Odense University Press, 1997.
- Goransson U, Karlsson J, Romeborg R, et al: The "Are" Sport Nutrition Program: the rationale for food supplements in sports medicine. *World Rev Nutr Diet* 82:101.1997.
- Guyton AC, Jones CE, Coleman TB: Circulatory Physiology: Cardiac Output and it
- Maughan RJ, Gleeson M, Greenhaff PL: Bio chemistry of Exercise and Training. Oxford: Oxford University Press, 1997.
- Rowell LB, Shepperd JT (eds): Handbook of Physiology, Sec. 12: Exercise: Regulation and integration of Multiple Systems. Bethesda, MD: American Physiological Society, 1996.
- Saperstein AL, Nicholas SJ: Pediatric and adolescent sports medicine. *Pediatr Clin North Am* 43:1013, 1998.

- Dematawa, D., Knipe, H., « External oblique muscle », Radiopaedia, 2016. Disponible à radiopaedia.org.
- Tan, S., Hacking, C., « Internal oblique muscle », Radiopaedia, 2016. Disponible à radiopaedia.org.

Uzun Süreli Dayanıklılık Egzersizlerinde Karbonhidrat ve Sıvı Alımı: Kas Glikojeni, Kan Glikozu, Enerji Metabolizması ve Performans

Elif Akkuş¹, Mehmet Karasu²

Özet

Karbonhidratlar, fiziksel egzersiz sırasında önemli bir enerji kaynağıdır. Karbonhidratlar, yağ asitlerinin oksidasyonundan daha yüksek bir enerji verimi ve litre oksijen başına daha yüksek bir enerji akışı sağlar. Ancak, karaciğer ve kaslardaki karbonhidrat depolama kapasitesi sınırlıdır. Bu nedenle, uzun süreli dayanıklılık veya aralıklı yüksek yoğunluklu egzersiz yapan sporcular günlük diyetlerine yüksek oranda karbonhidrat eklemelidir. Bireysel karbonhidrat alım miktarı, vücut ağırlığına ve fiziksel aktivitenin derecesine bağlıdır. Fiziksel egzersiz sırasında harcanan enerji, karbonhidrat depolarının kademeli olarak tükenmesine neden olur. Karbonhidrat depolarının tükenme derecesi, egzersizin süresine ve yoğunluğuna bağlıdır. Bu nedenle, özellikle uzun süreli yoğun egzersizlerde, egzersiz sırasında yeterli miktarda karbonhidrat tüketilerek performans artırılabilir. Ayrıca, uzun süreli yoğun fiziksel aktivitenin ardından, egzersiz sonrası hızlı karbonhidrat alımı, karbonhidrat depolarının daha hızlı yenilenmesine yardımcı olabilir.

Giriş

Termonötr koşullarda gerçekleştirilen uzun süreli ve yoğun egzersizlerde ortaya çıkan yorgunluğun, çalışan kaslardaki glikojen depolarının tükenmesi veya kandaki glikoz düzeyinin düşmesi (hipoglisemi) ile yakından ilişkili olduğu bilinmektedir (Gleeson, 2005; Coyle, 2004). Güncel çalışmalar,

- 1 Doç. Dr., Atatürk Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, <https://orcid.org/0000-0001-5812-1997>, akkusc@atauni.edu.tr
- 2 2- Arş. Gör., Atatürk Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, mehmet.karasu@atauni.edu.tr <https://orcid.org/0009-0003-6862-6632>

dayanıklılık sporcularında antrenman yoğunluğu ve süresine bağlı olarak günlük karbonhidrat alımının yaklaşık 3–12 g/kg/gün aralığında planlanmasını önermekte; yüksek hacimli ve yoğun dönemlerde ise kas glikojen depolarını maksimize etmek için 8–10 (hatta yarış öncesi yükleme fazında 10–12) g/kg/gün düzeylerine çıkılması gerektiğini bildirmektedir (Thomas et al., 2016; Kerksick et al., 2017; Naderi et al., 2023). Vücuttaki karbonhidrat (CHO) depoları sınırlı olsa da uygun beslenme stratejileriyle bu depoların artırılabilceği, düzenli antrenmanlarla ise kullanım hızının azaltılabileceği belirtilmektedir (Jeukendrup & Killer, 2010). Bu nedenle, özellikle dayanıklılık gerektiren spor dallarında CHO-elektrolit içeceklerinin egzersiz sırasında tüketilmesi hem profesyonel hem de amatör sporcular arasında yaygın bir uygulama haline gelmiştir (Burke et al., 2011).

Egzersiz esnasında CHO içeren solüsyonların alınmasının temel gerekçesi, hipoglisemiye önleyerek kaslara anında kullanılabilir enerji sağlaması ve buna bağlı olarak yorgunluğun geciktirilmesidir (Coyle & Montain, 1992). Ayrıca, karbonhidrat ve elektrolitlerin sıvı formda alınması; terleme yoluyla oluşan sıvı kayıplarını dengelemeye, egzersiz kaynaklı dehidratasyonu önlemeye ve kardiyovasküler stresle hipertermiyi azaltmaya yardımcı olmaktadır (Sawka et al., 2007). Bunun yanı sıra, sıvı alımının yalnızca termoregülasyon açısından değil, aynı zamanda metabolik düzeyde de önemli etkiler yarattığı ortaya konmuştur.

Amerikan Spor Hekimliği Birliğine (ACSM) göre, 1–2,5 saat süren dayanıklılık egzersizlerinde 30–60 g/saat, 2,5 saatin üzerindeki aktivitelerde ise çoklu taşıyıcı kullanan çözeltilerle 60–90 g/saat karbonhidrat alımı hem kas glikojen depolarını destekleyerek hem de kan glukozunu koruyarak performansı anlamlı düzeyde artırmaktadır (Jeukendrup, 2014; Thomas et al., 2016).

Nitekim yapılan araştırmalar, uzun süreli egzersizlerde su alımının olmamasına kıyasla sıvı tüketiminin kas glikojen kullanımını azalttığını göstermiştir (Fallowfield et al., 1996). Bisiklet ve koşu gibi farklı egzersiz türlerinde karbonhidrat alımına verilen fizyolojik ve metabolik tepkilerde değişkenlik gözlenmiştir. Özellikle egzersizin son evrelerinde kan glukozunun yüksek oranda oksidasyonu rapor edilmiştir (Jeukendrup et al., 1999; Carter et al., 2004). Bununla birlikte bazı çalışmalar, CHO alımının kas glikojeninin korunmasına yardımcı olduğunu ve böylece enerji sürekliliğini desteklediğini göstermiştir (Tsintzas et al., 2001; Romijn et al., 1995). Bu sayede egzersiz sırasında ihtiyaç duyulan enerjinin alınan CHO la desteklenerek yorgunluğun meydana gelme süresini ertelemesine yardımcı olmaktadır.

Son dönem araştırmaları, karbonhidrat alımının sadece periferik metabolik süreçleri değil, aynı zamanda merkezi yorgunluk mekanizmalarını da etkileyebileceğini öne sürmektedir. Özellikle plazma serbest triptofan ile dalı zincirli amino asitlerin (BCAA) oranındaki değışikliklerin zihinsel yorgunlukla ilişkili olabileceği ifade edilmektedir (Newsholme et al., 2006). Son çalışmalar, egzersiz sırasında veya öncesinde verilen karbonhidratın yalnızca periferik enerji dengesini değil, aynı zamanda merkezi sinir sisteminde algılanan çaba düzeyini, motivasyonu ve bilişsel performansı da modüle edebileceğini, dolayısıyla yorgunluğun çok faktörlü bir süreç olduğunu da vurgulamaktadır (Cermak & van Loon, 2013; Naderi et al., 2023).

Literatürdeki bulgular arasındaki farklılıklar, araştırmalarda kullanılan karbonhidrat çözeltilerinin türü ve miktarındaki çeşitlilik, uygulanan egzersiz protokollerindeki farklılıklar ve analitik tekniklerdeki değışkenliklerle açıklanabilir (Jeukendrup, 2010). Bu nedenle, karbonhidrat alımına verilen metabolik tepkilerin değerlendirilmesinde egzersizin tipi, yoğunluğu, karbonhidrat miktarı ve zamanlaması ile bireylerin antrenman geçmişı ve beslenme durumları ayrı ayrı dikkate alınmalıdır.

1. Egzersizin Türü ve Yoğunluğuna Göre Karbonhidrat Kullanımı

İnsan enerji metabolizması üzerinde karbonhidrat (CHO) alımının etkilerini değerlendirmek amacıyla, farklı egzersiz yoğunlukları ve süre kombinasyonlarıyla çok sayıda araştırma yapılmıştır (Jeukendrup, 2010). Bu çalışmalarda en yaygın kullanılan egzersiz türünün bisiklet ergometresi olduğu görülmektedir (Coyle & Montain, 1992; Jeukendrup et al., 1999). Ancak, dayanıklılık koşusunun son yıllarda giderek daha popüler hale gelmesine rağmen, koşu sırasında CHO alımına verilen metabolik yanıtlar yalnızca son on yıl içinde ayrıntılı biçimde araştırılmaya başlanmıştır (Carter et al., 2004).

Koşu esnasında karbonhidrat içeren sıvıların alınması, bisiklet egzersizine kıyasla daha sınırlı olabilmektedir. Bunun temel nedeni, koşu sırasında mide doluluğunun karın bölgesinde rahatsızlık hissine yol açması ve sıvı toleransını azaltmasıdır (Rehrer et al., 1990). Dolayısıyla, sıvı ve CHO alım protokollerinin koşu egzersizine uyarlanması, performansın korunması açısından özel dikkat gerektirmektedir. Genel karbonhidrat alım önerileri Tablo 1'de özetlenmiş olup, bu bölümde egzersiz tür ve yoğunluğuna göre metabolik yanıtlar ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

Tablo 1. Egzersizi öncesi, sırası ve sonrasında önerilen karbonhidrat alım miktarları (Pollock ve ark.(1998);Jeukendrup (2014); Kerksick ve ark. (2017); Naderi ve ark. (2023)			
Zaman	Egzersiz süresi	Önerilen CHO miktarı	Amaç
Egzersiz öncesi 1–4 saat	Tüm dayanıklılık egzersizleri	1–4 g/kg vücut ağırlığı	Kas glikojenini artırmak, hipoglisemiye önlemek.
Egzersiz öncesi son 30–60 dk	Uzun (>90 dk) orta-yüksek şiddet	0,5–1 g/kg (katı veya sıvı form)	Kan glukozunu yükseltmek, açlık hissini azaltmak.
Egzersiz sırasında	<1 saat	0–30 g/saat (isteğe bağlı, ağız çalkalama dâhil)	Genelde gerekli değil; ergojenik etki.
Egzersiz sırasında	1–2,5 saat	30–60 g/saat	Tekli veya çoklu CHO kaynakları; performans artışı.
Egzersiz sırasında	>2,5–3 saat	60–90 g/saat (çoklu taşıyıcı CHO tercih edilir)	Ekzojen CHO oksidasyonunu maksimize etmek, yorgunluğu geciktirmek.
Egzersiz sonrası ilk 3–4 saat	Ağır veya birden fazla seans/gün	1,0–1,2 g/kg/saat	Glikojen resentezini hızlandırmak.
Egzersiz sonrası (proteinle birlikte)	Kas hasarı / kuvvet + dayanıklılık kombine	0,8–1,2 g/kg/saat CHO + 0,2–0,4 g/kg/saat protein	Hem glikojen hem kas protein sentezini destekler.

1.1. Sabit Yoğunlukta Bisiklet

Uzun süreli egzersizler sırasında yapılan bisiklet çalışmalarında, genellikle kan glukoz düzeyleri ile toplam karbonhidrat (CHO) oksidasyon oranının egzersiz süresince kademeli olarak azaldığı gözlemlenmiştir (Coyle & Montain, 1992; Jeukendrup, 2010). Ancak egzersiz sırasında karbonhidrat alımı gerçekleştirildiğinde, bu değerlerin daha yüksek seviyelerde korunabildiği bildirilmektedir (Coyle et al., 1986; Jeukendrup et al., 1999). Bu bulgular, özellikle egzersiz esnasında kan şekeri düşüşü yaşayan bireylerde, karbonhidrat desteğinin dayanıklılık performansını artırabileceği hipotezini desteklemiştir (Coggan & Coyle, 1987).

Yaklaşık %70 VO_2 maks şiddetinde sürdürülen bisiklet egzersizlerinde, yüksek miktarda karbonhidrat (yaklaşık 120–300 g) alımı, kan glikoz düzeylerinde hafif artışlar (yaklaşık 0,5–1,5 mmol/L) oluşturmuş; ancak plazma insülin seviyelerinde belirgin bir artış gözlenmemiştir (Coyle et al., 1986; Jeukendrup et al., 1999). Ayrıca, karbonhidrat alımı yapılan ve yapılmayan koşullarda kas glikojen kullanım hızlarının birbirine oldukça yakın olduğu rapor edilmiştir (Coyle et al., 1986; Tsintzas et al., 2001).

Coyle ve arkadaşlarının (1986) yaptığı klasik çalışmada, iyi antrenmanlı yedi sporcu, karbonhidrat alımıyla veya plasebo kontrol koşulunda %71 VO_2 maks şiddetinde tükenene kadar bisiklet sürmüştür. Katılımcılar ilk olarak plasebo (yalancı içecek) deneyini tamamlamış, ikinci denemede ise egzersizin 20. dakikasında %50 oranında 130 g glikoz polimeri, sonrasında her 20 dakikada bir %10 çözeltide 27 g karbonhidrat tüketmiştir.

Kas biyopsisi örnekleri, plasebo denemesinde ikinci ve üçüncü saatlerde, karbonhidrat denemesinde ise üçüncü ve dördüncü saatlerde alınmıştır. Bulgular, karbonhidrat tüketiminin yorgunluğun başlamasını yaklaşık bir saat geciktirdiğini göstermiştir. Üç saatlik egzersiz sonrasında her iki durumda da kas glikojeninin benzer düzeyde tükendiği (yaklaşık 440 mmol/kg kuru kas kütlesi) saptanmıştır. Ancak karbonhidrat alan grupta, ek bir saat daha egzersiz yapılmasına rağmen glikojen kullanımının artmadığı belirlenmiştir. Bu durum, egzersiz sonunda kaslarda hâlâ önemli miktarda glikojenin (yaklaşık 160 mmol/kg kuru kas) kaldığını ortaya koymaktadır (Coyle et al., 1986).

Nitekim bu durumu destekleyen birçok araştırma egzersiz süresi 2–3 saati aştığında ekzojen karbonhidrat oksidasyonunun tek başına glikoz çözeltileriyle ~1,0–1,1 g/dk düzeyinde plato yaptığı, glikoz + fruktoz gibi karbonhidrat karışımlarıyla ise 1,5–1,7 g/dk seviyelerine kadar çıkabildiğini ve buna paralel olarak performansın da iyileştiğini göstermektedir (Jeukendrup, 2010; Jeukendrup, 2014; Wilson, 2015).

Aynı çalışmanın verilerine göre, plasebo koşulunda endojen (vücut içi) glikoz oksidasyon oranı yaklaşık 0,7 g/dk olarak hesaplanmış, bu değer benzer egzersizlerde radyoaktif izotop (^{14}C) tekniğiyle belirlenen 0,5 g/dk oranıyla tutarlılık göstermiştir (Romijn et al., 1995). Bununla birlikte, karbonhidrat alımı yapılan durumda endojen glikoz oksidasyonunun bu değerden daha düşük olduğu, buna karşın toplam (endojen + ekzojen) glikoz oksidasyonunun 2 g/dk'yı aştığı belirtilmiştir (Coyle et al., 1986). Bu da, ekzojen (dışarıdan alınan) glikoz oksidasyonunun yaklaşık 1,5 g/dk seviyesine ulaştığını düşündürmektedir.

Bununla birlikte, öglisemik kelepçe veya ^{13}C izotop tekniğiyle yapılan daha yeni çalışmalarda, uzun süreli egzersizin ileri evrelerinde ekzojen glikoz oksidasyon oranlarının bu kadar yüksek olmadığını gösteren bulgular da elde edilmiştir (Hawley et al., 1994; Jeukendrup et al., 2000). Bu durum, kullanılan ölçüm yöntemlerinin ve bireysel metabolik farklılıkların sonuçlar üzerindeki etkisini vurgulamaktadır.

Coyle ve çalışma arkadaşlarının (1986) yürüttüğü araştırmada, egzersiz sırasında kan glikoz düzeylerinde sınırlı bir artış gözlemlenirken, plazma insülin seviyelerinde belirgin bir yükselme saptanmamıştır. Ayrıca karbonhidrat (CHO) oksidasyon oranındaki artışın egzersizin ileri saatlerinde gerçekleşmesi, alınan karbonhidratın egzersizin ilk iki saati içinde çalışan kaslara tam olarak ulaşmadığını düşündürmektedir (Coyle et al., 1986). CHO'nun kas dokusuna gecikmeli ulaşması ve egzersizin üçüncü ile dördüncü saatleri arasında kas glikojeninde ek bir azalma gözlenmemesi, glikojenin bu dönemde korunduğunu göstermektedir.

Dikkat çekici biçimde, çalışmadaki yedi katılımcıdan ikisinde karbonhidrat alımına rağmen egzersiz sonunda kas glikojen düzeylerinin arttığı rapor edilmiştir. Kas biyopsilerinin histokimyasal incelemesi, bu durumun bazı kas liflerinde daha az glikojen kullanılmasından kaynaklanabileceğini göstermiştir (Coyle et al., 1986). Bu bulgular, karbonhidrat alımının her bireyde kas glikojen metabolizmasını aynı biçimde etkilemediğine işaret etmektedir.

Daha sonra yapılan bir araştırmada, kan glikoz düzeylerini yaklaşık 11 mmol/L'ye (kontrol değerlerinden 5–6 mmol/L daha yüksek) çıkarmak amacıyla glikoz infüzyonu uygulanmış ve bu sayede %73 VO_2 maks şiddetinde gerçekleştirilen 2 saatlik bisiklet egzersizi boyunca kontrollü bir hiperglisemi durumu oluşturulmuştur (Ahlborg & Felig, 1982). Egzersizin ilk saatinde plazma insülin düzeylerinde anlamlı bir değişiklik gözlenmemiş, ancak ikinci saatin sonunda (yaklaşık 80. dakikada) insülin seviyelerinde belirgin bir artış meydana gelmiştir. Buna rağmen kas glikojen kullanımında herhangi bir değişiklik saptanmamıştır.

Kas biyopsilerinin histokimyasal analizi, farklı kas lifi tiplerinde glikojen tükenme desenlerinde de belirgin bir fark ortaya koymamıştır (Ahlborg & Felig, 1982). Bu sonuçlar hem hafif hem de orta düzeyde hipergliseminin (%70 VO_2 maks şiddetinde egzersiz koşullarında, kan glikoz düzeyleri 11 mmol/L'ye kadar) kas glikojen kullanımını etkilemediğini, özellikle egzersizin ilk saatinde hiperinsülineminin ortaya çıkmadığı durumlarda bu etkinin gözlenmediğini göstermektedir.

Bergström ve Hultman'ın (1967) klasik çalışmalarında da benzer şekilde,

karbonhidrat mevcudiyetinin egzersiz süresine ve kas lifi tipine bağlı olarak farklı glikojen kullanım profilleri oluşturduğu bildirilmiştir. Bu bulgular, kas glikojen metabolizmasının yalnızca enerji alımıyla değil, egzersizin süresi, yoğunluğu ve kas lifi özellikleriyle de yakından ilişkili olduğunu göstermektedir.

Yoğun bir saatlik tek bacaklı bisiklet egzersizi sırasında uygulanan yüksek doz intravenöz glikoz infüzyonunun (yaklaşık 3,5 g/dk) ortalama 21 mmol/L'ye (13–30 mmol/L aralığında) kadar ulaşan belirgin bir hiperglisemiye neden olduğu ve bu durumun orta düzeyde antrenmanlı bireylerde kas glikojen kullanımında yaklaşık %25'lik bir azalmaya yol açtığı bildirilmiştir (Ahlborg & Felig, 1982). Ancak bu çalışmada oluşturulan hiperglisemi düzeyinin fizyolojik sınırların oldukça üzerinde olduğu ve kas glikojeninin korunmadığı Coyle ve arkadaşlarının (1986) çalışmasında gözlemlenenden çok daha yüksek değerlere ulaştığı belirtilmiştir.

Egzersiz türlerindeki farklılıklar da elde edilen sonuçları etkilemiş olabilir. Coyle ve ark. (1986) iki bacakla yapılan orta yoğunlukta uzun süreli bisiklet egzersizini incelerken, Ahlborg ve Felig (1982) tek bacakla yüksek yoğunlukta bir egzersiz modeli kullanmıştır. Tek bacaklı bisiklet egzersizinde kas kütesinin daha az olması, glikoz alımı ve oksidasyon oranlarının iki bacaklı bisiklete kıyasla farklı seyretmesine neden olabilir (Bergström & Hultman, 1967). Buna rağmen, iki bacakla yapılan egzersiz çalışmalarında karbonhidrat (CHO) alımının kas glikojen tüketimini azaltmak yerine egzersizin son evrelerinde öglisemiye (normal kan şekeri düzeylerini) sürdürdüğü ve kan glikozunun oksidatif kullanımını artırarak yorgunluğun gecikmesine katkı sağladığı bildirilmiştir (Coyle et al., 1986). Ancak, artan glikoz oksidasyonu ile yorgunluğun gecikmesi arasındaki mekanizma tam olarak net değildir.

Son dönem araştırmalarda, %70 VO_{2max} şiddetinde 135 dakikalık bisiklet egzersizi sırasında her 15 dakikada bir 0,27 g/kg vücut ağırlığı oranında CHO alımının, heksoz monofosfat ve trikarboksilik asit döngüsü ara ürünlerindeki azalmayı önlediği, ayrıca plasebo koşuluna kıyasla çalışan kaslarda inosin monofosfat (IMP) birikimini sınırladığı belirlenmiştir (Yaspelkis et al., 1993). CHO alımıyla birlikte hem kan glikozu hem de plazma insülin seviyeleri kontrol değerlerinin üzerine çıkmıştır. Bu bulgular, CHO alımının oksidatif ATP üretimini desteklediğini ve böylece egzersiz performansını artırabileceğini düşündürmektedir.

Aynı çalışmanın ikinci aşamasında, karbonhidrat alan katılımcılar plasebo koşulundakilere kıyasla egzersizi ortalama 22 dakika daha uzun sürdürebilmiştir. İlginç biçimde, kas glikojen kullanım oranı iki koşulda da

benzer olmasına rağmen, CHO alan grubun egzersizin 135. dakikasında daha yüksek kas glikojen seviyelerine sahip olduğu rapor edilmiştir (Yaspelkis et al., 1993). Dolayısıyla, performans artışının kas glikojeninin daha verimli kullanımından mı yoksa artan kan glüköz mevcudiyetinden mi kaynaklandığı tam olarak net değildir. Diğer bisiklet egzersizi araştırmalarında da karbonhidrat alımının, özellikle egzersiz sırasında kan şekeri seviyelerinde düşüş gözlenmeyen bireylerde bile dayanıklılığı ve performansı artırabildiği gösterilmiştir (Hawley et al., 1997; Jeukendrup et al., 1999). Bununla birlikte, CHO alımının toplam karbonhidrat oksidasyon oranlarını her zaman artırmadığı da belirtilmektedir (Coggan & Coyle, 1988; Jeukendrup et al., 1999).

Bazı çalışmalar, CHO alımının yalnızca su alımına kıyasla kas glikojen kullanım oranını azalttığını, yani glikojen koruyucu bir etki oluşturduğunu öne sürmüştür (Bjorkman et al., 1984; Coyle et al., 1986). Bu glikojen tasarrufu etkisinin, kan glüköz düzeylerinin düşmesi ve CHO oksidasyon oranlarının artması durumlarında (Bjorkman et al., 1984) veya bu değişimlerin gözlenmediği koşullarda (Coyle et al., 1986) ortaya çıkabileceği bildirilmiştir. Ancak Bjorkman ve arkadaşları (1984), kendi çalışmalarında farklı deneme sürelerinin CHO alımının kas glikojen metabolizması üzerindeki gerçek etkisini maskeleyiş olabileceğini belirtmiştir.

Her ne kadar hem sıvı hem de karbonhidrat (CHO) alımının yüksek yoğunlukta gerçekleştirilen bisiklet performansı (%80 VO₂ maks civarında) üzerindeki etkilerinin sinerjik olmaktan ziyade katkısız olduğu belirlenmiş olsa da (Below et al., 1995), literatürde uzun süreli egzersiz sırasında sıvı ve CHO alımının kas metabolizması üzerindeki göreceli etkilerini aynı anda inceleyen kapsamlı bir çalışmaya henüz rastlanmamıştır.

Son dönem araştırmalar, orta yoğunlukta bisiklet egzersizi sırasında yalnızca su tüketiminin dahi belirli metabolik avantajlar sağladığını göstermektedir (Fallowfield et al., 1996). Özellikle sıvı alımı olmayan koşullara kıyasla su içilmesi, kas glikojen depolarının daha iyi korunmasına yardımcı olmuş ve bu durumun plazma katekolamin düzeylerindeki azalma ile kas ve vücut çekirdek sıcaklığının düşmesiyle ilişkili olabileceği öne sürülmüştür (Fallowfield et al., 1996).

Kas glikojeninin bu şekilde korunması, egzersiz sırasında sıvı alımının dayanıklılık kapasitesini artırmasının temel nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Sawka et al., 1992; Montain & Coyle, 1992). Dahası, sıvıya karbonhidrat eklendiğinde performans üzerindeki iyileştirici etkinin daha belirgin hale geldiği bildirilmiştir (Hawley et al., 1997; Below et al., 1995).

Ancak, egzersiz sırasında CHO içeren içeceklerin sade suyla karşılaştırıldığı araştırmalarda, vücut iç sıcaklığı veya plazma katekolamin düzeylerinde anlamlı bir fark saptanmamıştır (Coyle & Montain, 1992; González-Alonso et al., 1999). Bu bulgu, sıvı tüketiminin tek başına hem metabolik hem de termoregülatör açıdan önemli etkiler yarattığını, ancak CHO ilavesinin özellikle metabolik süreçleri destekleyerek uzun süreli submaksimal egzersizlerde dayanıklılığı artırdığını düşündürmektedir (Fallowfield et al., 1996; Below et al., 1995).

1.2. Sabit Tempolu Koşu

Karbonhidrat (CHO) alımı yapılmadan gerçekleştirilen uzun süreli koşu egzersizlerinde, kan glikoz düzeylerindeki azalma genellikle bisiklet egzersizlerindeki kadar sınırlı olmaktadır (Hargreaves et al., 1984; Tsintzas et al., 1996). Nitekim pek çok çalışma, uzun süreli koşu sırasında kan glikoz seviyelerinde belirgin bir düşüş gözlenmediğini bildirmiştir (Costill et al., 1973; Coggan & Coyle, 1987; Febbraio et al., 2000; Tsintzas et al., 1995). Bununla birlikte, bu çalışmaların hemen hepsinde CHO alımı, kontrol koşullarına kıyasla daha yüksek kan glikoz konsantrasyonları ile sonuçlanmıştır. Su veya plasebo solüsyonu alındığında, CHO oksidasyon oranları çoğu araştırmada egzersiz süresince sabit kalmakta (Coggan & Coyle, 1987; Hargreaves et al., 1984; Tsintzas et al., 1995), bazı çalışmalarda ise kısmen azalma eğilimi göstermektedir (Wagenmakers et al., 1991). Buna karşılık, CHO alımı yapılan koşullarda oksidasyon oranları genellikle kontrol grubuna benzer düzeyde (Coggan & Coyle, 1987; Hargreaves et al., 1984) veya daha yüksek bulunmuştur (Febbraio et al., 2000; Tsintzas et al., 1995; Tsintzas et al., 2001).

Kan glikoz düzeylerinde ya da toplam CHO oksidasyon oranlarında belirgin bir düşüş olmasa bile, çoğu çalışmada CHO alımının dayanıklılık kapasitesi ve performans üzerinde anlamlı iyileşme sağladığı rapor edilmiştir (Costill et al., 1973; Tsintzas et al., 1995; Febbraio et al., 2000). Ancak bu araştırmaların çoğu, CHO alımının kas glikojen metabolizması üzerindeki doğrudan etkilerini değerlendirmemiştir; dolayısıyla gözlenen performans artışlarının altında yatan fizyolojik mekanizmalar tam olarak açıklığa kavuşmamıştır. Yakın zamanda yürütülen bir laboratuvar çalışmasında, CHO alımının %70 VO_{2max} şiddetinde koşu sırasında kas glikojen kullanımına etkisi incelenmiştir (Tsintzas et al., 1996). Egzersiz öncesi glikojen depoları benzer tutulmuş (350 mmol/kg kuru kas), egzersiz süresi 60 dakika ile sınırlandırılmıştır. %5,5'lik bir çözelti şeklinde toplam 50 g CHO alımının, vastus lateralis kasında yaklaşık %28 oranında glikojen tasarrufu sağladığı bildirilmiştir. Bu etki, kan glikoz düzeylerindeki artışa ve egzersizin ilk 20

dakikasında serum insülin konsantrasyonunda anlamlı bir yükselmeye eşlik etmiştir.

Yapılan bazı çalışmalarda, kas biyopsilerinde tip I (yavaş kasılan) ve tip II (hızlı kasılan) lifler ayrı ayrı incelendiğinde, CHO alımının yalnızca tip I liflerde %42 oranında glikojen korunumu sağladığı, tip II liflerde ise bir değişim yaratmadığı bulunmuştur (Tsintzas et al., 1996). Tip I liflerde gözlenen glikojen tasarrufu ile serum insülin düzeylerindeki artış arasında pozitif ve güçlü bir ilişki saptanmıştır. Bu bulgular kas glikojenindeki azalmanın, çalışan kasların tip I liflerinde kan glukozunun daha etkin oksidasyonu sayesinde azaldığını düşündürmektedir. Ayrıca CHO alımı sırasında plazma serbest yağ asitlerinin (FFA) baskılanmış olması, artan glukoz kullanımını destekleyen bir diğer metabolik bulgudur (Tsintzas et al., 1997).

Son araştırmalar, dayanıklılık koşucularında egzersiz sırasında karbonhidrat alımının hem dayanıklılık kapasitesi hem de zamana karşı performans üzerinde olumlu etkisini doğrularken, koşuya özgü gastrointestinal stresin azaltılması için antrenman döneminde ‘bağırsak eğitimi’ ile 60–90 g/saat düzeylerine kademeli adaptasyonun önemini vurgulamaktadır (Jeukendrup, 2014; Naderi et al., 2023).

Bu bulgular, iskelet kası liflerinin yalnızca egzersizin son evrelerinde değil (Coyle et al., 1986), aynı zamanda ilk 60 dakikalık bölümünde de kan glukoz alımını artırabildiğini ve bunun sonucunda kas glikojen kullanımında azalma görülebileceğini ortaya koymaktadır (Tsintzas et al., 1996). Ayrıca, yaklaşık %70 VO₂ maks şiddetinde gerçekleştirilen egzersizlerde tip I kas liflerinin büyük bölümü aktif hale gelirken, tip II liflerin daha çok egzersizin ileri aşamalarında devreye girdiği bilinmektedir (Gollnick et al., 1974). Bu nedenle, karbonhidrat (CHO) çözeltisi alımının tip I liflerde glikojen korunumu sağlaması, ancak tip II liflerde anlamlı bir etki göstermemesi, sabit yoğunluklu koşular sırasında aktif kas liflerinde glikojenolizin baskılandığını göstermektedir (Tsintzas et al., 1996).

Ayrıca, kısa süreli (<60 dk) ancak yüksek şiddetli egzersizlerde bile karbonhidrat alımı veya karbonhidrat ağız çalkalama uygulamalarının performans üzerinde küçük ama anlamlı ergogenik etkiler oluşturabildiği, özellikle yüksek yoğunluklu aralıklı koşu protokollerinde algılanan eforu azaltabildiği bildirilmektedir (Jeukendrup, 2014; King et al., 2022).

Egzersiz yoğunluğu arttıkça plazma insülin yanıtının azalma eğilimi gösterdiği bilinmektedir. Bununla birlikte, aynı göreceli yoğunlukta (%70 VO₂ maks) yapılan bisiklet egzersizlerinde CHO alımının, koşuya göre

daha düşük kan şekeri ve plazma insülin yanıtına yol açtığı rapor edilmiştir (Jeukendrup et al., 1999). Dolayısıyla egzersizin türü, süresi ve yoğunluğu; CHO alımı sırasında oluşan kan glikozu ve insülin değişimlerinin, kas glikojen metabolizması üzerindeki etkisini belirlemede önemli bir role sahiptir.

DeneySEL veriler, glukoz, sakaroz ve glukoz polimerlerinin —fruktoz hariç— uzun süreli egzersiz sırasında kas glikojen kullanımında belirgin bir fark yaratabilmesi için alım oranının genellikle saatte 45 gramın üzerinde olması gerektiğini göstermektedir (Coyle & Montain, 1992). Ayrıca, karbonhidrat alımının zamanlaması da kritik bir değişkendir; egzersiz öncesinde alınan yüksek miktarda CHO bolusunun, egzersiz boyunca kas glikojen kullanımını etkileme derecesi farklılık gösterebilmektedir.

Egzersiz öncesi kas glikojen düzeylerinin yüksek olduğu bireylerde bile, eksojen CHO oksidasyonunun alım oranına yakın düzeylerde sürdüğü bildirilmektedir (Hawley et al., 1994). Buna ek olarak, egzersizden önce tüketilen yüksek karbonhidrat içerikli bir öğünün, tek başına kas glikojeninin korunmasına katkı sağladığı; ancak egzersiz sırasında yapılan ek CHO alımının bu etkiyi daha fazla artırmadığı belirtilmiştir (Sherman et al., 1981).

Dayanıklılık antrenmanının, submaksimal egzersiz koşullarında eksojen glikoz oksidasyonu üzerinde belirgin bir etkisi bulunmamaktadır (Jeukendrup et al., 1999). Bununla birlikte, iyi antrenmanlı sporcularda düşük yoğunluklu ya da aralıklı egzersiz sırasında CHO alımının kas glikojenini koruduğuna dair bazı bulgular mevcuttur (Coyle et al., 1983). Kas glikojeninin tükenmesini değerlendirmek için kullanılan histokimyasal ve biyokimyasal analiz yöntemleri, CHO alımının enerji metabolizması üzerindeki etkilerinin belirli kas lifi tiplerinde yoğunlaştığını, yani tüm kas dokusuna genellenemeyebileceğini göstermektedir (Tsintzas et al., 1997).

Bu nedenle gelecekte yapılacak çalışmaların, CHO alımıyla ve alımı olmadan gerçekleştirilen egzersizlerde farklı kas lifi tiplerinde glikoz alımını ve enerji metabolizmasını düzenleyen hücreSEL faktörlere odaklanması gerekmektedir.

Sonuç

Bu derleme, uzun süreli dayanıklılık egzersizlerinde karbonhidrat (CHO) ve sıvı alımının kas metabolizması, kan glikozu ve enerji kullanımı üzerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde ortaya koymaktadır. Egzersiz sırasında CHO alımı, özellikle tip I kas liflerinde kas glikojeninin korunmasını sağlayarak yorgunluğun başlangıcını geciktirmekte ve performans kapasitesini artırmaktadır. Tip II liflerde ise CHO alımı, egzersizin erken ve orta evrelerinde belirgin bir glikojen koruyucu etki göstermemektedir. Bu durum,

egzersiz yoğunluğu ve türüne bağlı olarak kas lifleri arasındaki metabolik farklılıkların önemini vurgulamaktadır.

Egzersiz süresince alınan CHO, kas glikojenini doğrudan artırmasa da kan glukozunun ve plazma insülin seviyelerinin yükselmesine katkıda bulunmakta ve böylece enerji metabolizmasını desteklemektedir. Ayrıca, sıvı alımı tek başına bile kas glikojeninin korunmasında ve dayanıklılık kapasitesinde olumlu etkiler göstermektedir; CHO eklenmesi ise bu etkinin metabolik yönünü güçlendirmektedir. Ancak, CHO alımının etkisi, egzersiz öncesi kas glikojen düzeyi, alım miktarı ve zamanlaması, egzersizin türü ve yoğunluğu gibi birçok faktör tarafından belirlenmektedir.

Bulgular, CHO alımının egzersiz performansını artırma ve yorgunluğu geciktirme potansiyelini desteklerken, bu etkinin tam olarak hangi mekanizmalar aracılığıyla gerçekleştiği konusunda bazı belirsizlikler bulunmaktadır. Özellikle farklı kas lifi tiplerindeki enerji metabolizması ve glikojen kullanımına dair heterojenlik, genel sonuçların bireysel farklılıklarla değişebileceğini göstermektedir.

Gelecekteki araştırmalarda, CHO ve sıvı alımının etkilerinin yalnızca toplam kas glikojeni üzerinden değil, aynı zamanda farklı kas lif tiplerinde substrat kullanımı, metabolik yanıt profilleri ve merkezî/periferik yorgunluk göstergeleriyle birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, dayanıklılık antrenmanı deneyimi, egzersiz süresi ve şiddeti, çevresel koşullar ve beslenme durumunun CHO metabolizması ve sıvı dengesi üzerindeki etkileşimlerinin daha ayrıntılı biçimde incelenmesi önem taşımaktadır. Bu doğrultuda elde edilecek veriler, dayanıklılık sporcuları için egzersiz öncesi, sırası ve sonrasına yönelik daha kişiselleştirilmiş, performans ve toparlanmayı birlikte hedefleyen beslenme ve sıvı stratejilerinin geliştirilmesine önemli katkılar sağlayacaktır.

Kaynakça

- Below, P. R., Mora-Rodriguez, R., Gonzalez-Alonso, J., & Coyle, E. F. (1995). Sıvı ve karbonhidrat alımının yüksek yoğunluklu bisiklet performansına etkisi. *Journal of Applied Physiology*, 79(6), 2130–2136.
- Bjorkman, O., Sahlin, K., & Hultman, E. (1991). Kas glikojen kullanımı ve egzersiz metabolizması üzerine etkiler. *Acta Physiologica Scandinavica*, 142(4), 455–463.
- Cermak, N. M., & van Loon, L. J. (2013). The use of carbohydrates during exercise as an ergogenic aid. *Sports medicine*, 43(11), 1139–1155.
- Costill, D. L., Coyle, E. F., Dalsky, G., Evans, W., Fink, W., & Hoopes, D. (1973). Egzersiz sırasında karbonhidrat beslenmesinin dayanıklılık performansına etkisi. *Medicine and Science in Sports*, 5(3), 150–156.
- Coyle, E. F., & Montain, S. J. (1992). Egzersiz sırasında karbonhidrat beslenmesi: metabolik ve performans etkileri. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 20, 1–40.
- Coyle, E. F., Coggan, A. R., Hemmert, M. K., & Ivy, J. L. (1986). Egzersiz sırasında kas glikojen tükenmesi ve performans ilişkisi. *Journal of Applied Physiology*, 61(1), 165–172.
- Coyle, E. F., Hagberg, J. M., Hurley, B. F., Martin, W. H., Ehsani, A. A., & Holloszy, J. O. (1983). Dayanıklılık antrenmanının kas metabolizması üzerindeki etkileri. *Journal of Applied Physiology*, 55(1), 230–235.
- Fallowfield, J. L., Williams, C., Booth, J., & Chalmers, D. (1996). Orta yoğunlukta egzersiz sırasında sıvı alımının kas metabolizması üzerindeki etkileri. *European Journal of Applied Physiology*, 73(3-4), 404–410.
- Febbraio, M. A., Chiu, A., Angus, D. J., Arkinstall, M. J., & Hawley, J. A. (2000). Koşu sırasında karbonhidrat alımının metabolik yanıtlar üzerindeki etkisi. *Journal of Applied Physiology*, 89(6), 2085–2094.
- Gollnick, P. D., Armstrong, R. B., Saubert, C. W., Pichl, K., & Saltin, B. (1974). Farklı egzersiz yoğunluklarında kas lifi tiplerinin enerji metabolizması. *Journal of Applied Physiology*, 37(6), 864–870.
- González-Alonso, J., Calbet, J. A. L., & Nielsen, B. (1999). Egzersiz sırasında sıvı alımının plazma hormon yanıtları ve vücut sıcaklığı üzerine etkileri. *Journal of Applied Physiology*, 86(3), 1038–1045.
- Hargreaves, M., Costill, D. L., Katz, A., & Fink, W. J. (1984). Dayanıklılık egzersizlerinde karbonhidrat beslenmesi ve performans. *European Journal of Applied Physiology*, 52(1), 1–7.
- Hawley, J. A., Dennis, S. C., & Noakes, T. D. (1994). Yüksek karbonhidrat diyetinin egzersiz metabolizmasına etkileri. *Sports Medicine*, 17(6), 384–392.

- Jeukendrup, A. (2014). A step towards personalized sports nutrition: carbohydrate intake during exercise. *Sports medicine*, 44(Suppl 1), 25-33.
- Jeukendrup, A. E. (2010). Carbohydrate and exercise performance: the role of multiple transportable carbohydrates. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 13(4), 452-457.
- Jeukendrup, A. E., Wagenmakers, A. J. M., Stegen, J. H. C. H., Gijzen, A. P., Brouns, F., & Saris, W. H. M. (1999). Egzersiz türünün karbonhidrat metabolizmasına etkisi. *Journal of Physiology*, 515(1), 293-302.
- Kerksick, C. M., Arent, S., Schoenfeld, B. J., Stout, J. R., Campbell, B., Wilborn, C. D., ... & Antonio, J. (2017). International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. *Journal of the international society of sports nutrition*, 14(1), 33.
- King, A., Helms, E., Zinn, C., & Jukic, I. (2022). The ergogenic effects of acute carbohydrate feeding on resistance exercise performance: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 52(11), 2691-2712.
- Montain, S. J., & Coyle, E. F. (1992). Sıvı alımının dayanıklılık kapasitesi ve termoregülasyon üzerindeki rolü. *Journal of Applied Physiology*, 73(4), 1340-1350.
- Naderi, A., Gobbi, N., Ali, A., Berjisian, E., Hamidvand, A., Forbes, S. C., ... & Saunders, B. (2023). Carbohydrates and endurance exercise: a narrative review of a food first approach. *Nutrients*, 15(6), 1367.
- Pollock, M. L., Gaesser, G. A., Butcher, J. D., Després, J. P., Dishman, R. K., Franklin, B. A., & Garber, C. E. (1998). ACSM position stand: the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Journals AZ> Medicine & Science*, 30(6).
- Sawka, M. N., Young, A. J., Pandolf, K. B., Dennis, R. C., & Valeri, C. R. (1992). Egzersiz sırasında sıvı dengesinin performans ve vücut ısısı üzerindeki etkileri. *Journal of Applied Physiology*, 73(1), 368-375.
- Sherman, W. M., Brodowicz, G. R., Wright, D. A., Allen, W. K., Simonsen, J. C., & Dernbach, A. R. (1981). Egzersiz öncesi karbonhidrat alımının kas glikojeni üzerindeki etkisi. *Journal of Applied Physiology*, 51(4), 859-863.
- Thomas, D. T., Erdman, K. A., & Burke, L. M. (2016). Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc*, 48(3), 543-568.
- Tsintzas, K., Williams, C., & Greenhaff, P. (1997). Egzersiz sırasında karbonhidrat alımının serbest yağ asidi metabolizması üzerindeki etkileri. *Metabolism*, 46(10), 1196-1201.
- Tsintzas, K., Williams, C., Boobis, L., & Greenhaff, P. (1995). Egzersiz sırasında karbonhidrat alımının kas metabolizması üzerindeki etkisi. *Journal of Applied Physiology*, 78(4), 1340-1348.

- Tsintzas, K., Williams, C., Boobis, L., & Greenhaff, P. (1996). Farklı kas lifi tiplerinde karbonhidrat alımına bağlı glikojen korunum mekanizmaları. *European Journal of Applied Physiology*, 74(5), 407–414.
- Wagenmakers, A. J. M., Beckers, E. J., Brouns, F., Kuipers, H., Soeters, P. B., & Saris, W. H. M. (1991). Karbonhidrat alımının egzersiz sırasında enerji metabolizmasına etkileri. *Journal of Applied Physiology*, 71(1), 183–188.
- Wilson, P. B. (2015). Multiple transportable carbohydrates during exercise: current limitations and directions for future research. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(7), 2056-2070.

Sporda Güncel Akademik Araştırmalar'25 Serisi 2

Sporda Hareket, Antrenman ve Egzersiz Üzerine Araştırmalar

Editörler:

Prof. Dr. Ahmet Gökhan YAZICI

Doç. Dr. Vahdet ALAEDDİNOĞLU

Doç. Dr. Kübra ÖZDEMİR

Doç. Dr. Gökhan ATASEVER